



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“DISEÑO DE UN SISTEMA VLC CON
IMPLEMENTACIÓN DE UN REPOSITORIO DIGITAL DE
IMÁGENES MÉDICAS APLICADA AL CAMPO DE LA
TELECONSULTA EN LA TELEMEDICINA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

**FREDDY ANDRES CARRERA SÁNCHEZ
BYRON LEONARDO VILLACRESES FIGUEROA**

Guayaquil – Ecuador

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a Dios que nos dio las fuerzas suficientes para terminar con éxito este trabajo y así poder cumplir con nuestra meta la cual fue plasmada desde el comienzo de la maestría.

Al Ing. Vladimir Sánchez nuestro director de proyecto ya que con su valiosa colaboración nos supo guiar para culminar con éxito este trabajo de titulación.

A mi familia y amigos que me brindaron todo su apoyo de manera incondicional.

A todas las personas que me ayudaron durante este nuevo reto

Freddy Carrera Sánchez

Byron Villacreses Figueroa

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de titulación a Dios y a nuestra familia. A Dios porque ha estado con nosotros a cada paso que damos, cuidándonos y dándonos la fortaleza para continuar, a nuestras familias, quienes a lo largo de nuestras vidas han velado por nuestro bienestar en todo momento

Freddy Carrera Sánchez

Byron Villacreses Figueroa

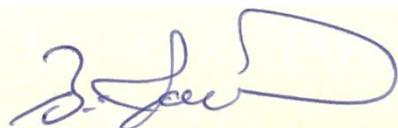
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Cesar Martin, Ph.D.
SUBDECANO DE LA FIEC



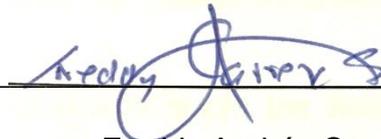
Vladimir Sánchez Padilla, M.Sc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



Boris Ramos Sánchez, Ph.D.
VOCAL PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



Freddy Andrés Carrera Sánchez



Byron Leonardo Villacreses Figueroa

RESUMEN

El presente trabajo de titulación realiza el estudio de la tecnología LIFI, así también como el diseño de dicha tecnología, además el desarrollo de un repositorio digital que servirá para almacenar las imágenes médicas con la ayuda de un sistema que permitirá realizar consultas de manera remota.

Este trabajo describe el problema con su respectiva solución, se describen objetivos y la metodología que se empleará dentro del trabajo de titulación.

Además se realiza una breve introducción sobre los aspectos de luz visible y espectro de la luz posteriormente se describe el funcionamiento de la tecnología LIFI con sus respectivas ventajas/ desventajas y estándares. También se describe los diferentes tipos de modulación que se podría utilizar en esta tecnología se menciona también sobre el canal óptico con los diferentes tipos de enlaces que puede presentarse.

Se describe todo lo referente al desarrollo del sistema en el cual se describe el funcionamiento de las aplicaciones WEB y la tecnología RIA, las herramientas con que se podrá desarrollar el sistema así también se describe el modelo vista controlador los diferentes framework que se podrá usar.

Para concluir se realizar el estudio para el diseño de un sistema VLC en el cual se describe la topología de la red paralela al del hospital con su respectiva segmentación, así también se menciona su característica y escalabilidad, y se realiza el análisis de prueba del repositorio digital, además se menciona las especificaciones técnicas del repositorio y del sistema LIFI como son servidores, storage, equipos de red, LIFI-X AP y LIFI-X Station. A su vez, se presenta el costo de la implementación del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------|-----|
| AGRADECIMIENTO | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN | iv |
| DECLARACIÓN EXPRESA | v |
| RESUMEN | vi |
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| 1. MARCO REFERENCIAL..... | 1 |
| 1.1 Descripción del problema | 1 |
| 1.2 Importancia y Justificación..... | 3 |
| 1.3 Objetivos del Proyecto..... | 5 |
| 1.3.1 Objetivo General | 5 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 5 |
| 1.4 Alcances y limitaciones..... | 16 |
| 1.5 Metodología | 6 |
| CAPÍTULO 2..... | 8 |
| 2. SISTEMA VLC | 8 |
| 2.1 Componentes ópticos | 8 |
| 2.1.2 Luz visible | 9 |
| 2.1.3 Espectro visible..... | 10 |
| 11.2.2 Tecnologías..... | 11 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.2.1 | Aspectos teóricos de VLC..... | 11 |
| 2.2.2 | Funcionamiento de VLC..... | 11 |
| 2.2.3 | Estándar IEEE 802.15.7..... | 12 |
| 2.2.4 | Ventajas y desventajas de LIFI | 16 |
| 2.2.5 | Técnicas de comunicación para LIFI | 17 |
| 2.2.6 | Modulación óptica inalámbrica | 21 |
| 2.2.7 | Modulación espacial de luz | 22 |
| 2.3. | Elemento ópticos de LIFI para transmisión y recepción..... | 23 |
| 2.3.1 | OFDM | 23 |
| 2.3.2 | Tipos de modulación | 25 |
| 2.3.3 | Modulación espacial OFDM (SM-OFDM)..... | 28 |
| CAPITULO 3 | | 38 |
| 3. REPOSITORIO DIGITAL CON TECNOLOGÍA RIA Y WEBRTC | | 38 |
| 3.1 | Aplicaciones WEB..... | 38 |
| 3.2 | Tecnología RIA (Aplicaciones Ricas en Internet)..... | 38 |
| 3.3 | Herramientas de Desarrollo para las aplicaciones RIA..... | 39 |
| 3.4 | Servidor HTTP Apache basado en CENTOS 6.x (GNU/Linux)..... | 39 |
| 3.5 | Metodología del proyecto | 40 |
| 3.5.1 | El patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador (MVC)..... | 40 |
| 3.5.2 | YII Framework como lenguaje de programación Pre- | |

| | |
|---|----|
| Procesador Hyper Texto (PHP)..... | 41 |
| 3.5.3 Base de Datos..... | 41 |
| 3.6 Lenguaje de modelado unificado (UML)..... | 42 |
| 3.6.1 Diagrama de flujo de procesos..... | 42 |
| 3.6.2 Diagrama de casos de uso | 43 |
| 3.7 WEBRTC | 43 |
| 3.8 Visor de imágenes médicas..... | 44 |
| 3.8.1 Estándar DICOM..... | 45 |
| 3.8.2 Visores de Imágenes DICOM..... | 46 |
| CAPÍTULO 4..... | 50 |
| 4. DISEÑO DEL SISTEMA VLC Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL REPOSITORIO DIGITAL PARA EL ÁREA DE TELEMEDICINA | 50 |
| 4.1 Arquitectura del Sistema VLC..... | 50 |
| 4.1.1 Diseño de la arquitectura de la Red | 50 |
| 4.1.2 Modelización de propagación en interiores | 53 |
| 4.2 Diseño de la implementación de LIFI..... | 67 |
| 4.2.1 Diagrama de bloques del sistema LIFI..... | 70 |
| 4.2.2 Localización de los LEDS | 71 |
| 4.2.3 Diagrama de bloques interconexión entre el sistema LIFI y el repositorio digital | 72 |
| 4.3 Análisis y diseño del Repositorio Digital..... | 73 |

| | | |
|---|--|------|
| 4.3.1 | Levantamiento de información | 73 |
| 4.3.2 | Metodología de levantamiento de información..... | 74 |
| 4.3.3 | Análisis de Requerimientos..... | 75 |
| 4.3.4 | DER (Diagrama Entidad Relación)..... | 76 |
| 4.3.5 | Modelo Conceptual | 77 |
| 4.3.6 | Diagrama de flujo procesos..... | 77 |
| 4.3.7 | Diagrama de flujo casos de uso | 80 |
| 4.4 | Diseño de la interfaz de usuario del Repositorio Digital..... | 95 |
| 4.5 | Estructura y Programación del Repositorio Digital..... | 100 |
| 4.5.1 | Desarrollo del sistema..... | 100 |
| 4.5.2 | Creación de base de datos | 100 |
| 4.5.3 | Estructura del proyecto | 101 |
| 4.5.4 | Estándares usados en programa fuente y base de datos | 102 |
| 4.6 | Diseño de pruebas..... | 105 |
| CAPÍTULO 5..... | | 108 |
| 5. ANALISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS Y DE COSTOS..... | | 108 |
| 5.1 | Pruebas del sistema del Repositorio Digital usando tecnología WIFI..... | 108 |
| 5.2 | Simulación de la cobertura del Sistema VLC dentro del cuarto de Tomografía..... | 113 |
| 5.3 | Especificaciones técnicas del Repositorio Digital | 1154 |

| | | |
|-------|---|-------|
| 5.4 | Costos de los proyectos..... | 1176 |
| 5.4.1 | Costos de la implementación de LIFI..... | 1176 |
| 5.4.2 | Costos de la infraestructura del Repositorio Digital..... | 1187 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 11917 |
| | BIBLOGRAFIA..... | 1190 |
| | ANEXOS..... | 1254 |

CAPÍTULO 1

1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se describe el problema con su debida justificación así también los objetivos de este trabajo de titulación

1.1 Descripción del problema

Las interferencias electromagnéticas (IEM) se definen como señales que alteran el normal funcionamiento de un sistema de transmisión, modificando sus propiedades eléctricas y/o magnéticas.

Las fuentes de radiofrecuencia en ambientes de prestación de salud abundan, como equipos de comunicación inalámbrica tipo teléfonos móviles. Estos equipos, al estar próximos a un dispositivo para medición de parámetros de salud, pueden representar una fuente potencial de problemas que se manifiestan de diferentes maneras, lo cual puede alterar los resultados proporcionados por el mismo equipo o provocando falsas alarmas sobre el estado de los pacientes [6].

Los equipos de comunicaciones de Radio Frecuencia, tanto portátiles como móviles, afectan a los equipos médicos, debido a las ondas electromagnéticas con la amplitud y/o frecuencias suficientes. Estas interferencias producen alteración funcional con diferentes niveles de fallas, debido a los dispositivos electrónicos que se encuentran cerca de un campo electromagnético creado por otro dispositivo electrónico [7].

Las IEM pueden afectar a una gran variedad de dispositivos, como, por ejemplo:

- Equipos médicos sensibles utilizados en unidad de cuidados intensivos (UCI) y unidades especializadas para bebés.
- Radioterapia, como la que se suministra para el tratamiento del cáncer.
- TENS: estimulación nerviosa transcutánea.

- Equipos de diagnóstico electrocardiógrafos, electroencefalógrafos y ultrasonidos RMI.
- Equipos de monitoreo.
- Oxímetros.
- Sistemas de telemetría.
- Equipos de soporte de vida, marcapasos, ventiladores, bombas de infusión.
- Equipos de cirugía.
- Unidades de electro cirugía.
- Sistema de hemodiálisis.

En algunos centros de salud es posible observar a pacientes realizarse estudios radiográficos, obtener los resultados y a su vez llevarlos consigo a una consulta con un médico general o especialista. Esto implica que el paciente tenga que evitar que esta placa radiográfica sea maltratada, sin saber que la misma está compuesta de elementos nocivos para el medio ambiente y su salud, ya que contiene químicos de plata, líquidos reveladores y fijadores, etiquetados como residuos peligrosos, desconociendo así su adecuado trato, siendo este un componente importante para el análisis del médico tratante [1].

Sin embargo, muchos hospitales disponen de equipos médicos de gran tecnología con capacidad de procesar estas imágenes en un formato digital, pero no cuentan con un repositorio tecnológico donde puedan ser alojadas, provocando tener un soporte físico para cada estudio, aumentando con esto el costo radiológico y contaminante de las placas radiográficas.

Uno de los principales problemas de las instituciones hospitalarias es que, cuando se trata de diagnosticar un caso particular, la información del paciente no está disponible en el momento requerido. Se necesita disponer de toda información de imágenes y radiografías con el fin de que el médico tratante los revise de una forma objetiva y pueda dar un diagnóstico para un potencial tratamiento, según sea el caso [2].

Además, otro problema que se presenta en los hospitales es la velocidad de transmisión de los datos de manera inalámbrica. En muchos de ellos se emplea WIFI (con velocidades desde 2 Mbps hasta 300 Mbps) operando en frecuencias libres en el rango de 2.4 GHz y 5 GHz.

1.2 Importancia y Justificación

Para poder dar una solución a las interferencias electromagnéticas que son producidas por equipos de comunicación inalámbrica (WIFI) y las bajas velocidades de transmisión, se realiza el estudio basado en comunicaciones por luz visible también llamado VLC el cual utiliza la propagación de la luz para transmitir datos usando el espectro entre 400 y 800 THz. Para esto se utilizara la tecnología LIFI lo que permite ser inmune a la IEM, con lo cual no existiría alteración al momento en que los equipos entreguen los resultados. Adicionalmente, con LIFI se podrán obtener velocidades que superen hasta 10 veces la velocidad de WIFI y se manejará la información de una manera segura para que no pueda ser modificada.

Razones por la cuales usar LIFI

- Ahorro de energía:** La iluminación LED (Light-Emitting Diode) es eficiente. Teóricamente la energía que consume está en un rango de entre 50% a 90% menor de la energía tradicional.
- Reducción de la contaminación electromagnética:** Mediante el uso de la tecnología VLC combinada con la iluminación del LED, se contribuye a la reducción de la proliferación de la contaminación de las ondas de radio.
- Amigable con el ecosistema:** Las luces LED, al no contener mercurio o plomo, ayudan a la reducción de su huella de carbono. Además, su vida útil es hasta 40 veces más que las bombillas incandescentes, contribuyendo a la reducción de la generación de residuos.
- Bajo mantenimiento:** La iluminación LED suele durar entre 35.000 y 50.000 horas. Si se calcula un uso de 24 horas por día, son más de 3 años de vida útil. El reemplazo como mantenimiento, se reduce mucho, así como el impacto ambiental de los requerimientos involucrados.

•**Velocidad:** Puede transmitir datos de alta velocidad al mismo tiempo que se ilumina una habitación

•**Seguridad:** La seguridad es uno de los puntos más fuertes de LIFI, ya que, al ser luz, no traspasa las paredes ni los objetos sólidos, por lo que existe mayor privacidad y mayor seguridad en la información de cada persona o institución.

El uso de la telemedicina constituye un factor crítico en lo que a distancias se refiere. Con la ayuda de profesionales de la salud que se apoyen en las tecnologías de la información y comunicación, se podrá intercambiar datos de diagnósticos, dar tratamientos y prevenir enfermedades, con el fin de mejorar la calidad de vida y salud de las personas que viven en diferentes comunidades [5].

Es por eso que se propone la implementación de un centro de recurso informático con tecnología RIA (Rich Internet Applications, o Aplicaciones Ricas en Internet), para que todo el flujo de información de imágenes pueda ser digitalizado con la finalidad de que no va será necesario que el médico especialista esté físicamente en un lugar, ni que necesite físicamente las pruebas, ya que éstas pueden estar disponibles y accesibles desde cualquier sitio con acceso a internet [4].

Las bondades de utilizar un repositorio digital son las siguientes [3]:

- Libre acceso a contenidos de imágenes en caso de emergencias.
- Todo va estar en una base de datos.
- Se preserva la información por mucho tiempo.
- Mejora la visibilidad de imágenes sin perder su originalidad por el efecto del manoseo físico.
- Facilita el intercambio de información entre colegas para un buen trabajo colectivo y colaborativo. Con esta modalidad se ahorraría que el paciente tenga que llevar consigo sus resultados o imágenes, llegando el médico a tener disponibilidad de la información [4].

Las razón de utilizar las aplicaciones RIA es que tiene funcionalidades y características similares a la de una aplicación de escritorio común, con la diferencia que no necesita instalarla en su equipo local, ya que son accesibles a través de un navegador web, es decir que no va importa la plataforma que el usuario utilice (Linux, Windows o Mac) ya que siempre va estar disponible.

1.3 Objetivos del Proyecto

En este punto se describe los objetivos del trabajo de titulación

1.3.1 Objetivo General

Realizar un estudio para el diseño de un sistema VLC con el fin de evitar las interferencias electromagnéticas en equipos médicos, además se analizará la tasa de transferencia de datos al momento de utilizar el software para realizar la video conferencia y/o descargar algún tipo de archivo; esto se realizará mediante WIFI como medio de comunicación con el repositorio digital de imágenes médicas, con el fin de apoyar a la difusión de la información de imágenes hospitalaria como aporte esencial para intercambiar datos de diagnósticos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio de un sistema VLC que evite que exista interferencia electromagnética de equipos inalámbricos con equipos médicos dentro de los hospitales.
- Cubrir las necesidades de salud de las personas según su demanda, ofreciendo una asistencia directa o virtual entre el paciente y el médico especialista con la ayuda de una aplicación web con video conferencia.
- Desarrollar un módulo de repositorio digital para poder agilizar los procesos, reducir costos y gestionar datos eficientemente, para que el médico especialista pueda tener acceso a la información de imágenes desde cualquier sitio, para proponer su diagnóstico y ponerlo a disposición de médico tratante.

1.4 Alcances y limitaciones

- **Alcances**

El trabajo de titulación tiene como alcance el diseño de un sistema VLC en el cual se realizara cálculos para determinar la cantidad de luces LED requerirá para cubrir el área selecciona así también se diseñara una topología de red que sea escalable e integrable con la red del hospital, se realizara el diseño del repositorio digital además se implementará un sistema web multiplataforma el cual permitirá usar video conferencia utilizando WEBRTC, chat e integración con el repositorio digital.

- **Limitaciones**

Las limitaciones consideradas con las siguientes:

- La implementación del sistema VLC ya que los equipos no se encuentran disponibles en el mercado.
- La implementación del repositorio digital y los equipos de networking

1.5 Metodología

Se realizará una simulación a través de un modelo de propagación de la cobertura en ambientes interiores con tecnología VLC para esto se utilizará herramienta de simulación que provee funciones matemáticas para simular un sistema. Se implementará un repositorio digital que será desarrollado con software libre GPL (Licencia Pública General) y tecnología RIA (Aplicaciones Ricas en Internet), considerando los requisitos señalados previamente, así como su plataforma, modelo y arquitectura, el cual mencionamos las siguientes:

- Servidor HTTP Apache basado en CENTOS 6.5 (GNU/Linux).
- MySQL como gestor de base de datos.
- MVC o Modelo Vista Controlador como patrón de Desarrollo
- YII Framework como herramienta de desarrollo basada en PHP.
- PHP como lenguaje de programación (Lado del Servidor).
- HTML5, JavaScript, JQuery y CSS (Lado del Cliente).

- WEBRTC (Para las llamadas de voz y video)
- Software de terceros como visor de Imágenes Médicas basados en el estándar (DICOM)

CAPÍTULO 2

2. SISTEMA VLC

En este capítulo se describe el funcionamiento del sistema VLC, así también como sus estándares, control de acceso, tipos de modulaciones ópticas y los diferentes tipos de enlaces ópticos.

2.1 Componentes ópticos

Un enlace básico de comunicaciones ópticas (Figura 2.1) consta de tres bloques fundamentales [8] los cuales se describe a continuación:

- **Transmisor:** El transmisor básico está constituido con una fuente de luz visible para transmitir los datos modulados. El transmisor se basa en LEDs, los cuales pueden ser modelados individualmente por un patrón de radiación laminar que tenga simetría rotacional.
- **Receptor:** La recepción de la señal se realiza usando un fotodiodo PIN como un receptor. El fotodiodo PIN convierte la señal luminosa en una corriente eléctrica, la cual es mejorada por un amplificador frontal. Un modelo receptor típico está representado en la Figura 2.2. Sus parámetros importantes son el operativo (A_{eff}) y el campo de visión (FOV)
- **Medio:** Comunicaciones ópticas atmosféricas, espaciales o submarinas no guiadas, por lo general a través de un medio dieléctrico.

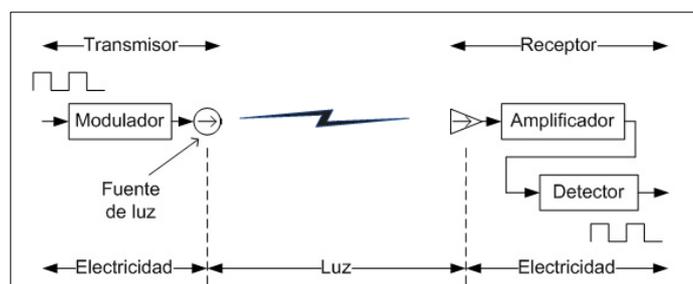


Figura 2.1 Transmisor y receptor de un sistema de comunicaciones ópticas

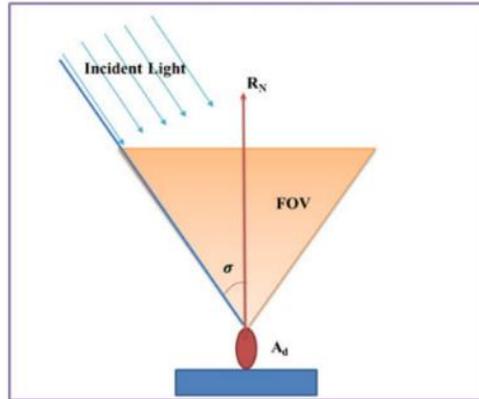


Figura 2.2 Receptor

2.1.1 Modelo de un sistema VLC

El modelo básico consta de un modulador en la parte transmisora que apaga y enciende un LED a una frecuencia muy alta e imperceptible para el ser humano, permitiendo la transmisión binaria. Consta de un fotodiodo de recepción que recoge cambios de luz para tratarlos en el dominio eléctrico, tal como se lo puede observar en la Figura 2.3

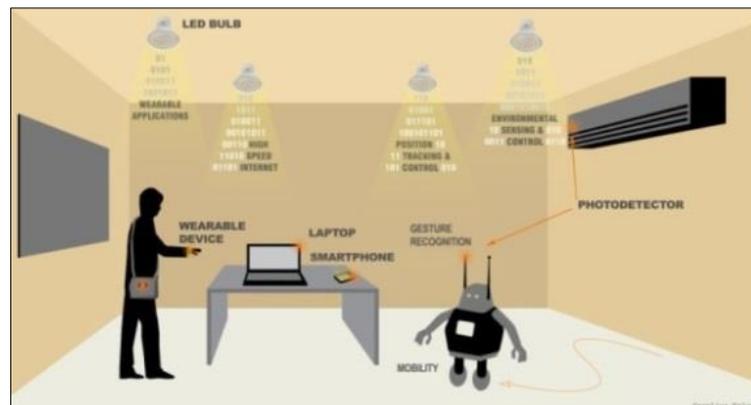


Figura 2.3 Modelo básico de un sistema VLC

2.1.2 Luz visible

La luz visible permite el desplazamiento de la energía. Las ondas de luz son el resultado de vibraciones de campos eléctricos y magnéticos con forma de radiación electromagnética (EM)[10]. La luz visible pertenece a un tipo de radiación EM que es parte del espectro electromagnético(Figura 2.4).

| Luz visible | | |
|-------------|-------------|------------------|
| Color | Frecuencia | Longitud de onda |
| Violeta | 668–789 THz | 380–450 nm |
| Azul | 631–668 THz | 450–475 nm |
| Ciano | 606–630 THz | 476–495 nm |
| Verde | 526–606 THz | 495–570 nm |
| Amarillo | 508–526 THz | 570–590 nm |
| Naranja | 484–508 THz | 590–620 nm |
| Rojo | 400–484 THz | 620–750 nm |

Figura 2.4 Luz visible

2.1.3 Espectro visible

El espectro visible es una región del espectro electromagnético que el ser humano puede percibir. La radiación electromagnética en este rango posee longitudes de onda llamadas luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible: un típico ojo humano responderá a longitudes de onda de 400nm a 700 nm [23] (Figura 2.5).

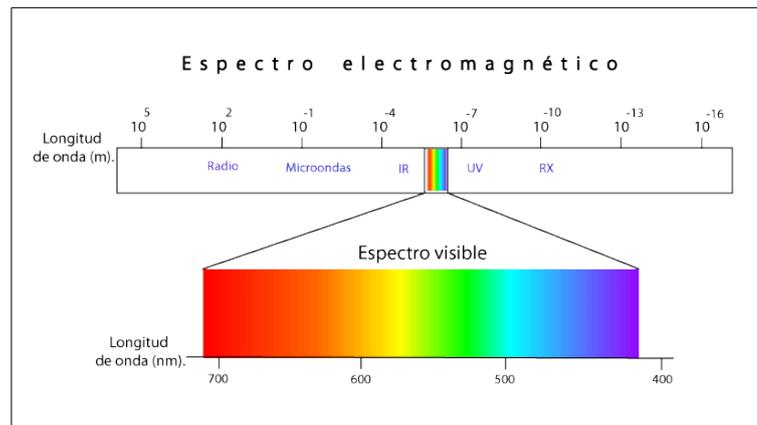


Figura 2.5 Espectro Visible

LIFI emplea lámparas LED que al variar de intensidad de manera extremadamente rápida permite la transmisión de datos a velocidades altas, sin que se interfiera con la iluminación normal de la lámpara. Esta variación de intensidad es la que permite el envío de datos y funciona de forma similar a las comunicaciones convencionales por luz para enviar datos al encender y apagar la luz emitiendo un código que luego es interpretado por un receptor.

2.2. Tecnologías

Este punto se describe cómo funciona la tecnología LIFI y estándares

2.2.1 Aspectos teóricos de VLC

VLC es una tecnología de comunicación óptica dentro de la categoría comunicaciones óptica inalámbricas (OWC, por sus siglas en inglés). VLC emplea luz visible para poder transmitir información, mientras que otras formas de transmisión inalámbrica lo hacen por medio de ondas electromagnéticas.

VLC permite que la energía de luz visible se emplee para la transmisión mediante la modulación de la intensidad de la luz recibida por un detector fotosensible (Figura 2.6) y la señal de la luz se desmodula en forma electrónica. Esta modulación no es perceptible para el ser humano.



Figura 2.6 funcionamiento de VLC

2.2.2 Funcionamiento de VLC

VLC funciona en base a pulsos de luz para la transmisión inalámbrica de datos. Para esto se utilizan LEDs de alta intensidad que se encienden y apagan a gran velocidad, generando extensas cadenas de datos.

Cuando una corriente constante se aplica a una bombilla LED, un flujo de fotones constantes son emitidos, de manera que se observa como luz visible. Si la corriente se varía lentamente, la intensidad de salida de la luz se

atenúa, lo cual ocurre porque las bombillas LED son dispositivos semiconductores. La salida óptica puede ser modulada a velocidades muy altas, que pueden ser detectadas por un foto detector y convertidas de nuevo a la corriente eléctrica. La comunicación es transparente como los sistemas de comunicación RF. Usando esta técnica, la información de alta velocidad puede transmitirse desde una bombilla de luz LED [27]. La comunicación RF requiere de circuitos de radio, antenas y receptores complejos, mientras que Li-Fi es más sencillo y emplea métodos de modulación directa similares a los dispositivos de comunicación infrarrojos de bajo coste, la misma que está limitada en potencia, debido a los requisitos de seguridad de la vista. Por otro lado, las bombillas LED tienen magnitudes altas, alcanzando grandes velocidades de transmisión.

2.2.3 Estándar IEEE 802.15.7

El estándar 802.15.7 es un protocolo empleado para comunicaciones por luz visible. Se establece el protocolo con la diferencia que se trabaje con frecuencias de luz visible para el ser humano. Este estándar trabaja en las capa de acceso (MAC) y capa física (PHY) del modelo de comunicaciones OSI, a velocidades que permiten transmitir audio, video y multimedia [12]. Se debe considerar la movilidad de transmisión óptica, su compatibilidad con la iluminación artificial presente en infraestructuras y la interferencia que pueda generarse por la iluminación del ambiente.

La capa física del estándar presenta tres diferentes tipos de variación de acuerdo a la tasa de transmisión que pueden soportar, enumerados a continuación:

Modelo PHY I

Modelo usado para ambientes exteriores, con velocidad baja de transmisión, desde los 11.67 Kbps hasta los 267.7 Kbps. Los bits son codificados con el denominado Reed Salomon (Rs), lo que hace es codificar K símbolos que son las palabras de código a mensajes teniendo como consecuencia n símbolos cada una, para posteriormente hacer un relleno de ceros utilizando padding, obteniendo un intercalador que pasaran por un codificador

convolucional, luego pasa por un codificador RLL aplicando Manchester o 4B6B, dando como salida un símbolo de 2.4 o 6 bits, y pasa por el modulador OOK o VPPM que se envía por el canal emisor de luz. En el receptor se realiza el proceso inverso de demodulación de la información para obtener los datos de la información enviada [39] (Figura 2.7)

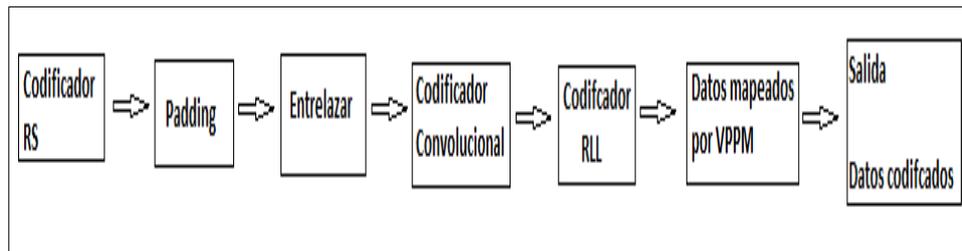


Figura 2.7 Funcionamiento del modelo PHY I

A Continuación se muestra el diagrama de bloques de un receptor y transmisor usando el modelo PHY I para un sistema VLC. La Tabla 1 indica el proceso descrito con diferentes velocidades y modulaciones.

| Modo Operacional | Velocidad Transmisión | Modulación | Codificación RLL | Frecuencia Óptica | FEC | |
|------------------|-----------------------|------------|------------------|-------------------|---------------|---------------|
| | | | | | Outer Code RS | Inner Code CC |
| PHY I.a | 11.67 Kb/s | OOK | Manchester | 200 Khz | 15.7 | 1/4 |
| PHY I.b | 24.44 Kb/s | | | | 15.11 | 1/3 |
| PHY I.c | 48.89 Kb/s | | | | 15.11 | 2/3 |
| PHY I.d | 73.3 Kb/s | | | | 15.11 | None |
| PHY I.e | 100 Kb/s | | | | None | None |
| PHY I.f | 35.56 Kb/s | VPPM | 4B6B | 400 Khz | 15.2 | None |
| PHY I.g | 71.11 Kb/s | | | | 15.4 | None |
| PHY I.h | 124.4 Kb/s | | | | 15.7 | None |
| PHY I.i | 266.6 Kb/s | | | | none | None |
| | | | | | | |

Tabla 1. Comportamiento del módulo PHY I

Modelo PHY II

Este modelo se utiliza en ambientes internos con una velocidad media que va en las decenas de Mb/s. Es decir una velocidad desde 1,25 Mb/s hasta 96 Mb/s. Podemos visualizar en la Figura 2.8 el diagrama de bloques del modelo PHY II en el estándar IEEE 802.15.7.

Este esquema es mucho más sencillo y eficiente comparado con el modelo PHY I, de igual manera los bits de entrada son codificados por un codificador RS "Reed Salomon", la salida de esta codificación ahora pasa por un codificador RLL donde el símbolo estará formado por 2,4,6,8 bits como se desee. Finalmente en el transmisor se modulara como en el modelo PHY I con OOK o VPPM

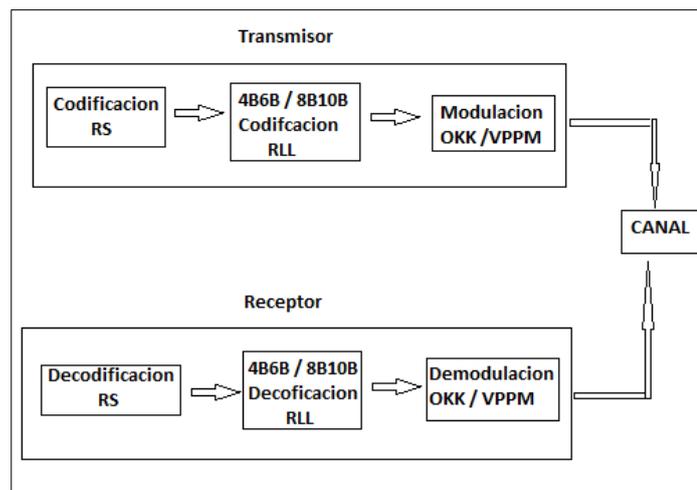


Figura 2.8 Modelo de funcionamiento PHY II

La Tabla 2 describe el proceso descrito con diferentes velocidades

| Modo Operacional | Velocidad Transmisión | Modulación | Codificación RLL | Frecuencia Óptica | FEC |
|------------------|-----------------------|------------|------------------|-------------------|--------------|
| PHY II.a | 1.25 Mb/s | VPPM | 4B6B | 3.75 Mhz | RS (64,32) |
| PHY II.b | 2 Mb/s | | | | RS (160,128) |
| PHY II.c | 2.5 Mb/s | | | 7.5 Mhz | RS (64,32) |
| PHY II.d | 4 Mb/s | | | | RS (160,128) |
| PHY II.e | 5 Mb/s | | | | None |
| PHY II.f | 6 Mb/s | OOK | 8B10B | 15 Mhz | RS (64,32) |
| PHY II.g | 9.6 Mb/s | | | | RS (160,128) |
| PHY II.h | 12 Mb/s | | | 30 Mhz | RS (64,32) |
| PHY II.i | 19.2Mb/s | | | | RS (160,128) |
| PHY II.j | 24 Mb/s | | | 60 Mhz | RS (64,32) |
| PHY II.k | 38.4 Mb/s | | | | RS (160,128) |
| PHY II.l | 48 Mb/s | | | 120 Mhz | RS (64,32) |
| PHY II.m | 76.8 Mb/s | | | | RS (160,128) |
| PHY II.n | 96 Mb/s | | | | None |

Tabla 2. Comportamiento del módulo PHY II

Modelo PHY III

La principal diferencia de los modelos anteriores es que trabaja bajo un sistema MIMO múltiples entradas con múltiples salidas. Ofreciendo velocidades con un rango que va desde 12 Mb/s hasta 96 Mb/s.

Este modelo podemos utilizar en aplicaciones con muchas fuentes de luz por donde se enviara la información al mismo tiempo que tendrá múltiples receptores de luz los captara y recibirán las señales emitidas. Podemos visualizar en la figura 2.9 el diagrama de bloques del modelo PHY III en el estándar IEEE 802.15.7.

De igual manera pasamos por un bloque de codificación de RS el cual servirá para convertir la cadena de bits en tramas largas más pequeñas y aleatorias, para luego ser nuevamente codificadas por un codificador RS. La diferencia radica en la modulación CSK que se refiere a una modulación mediante incrustación de color.

El espectro de luz se divide en 7 grupos, cada uno de ellos tiene un código específico, teniendo un valor en x-y respectivamente. La modulación CSK lo que hace es trabajar con 3 de estos 7 grupos, con los puntos respectivos en x-y, formar los vértices del triángulo y así formar las constelaciones que son necesarias. Los datos que ingresan para ser modulados son analizados en $\text{Log}(M)$ donde M representa el tamaño de la modulación.

Cada uno de estos valores tiene una posición x–y cada tres valores van formando los vértices del triángulo que son las constelaciones, para luego estos 72 puntos ser pasados a valores RGB

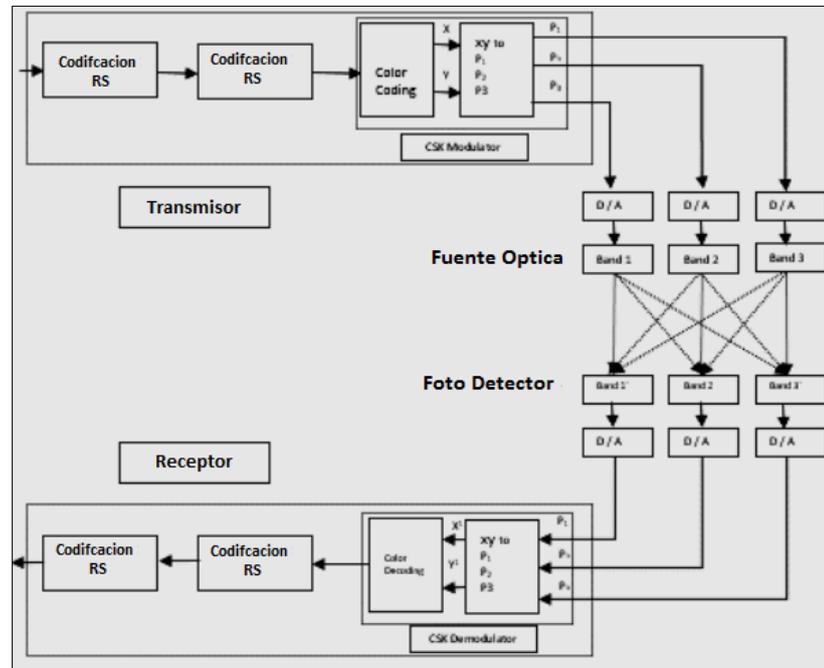


Figura 2.9 Modelo de funcionamiento PHY III

La Tabla 3 muestra al modelo PHY III con las diferentes tasas de velocidad en base a variaciones de la modulación CSK.

| Modo Operacional | Velocidad Transmisión | Modulación | Frecuencia Óptica | FEC |
|------------------|-----------------------|------------|-------------------|------------|
| PHY III.a | 12 Mb/s | 4-CSK | 12 Mhz | RS (64,32) |
| PHY III.b | 18 Mb/s | 8-CSK | | RS (64,32) |
| PHY III.c | 24 Mb/s | 4-CSK | 24 Mhz | RS (64,32) |
| PHY III.d | 36 Mb/s | 8-CSK | | RS (64,32) |
| PHY III.e | 48 Mb/s | 16-CSK | | RS (64,32) |
| PHY III.f | 72 Mb/s | 8-CSK | | None |
| PHY III.g | 96 Mb/s | 16-CSK | | None |

Tabla 3. Comportamiento del modelo PHY III

2.2.4 Ventajas y desventajas de LIFI

Ventajas

- Tasa de transmisión de datos por tramas de luz existentes.
- Imperceptible para la vista humana y con un alto porcentaje de inocuidad para la salud.
- Menor consumo energético.
- Incremento de la seguridad.
- Integración compacta en sensores de pequeñas dimensiones.
- No interfiere con otros sistemas, tal como ocurre en los sistemas RF.
- Alta disposición de canales.
- Tecnología relativamente barata.

Desventajas

- Absorción atmosférica alta.
- No funciona bajo la luz solar directa.
- Ruidos de interferencias de otras fuentes de luz tienen que ser filtrados.
- No hay transmisión si no existe visión directa.
- Espectro disponible como fuente de luz y sensor.
- Desvanecimiento de la señal acorde a la distancia, ya que la cobertura es relativamente corta.

2.2.5 Técnicas de comunicación para LIFI

Las técnicas de comunicación para LIFI se basan principalmente en OFDM y en técnicas de modulación como modulación óptica y modulación espacial de luz así también como técnicas de control de acceso al medio

Control de Acceso al medio

Una solución de red no puede realizarse sin un esquema de acceso múltiple adecuado que permita a múltiples usuarios compartir los recursos de comunicación sin ninguna conversación mutua. Los esquemas de acceso en RF pueden ser adaptados para OWC (Comunicaciones ópticas

inalámbricas), siempre y cuando se realizar las modificaciones necesarias para y trabaje con la modulación IM/DD.[41]

Los esquemas de modulación de un solo portadora como M-PAM, OOK y PWM requieren un acceso múltiple adicional como el acceso por división de frecuencia (FDMA), el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y/o acceso múltiple por división de código (CDMA), así también existen técnicas de acceso múltiple de dominio óptico [41]

Existen diferentes técnicas para el control de acceso al medio las cuales se describen a continuación:

Acceso múltiple de dominio de frecuencia óptica

En los sistemas VLC se pueden utilizar las siguientes técnicas:

- **Óptica Ortogonal de frecuencia de división de acceso múltiple (OFDMA).**

OFDMA es una combinación de un sistema de modulación que se asemeja a OFDM y un sistema de acceso múltiple que combina TDMA y FDMA. Esta técnica normalmente utiliza una FFT (Transformada Rápida de Fourier) de tamaño muy superior a OFDM, divide las subportadoras disponibles en grupos lógicos llamados subcanales.

A diferencia de OFDM que transmite la misma cantidad de energía en cada subportadora, OFDMA puede transmitir diferentes cantidades de energía en cada subcanal. En un sistema de portadora única, el desvanecimiento o la interferencia pueden causar una falla en cualquier aplicación. Pero en sistemas de varias portadoras, sólo un pequeño porcentaje de esas subportadoras, desaparecerá. Se utilizan códigos de corrección de error para corregir las pequeñas subportadoras que vienen con información errónea.[40]

Para implementar el acceso múltiple (OFDMA) se asignan subconjuntos de portadoras a cada usuario. Se puede variar la asignación de subportadoras por usuario de acuerdo a información realimentada sobre las condiciones del

canal utilizado o en base a la Calidad de Servicio (QoS) requerida por cada uno.

- **Acceso óptico OFDM-división múltiple de división (OFDM-IDMA).**

Acceso múltiple (OFDM-IDMA) es un esquema híbrido entre las tecnologías OFDM e IDMA. Ofrecemos una comparación entre los esquemas OFDMA y OFDM-IDMA. Ambos esquemas son de multi-portadores se cortan asimétricamente a cero, después de la modulación OFDM, para ser compatible con IM / DD.

Usuarios en esquemas IDMA se separan por intercalación al azar de nivel de chip aleatorio distinto. La detección multiusuario se emplea en el sitio receptor para recuperar los datos de cada usuario. Basado en esto OFDM-IDMA supera a OFDMA cuando la señal de ruido (SNR) está por encima del umbral de 10 dB para un sistema con un tamaño de modulación de $M = 16$.

Se muestra también que el OFDM-IDMA óptico presenta la ventaja de ser más eficiente en energía, en comparación con OFDMA óptico, mientras que su complejidad de decodificación es lineal con respecto al número de usuarios e independiente de la cantidad de caminos. Por el contrario, las exposiciones OFDMA ópticas, la ventaja de una complejidad de decodificación más baja y una relación de potencia de cresta a media ligeramente inferior (PAPR) en comparación con los esquemas OFDM-IDMA ópticos.[40]

Acceso múltiple de dominio códigos ópticos

EL CDMA óptico (O-CDMA) funciona de manera similar a RF con la diferencia de que O-CDMA utiliza códigos ópticos los cuales se detallan a continuación:

- Códigos ópticos ortogonales (OOC)
- Códigos ópticos aleatorios (ROC)
- Códigos ópticos algorítmicos (AOC)

Cada canal tiene asignado un código único que permite identificar sus transmisores y que sean recuperadas por el receptor adecuado sufriendo

una interferencia controlada por el resto de usuarios de medio. En comparación con otras técnicas de acceso múltiple por división de frecuencia FDMA, o tiempo TDMA, CDMA realiza una utilización más eficiente del espectro y permite al acceso de un número flexible de usuarios al canal simplemente asignándolos códigos propios.[41]

Se pueden realizar dos tipos de implementaciones en los sistemas OCDMA son: coherentes e incoherentes. Los incoherentes son aquellos en los que se modula la amplitud (potencia) óptica de la señal a través del código, correspondiendo así a una codificación unipolar, utilizan técnicas más sencillas y difundidas como IM/DD. En los coherentes se modula la fase óptica (campo) de la señal, generalmente a partir de un emisor de gran coherencia, resultando una codificación bipolar. La recepción consiste en reconstruir de forma coherente la señal para decodificar datos.

Acceso múltiple de división espacial óptica

En un sistema de acceso múltiple por división espacial (SDMA) es una tecnología que segmenta el espacio en sectores para compartir recursos de tiempo de frecuencia entre grupos de usuarios. En un sistema RF-SDMA convencional, se utiliza un conjunto de antenas para generar simultáneamente un número de espacios que corresponden a las ubicaciones de usuarios, lo que permite que varios usuarios utilicen el mismo slot de tiempo. [41]

Sin embargo, se recuerda que la transmisión basada en SDMA en RF requiere múltiples cadenas y complejos que estos no son necesarios en los sistemas VLC. Los LEDs tienen un campo de visión limitado (FOV) inherentemente, lo que les permite generar haces de luz direccionales como se ilustra en la Figura 2.10

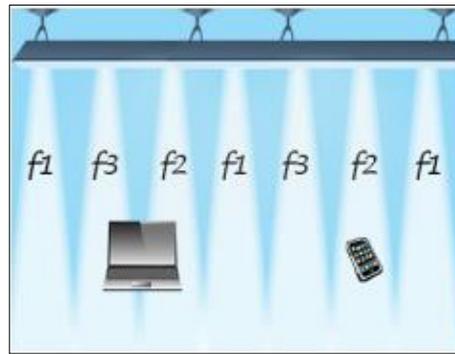


Figura 2.10 Acceso múltiple por división espacial.

Se utiliza un transmisor de diversidad angular para permitir transmisiones en paralelo. Con esto se pudo demostrar que cuando el número de elementos transmisores aumenta, mejora el rendimiento aumenta significativamente. Además, se demostró que un sistema SDMA óptico puede mejorar el rendimiento del sistema más de diez veces más que un sistema óptico TDMA.

2.2.6 Modulación óptica inalámbrica

En comunicaciones ópticas se adapta OFDM debido a que es muy utilizada en sistemas inalámbricos por su robustez ante la propagación multitrayecto. Posee eficiencia espectral alta, lo cual es una ventaja para realizar modulación y demodulación, puesto que puede ser implementada por IDFT (Transformada Discreta de Fourier Inversa, por sus siglas en inglés) y realizada muy eficientemente mediante la IFFT (Transformada Inversa Rápida de Fourier, por sus siglas en inglés), a continuación se muestra las diferencias fundamentales entre los sistemas inalámbricos OFDM convencionales y los sistemas ópticos convencionales se resumen en la Tabla 4.

| | | | | |
|------------------------------|------------------|--|---|---------------------|
| Sistema OFDM típico | Sistema bipolar | Información transportada por medio del campo eléctrico | Osciladores locales en el receptor | Detección coherente |
| Sistema óptico típico | Sistema unipolar | Información transportada por medio de la intensidad óptica | Sin osciladores locales (láser) en el receptor. | Detección directa |

Tabla 4. Comparación entre sistema típico OFDM y óptico.

En sistemas ópticos se emplea intensidad modulada (IM), con su variante de detección directa (IM/DD). La información se transporta por medio de la intensidad de la señal óptica de manera unipolar. La detección directa consiste en convertir la potencia óptica directamente en una corriente eléctrica proporcional a ella. Este método de detección no permite la recuperación para su procesamiento de la información transportada en la fase de la portadora óptica.

2.2.7 Modulación espacial de luz

Esta modulación permite controlar un haz de luz, variando su intensidad, fase y polarización, para lo cual se utilizan equipos complejos denominados SML (Spatial Light Modulator). Existen dos tipos de modulaciones las cuales son:

- **Sistema de modulación de amplitud:** El dispositivo de cristales líquidos ferro-eléctricos (FLC) consta de un divisor de haz y dos polarizadores. El polarizador de entrada se destina a luz incidente, mientras que el segundo polarizador se usa para analizar la salida del dispositivo FLC. La función del divisor de haz es separar los haces de entrada y de salida, La orientación del FLC se representa por dos pares de líneas perpendiculares.
- **Sistema de modulación de fase:** El conjunto para la modulación de fase es similar al sistema de modulación de amplitud. Sin embargo, el vector polarización de la luz incidente está alineado por lo que divide a los ejes de transmisión del FLC. Mientras que en estado "ON" la luz reflejada del FLC se rota 45° en el sentido de las agujas de reloj, en el estado "OFF" la luz reflejada se rota 45° en sentido contrario a las agujas de reloj. Entonces la separación resultante de los dos haces reflejados es de 90° El divisor o bien transmite o bien absorbe el haz dependiendo de la dirección de rotación de la polarización de la luz reflejada [14].

Los elementos ópticos que son utilizados en un sistema LIFI son LEDs y foto-receptores.

LED

Componente electrónico que convierte energía eléctrica en una fuente luminosa, siendo éste un tipo especial de semiconductor, ya que en su interior contiene un material semiconductor que al aplicarle una pequeña corriente eléctrica produce luz, la cual es de un color determinado que no produce calor, por lo tanto, no se presenta aumento de temperatura como si ocurre con muchos de los dispositivos comunes emisores de luz.

Foto-detector

Componente capaz de convertir la energía óptica de la luz que incide sobre una superficie sensora en energía eléctrica por medio de un proceso de transducción. Se podrían utilizar tanto foto-detectores PIN como foto-detectores en avalancha (APD).

2.3. Elemento ópticos de LIFI para transmisión y recepción

En este punto se describe los elementos que intervienen dentro de LIFI

2.3.1 OFDM

OFDM es una técnica de modulación que divide un canal de frecuencia en un número determinado de bandas. Se basa en la multiplexación por división de frecuencia (FDM), pero con el hecho de que cada subportadora sea ortogonal al resto, lo que permite que el espectro de cada una estén traslapadas y no exista interferencia, aumentando la eficiencia del uso del espectro, debido a la no utilización de bandas de separación entre subportadora.[33]

La transmisión entre puntos sin visión directa ocurre cuando entre el receptor y el transmisor existen reflexiones o absorciones de la señal, provocando degradación de la señal recibida, manifestada por medio de atenuación plana, atenuación selectiva en frecuencia o interferencia intersimbólica.

En la Figura 2.11 se observan diferencias existentes entre los espectros de una transmisión usando técnica multiportadora convencional y una técnica demodulación con portadoras ortogonales. [33]

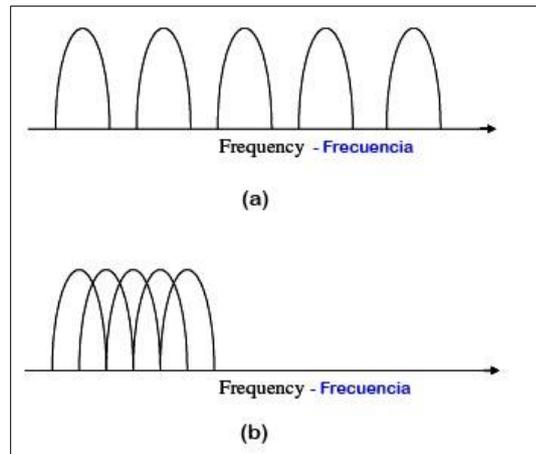


Figura 2.11. Multiportadora convencional frente a portadoras Ortogonales

La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye datos en un gran número de portadoras espaciadas entre sí, ubicadas en segmentos de frecuencias concretas (Figura 2.12). Esta separación de frecuencias evita que los demoduladores consideren frecuencias distintas a las suyas. [35]

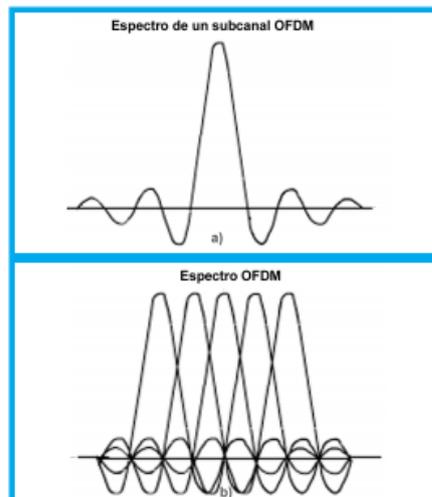


Figura 2.12 Espectro de una señal OFDM

2.3.2 Tipos de modulación

Una señal modulada viaja a través de una línea de transmisión, transportando información de forma análoga que se encuentra originalmente en forma digital. Tres técnicas de modulación digital se mencionan y describen a continuación:

- FSK (modulación por desplazamiento de frecuencia).
- PSK (modulación por desplazamiento de fase).
- QAM (modulación de amplitud en cuadratura).

- **FSK**

Tipo de modulación de frecuencia cuya señal modulante es un flujo de pulsos binarios que varía entre valores predeterminados (Figura 2.13). En este tipo de modulación la señal moduladora hace variar la frecuencia de la portadora, de modo que la señal modulada resultante codifica la información, asociándola a valores de frecuencia diferentes. [36]

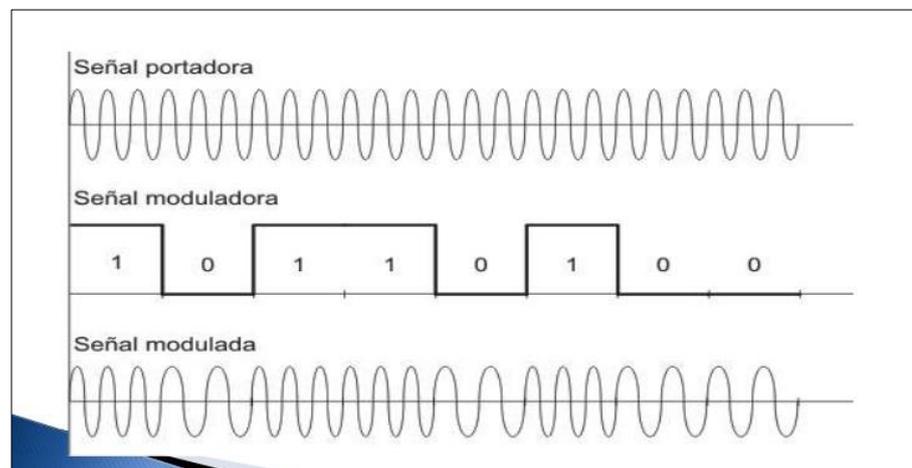


Figura 2.13 Modulación FSK

- **PSK**

Tipo de modulación angular que varía la fase de la portadora entre un número de valores discretos [13]. La diferencia con la modulación de fase convencional es que mientras en ésta la variación de fase es continua en función de la señal moduladora, en PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, contiene un número de estados limitados (Figura 2.14). Lo más común es codificar un número entero de bits por cada símbolo, el número de fases a tomar

es una potencia de dos. Con ello se tendrían algunas variaciones, como:

- BPSK con 2 fases (equivalente a PAM).
- QPSK con 4 fases (equivalente a QAM).
- 8-PSK con 8 fases.
- 16-PSK con 16 fases.

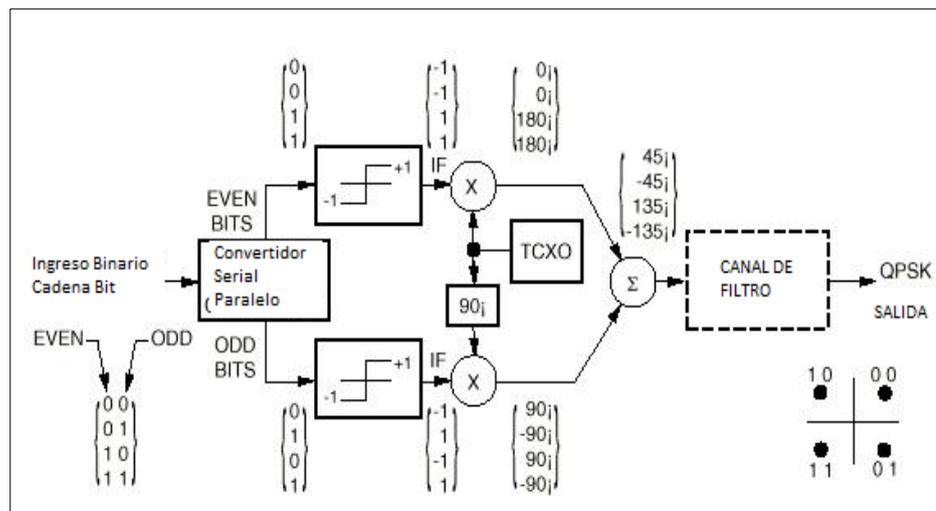


Figura 2.14 Modulador PSK

- **QAM**

Tipo de modulación por desplazamiento en amplitud (ASK) de forma independiente, en donde dos señales portadoras tienen la misma frecuencia, pero desfasadas entre sí 90° (Figura 2.15) [15]. La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK, las cuales pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua, porque sus portadoras al experimentar dicho desfase, se posicionan en cuadratura. Estas dos ondas generalmente son señales sinusoidales, en la cual una onda es portadora y la otra es la señal de datos. Se describen a continuación diferentes técnicas de codificación:

- 8 QAM 16 QAM

- 32 QAM 64 QAM
- 128 QAM 256 QAM

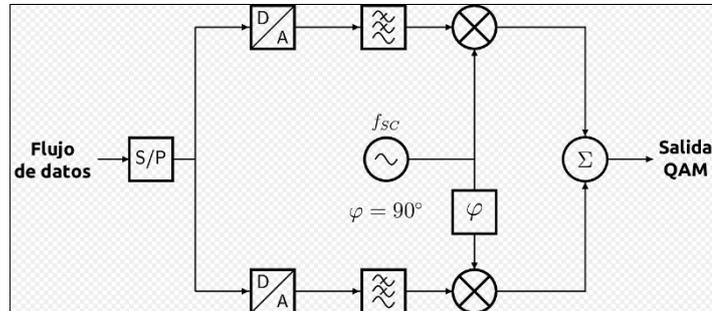


Figura 2.15 Modulador para QAM

2.3.3 Modulación espacial OFDM (SM-OFDM)

SM-OFDM se caracteriza por implementar un mapeo que se antepone al procedimiento OFDM, ingresando una ráfaga de bits binarios modulándolos mediante QAM o PSK, para obtener símbolos que son características de dicha modulaciones. Cada uno de los símbolos realiza el proceso de mapeo que es característico de la modulación Espacial. Una vez que se forma la matriz se procede a realizar el mapeo correspondiente a la modulación espacial. Este proceso permite determinar el número de elementos transmisores por el que se enviaría la información, dándole un símbolo específico para cada combinación de bits [37], tal como se muestra en la Figura 2.16.

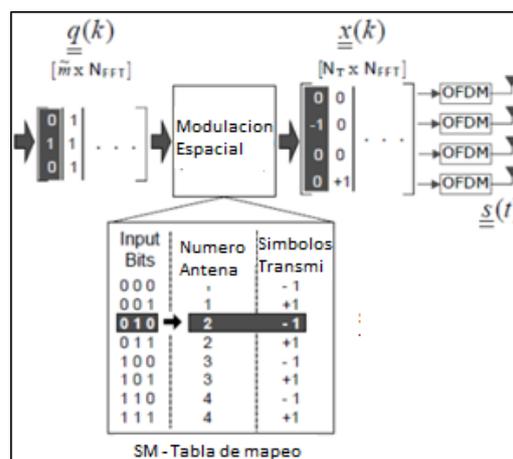


Figura 2.16 Modulación espacial

- **Sistema de comunicaciones ópticas inalámbricas**

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas deben ser capaces de soportar múltiples servicios de banda ancha, tales como el acceso a Internet de banda ancha, acceso a contenidos multimedia, videoconferencias, aplicaciones de red, televisión de alta definición, entre otros.

Es entonces cuando se presentan los sistemas OWC, que se definen como sistemas que transmiten información entre dos puntos a través de la propagación de luz en la banda visible e infrarrojos del espectro electromagnético y que carecen de un medio guiado, a diferencia de la comunicación óptica a través de fibra.

- **Óptico asimétrico recortado-OFDM (ACO-OFDM)**

El propósito de ACO es eliminar todas las componentes negativas que se tiene a la salida de IFFT y gracias a la simetría Hermitiana. Estos valores se repiten de una manera positiva en la segunda mitad del vector sin experimentar pérdida de información.

En la Figura 2.17 se muestra de una mejor manera el recorte por cero, en la que se elimina todos los valores negativos sin perder información, ya que estos valores fueron determinados a manera de espejo con respecto al eje están en la segunda mitad del vector de salida del transmisor ACO.OFDM [16]

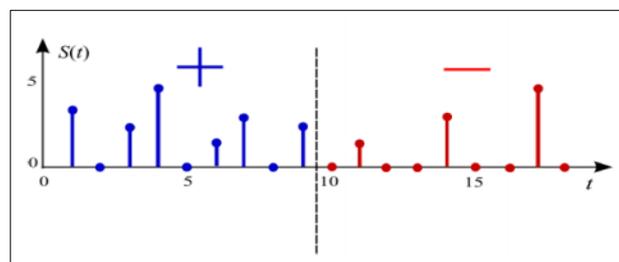


Figura 2.17 Modelo ACO-OFDM

- **Unipolar –OFDM (U.OFDM)**

Es una variante de ACO-OFDM, con un proceso similar hasta la salida que produce la IFFT, esto es, si en la salida IFFT se tiene una muestra positiva, se forma un nuevo vector en la que la primera posición tendrá el valor activo y la segunda posición se tendrá un valor inactivo; si a la salida de IFFT hay un valor negativo, la primera posición del vector será un valor inactivo y la segunda se colocará el valor activo. Se conoce como valor activo al valor absoluto de cada una de las muestras de la salida IFFT, ya sean negativas o positivas e inactivas a muestras con el valor de cero obtenido un resultado (Figura 2.18). [34]

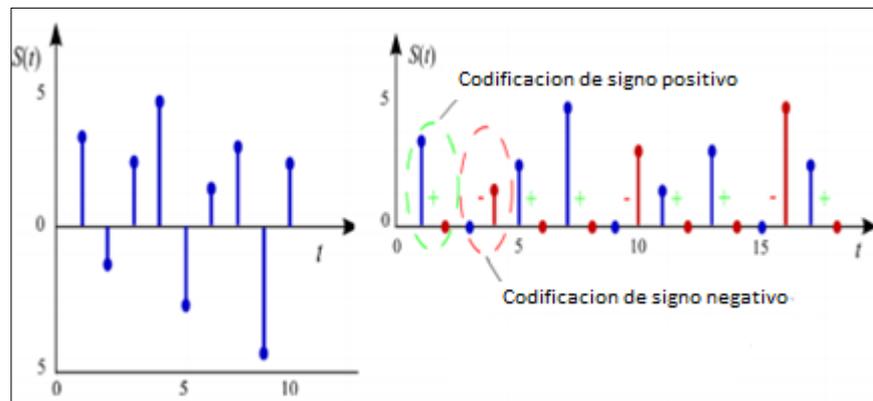


Figura 2.18 Señal U-OFDM a partir de la señal salida IFFT

Para obtener la señal U-OFDM que será transmitida, se procede a reordenar los valores positivos y los valores negativos, obteniendo una señal como la mostrada en la Figura 2.19, en la que los efectos como atenuación o ISI [34] que se dan al pasar por el canal óptico afectan de igual manera a toda la señal, produciendo una tasa menor de error por bit [17].

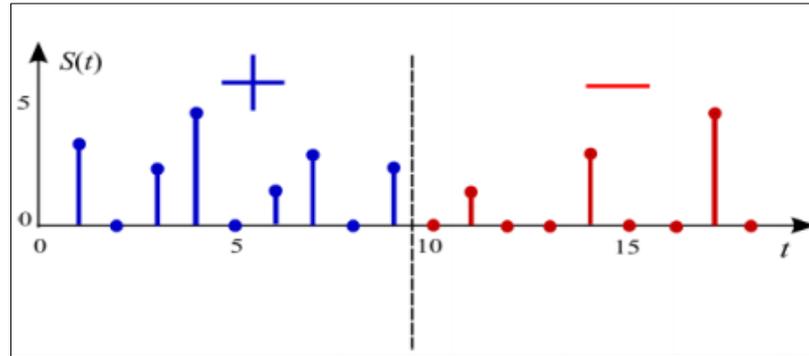


Figura 2.19 Señal U-OFDM Reordenada

- **Adición de una señal DC óptica –OFDM (DCO-OFDM)**

De igual manera que en los procesos anteriores en la parte del transmisor, se realiza la simetría Hermitiana para obtener valores real positivo y negativo, adicionando ahora una componente directa a la señal obtenida a la salida de IFFT (Figura 2.20).

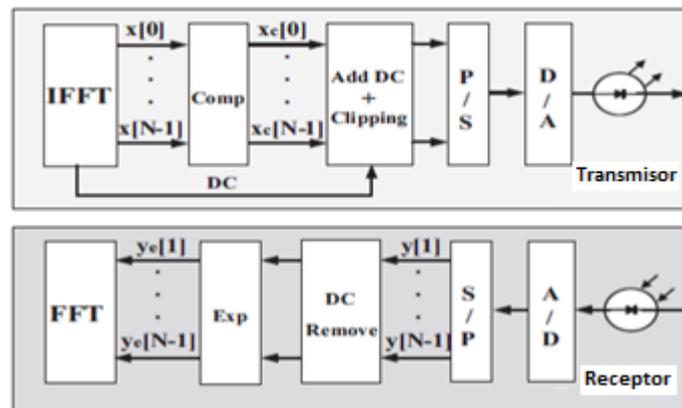


Figura 2.20 Sistema DCO-OFDM

Para encontrar el valor óptimo, se tiene que agregar a la salida de la señal de IFFT, con el cual se elimine toda la componente negativa, eliminando el máximo valor de las amplitudes de las muestras, tanto negativa y positivas de la señal mencionada. Este valor es usado como una componente directa dela la señal [18], que se sumará a cada una de las muestras (Figura 2.21).

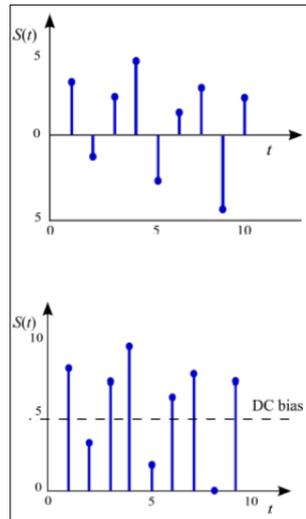


Figura 2.21 Señal DCO-OFDM

• Modulación espacial óptica –OFDM(O-SM.OFDM)

Este tipo de sistemas combina los dos tipos de modulaciones, tanto espacial como óptica. Se utiliza más de un dispositivo LED para enviar la información y obtener una mayor velocidad de transmisor, siendo esto la principal característica de LIFI.

Como se muestra en la Figura 2.22 en la parte del transmisor, la matriz resultante $S(k)$ se puede expresar en un momento $X(n)$ de vectores. A cada uno de estos vectores se aplica los conceptos de OFDM óptico, que ya fueron indicados como son ACO-OFDM o DCO-OFDM.

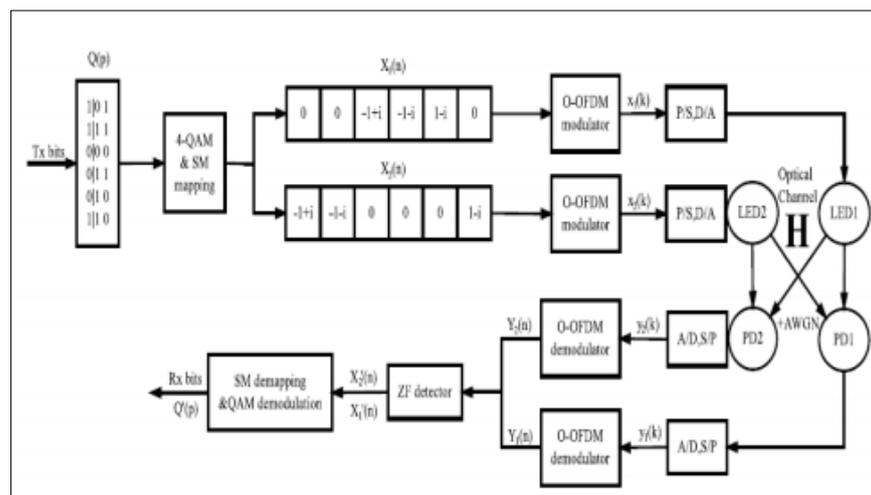


Figura 2.22 Sistema O-SM-OFDM

En la parte del receptor se tienen dos elementos que captarán la señal óptica para convertirla en eléctrica y realizar procesos de demodulación, para obtener sistemas MIMO [19].

- **Modulación Espacial Óptica –OFDM sin componentes DC (NDCO-OFDM)**

Esta es una variación de los sistemas DCO-OFDM. En el transmisor, la ráfaga de bits de entrada Hermitina, para que, al aplicar la transformada inversa de Fourier, se obtengan valores reales. Este proceso es semejante al que se realiza en los sistemas ópticos-OFDM. La variante se presenta con los valores positivos y negativos resultantes de la IFFT (Figura 2.23). [38]

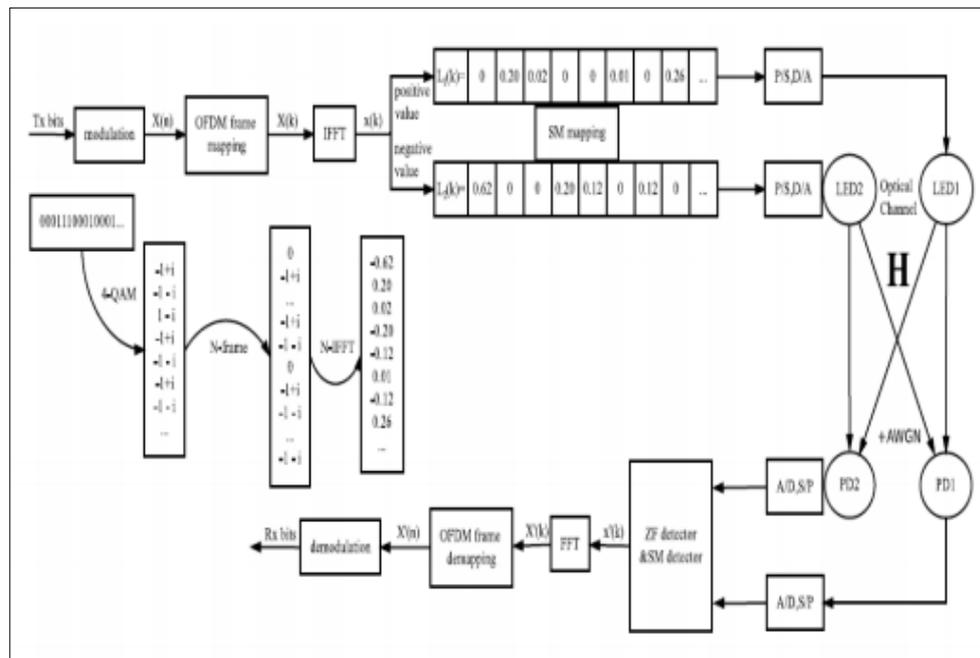


Figura 2.23 Sistema NDCO-OFDM

A la salida de la IFFT se aplica modulación espacial, es decir, el vector $x(k)$ se separa en 2 vectores: $L_1(k)$ - $L_2(k)$ (Figura 2.23). Un vector con valores positivos y otro con valores negativos, realizando mapeo espacial. Al separar estos valores, es decir, si el valor es negativo, $L_1(k)$ toma el valor absoluto y $L_2(k)$ se llena de cero, así sucesivamente con todos los N valores de IFFT.

De esta manera no se agrega ninguna componente DC al sistema como en DC-OFDM y se cumple con las condiciones de los sistemas ópticos. [38]

- **Modulación por índice de subportadoras- OFDM (SIM-OFDM)**

Este modelo presenta una característica especial denominada modulación por índice de subportadora, donde la información de lujo binario, representada por B , se divide en dos grupos a los que se denomina B_{OOK} y B_{QAM} como se la muestra en la Figura 2.24 [19].

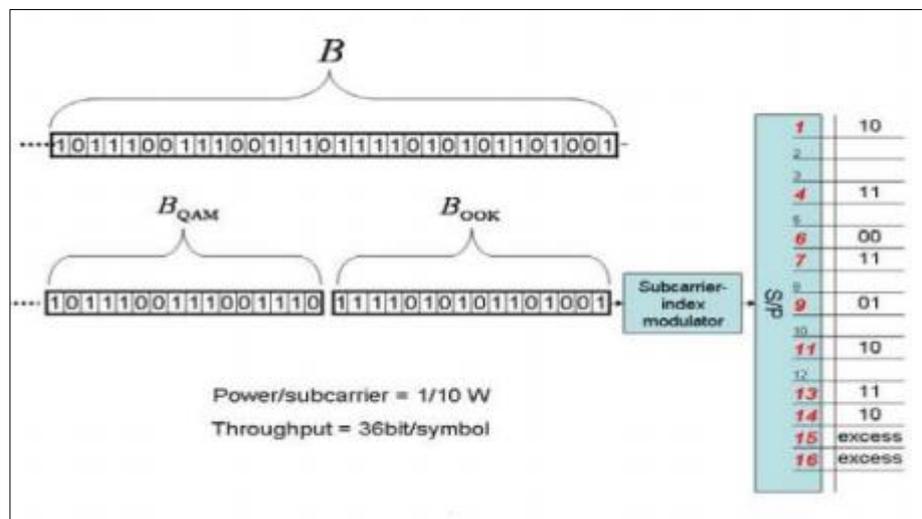


Figura 2.24 Modulación índice subportadora

- **Canal óptico**

Para poder diseñar e implementar correctamente un enlace óptico, es necesario tener presente cuáles son las características del canal. La forma más habitual de caracterizar un canal es mediante su respuesta impulsiva, ya que permite analizarlo y así prever los posibles efectos que pueden surgir. A la hora de considerar el estudio del canal óptico, habría que hacer distinción entre dos situaciones muy equidistantes. Estas situaciones son comunicación óptica en interiores (Indoor) y la comunicación óptica en exteriores (Outdoor). El equivalente en banda base de un sistema óptico inalámbrico basado en IM/DD se muestra en la Figura 2.25.

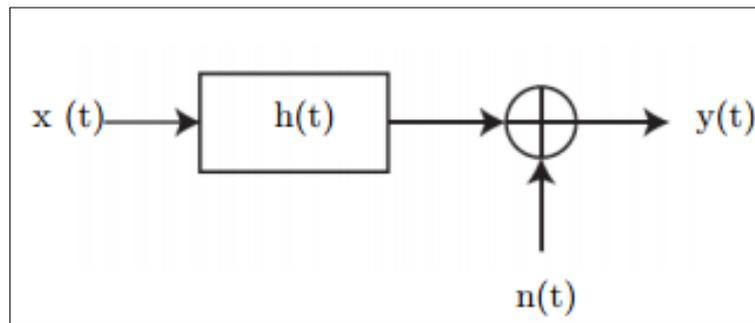


Figura 2.25 Modelo óptico inalámbrico basado en IM/DD

En la Figura 2.25, $x(t)$ es la salida de la fuente óptica, $h(t)$ es la respuesta del canal, $n(t)$ es el ruido de disparo del foto-detector (shotnoise), modelado como ruido aditivo blanco Gaussiano (AWGN) y $y(t)$ es la salida del enlace óptico. Los enlaces ópticos non-LOS, especialmente para aplicaciones de interiores, se ven afectados por el efecto multitrayectoria en enlaces RF. Aunque los enlaces de interiores no suelen ser perjudicados por el desvanecimiento del multitrayecto como en los enlaces exteriores, que sí sufren efectos de la dispersión por multitrayecto, traducándose a la aparición de ISI en el sistema [20].

La característica de este canal $h(t)$, depende de la posición en la que se encuentran el transmisor óptico, el receptor óptico y el objeto que permite la reflexión.

Dependiendo de dos parámetros, las configuraciones de enlace se clasifican en cuatro tipos básicos, uno de ellos es si se encuentra o no en línea de visión; el otro es según la direccionalidad del receptor al transmisor, sea o no direccionado. Con estos dos criterios, los tipos de enlaces básicos son línea de visión directa dirigida (Directed LOS), línea de visión no dirigida (Non-directed LOS), línea de visión no directa dirigida (Directed Non-LOS), o línea de visión no directa y no dirigida (Non-directed Non-LOS). La decisión de que el enlace sea dirigido o no depende de si el transmisor tiene la dirección hacia el receptor o no. Mientras que la decisión que el enlace sea LOS o non-LOS depende de si existe un obstáculo que bloquee la transmisión de luz entre dos puntos [21].

- **Directa Línea de visión (LOS):**

En este caso el transmisor y receptor tienen visibilidad directa sin ningún obstáculo que se interponga en la comunicación como se muestra en la Figura 2.26. En este enlace, la luz se puede concentrar en un haz estrecho, consumiendo poca energía. Además ofrece, de entre los cuatro tipos de enlaces mencionados, la más alta velocidad de transmisión y al no haber obstáculos entre el transmisor y receptor y al estar orientados el uno con respecto al otro, la señal no sufre distorsión y el ruido de las fuentes de luz es rechazado cuando el campo de visión (FOV) es estrecho. Como consecuencia, la velocidad está limitada por la pérdida de trayectoria en el espacio libre en vez de por la dispersión por multitrayectoria [22].



Figura 2.26 Enlace directo LOS

- **No-directa Lina de visión (LOS)**

En esta configuración, mostrada en la Figura 2.27, el transmisor y el receptor tienen visibilidad directa pero el transmisor no está dirigido hacia el receptor. Utiliza transmisores con un haz ancho y receptores con un FOV amplio. La tasa de transmisión que alcanza puede ser más alta que las ofrecen los sistemas de RF. Una ventaja que ofrece este tipo de sistema es que no necesitan ni alineamiento ni seguimiento, debido a que se puede superar el problema de bloqueo utilizando las superficies reflectantes de los objetos. Por lo tanto, al fotodetector llegará a una elevada proporción de luz transmitida procedente de un gran número de

direcciones diferentes. Sin embargo, esto conlleva una pérdida significativa de la trayectoria óptica y por lo tanto es necesaria una potencia de transmisión alta [21].



Figura 2.27 No directo LOS

- **Directo sin Línea de Visión (LOS)**

En esta situación existirá al menos un obstáculo entre el transmisor y el receptor (Figura 2.28). Se suelen incorporar transmisores y receptores con un ángulo de emisión y campo de visión estrechos, por ello se intenta que el receptor apunte a una superficie reflectante que permita superar al obstáculo. En esta configuración se consigue superar un obstáculo gracias a que la señal recibida es la reflejada en la superficie a la que el transmisor apunta. Debido a esto se minimiza la dispersión por multitrayectoria. El problema central de esta topología es la dificultad de encontrar la alineación entre el transmisor y receptor [21]. En un sistema VLC, la situación “dirigido non-LOS” es importante, ya que la iluminación general trabaja en el medio donde la transmisión transcurre pero no es enfocada ni dirigida (Figura 2.30)



Figura 2.28 Directo sin Línea de Visión

- **No directo sin Línea de Visión (LOS)**

En esta configuración puede que haya obstáculos que bloquean la visión directa entre el transmisor y el receptor y, por lo tanto, para que haya intercambio de información se ayuda de las superficies reflectantes para crear trayectorias alternativas entre el transmisor y el receptor. En la Figura 2.29 se muestra esta configuración. Normalmente, en esta configuración, el receptor apunta directamente hacia una pared o suelo emitiendo un amplio haz de luz. Al contrario que el enlace anterior, esta topología no necesita una alineación tan cuidadosa.

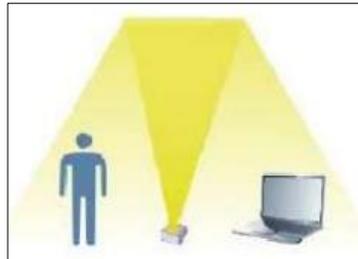


Figura 2.29 No Directo sin Línea de Visión (LOS)

CAPÍTULO 3

3. REPOSITORIO DIGITAL CON TECNOLOGÍA RIA Y WEBRTC

En este capítulo se describe las diferentes tipos de tecnología métodos que se utilizaran para el diseño e implementación sistema web del repositorio digital de imágenes medicas

3.1 Aplicaciones WEB

Las aplicaciones web son softwares que se codifican en un lenguaje soportado por los navegadores web ya que son ejecutados en internet. Es decir que los datos o los archivos en los que trabajas son procesados y almacenados dentro de la web [22].

Las aplicaciones web son populares debido a lo práctico del navegador web como Cliente ligero, sin importar que sistema operativo se esté usando.

3.2 Tecnología RIA (Aplicaciones Ricas en Internet)

RIA es una nueva generación de aplicaciones que marcarán el futuro de los sistemas de información de empresas y corporaciones tal como se observa en la figura 3.1. Las aplicaciones RIA utilizan las aplicaciones tradicionales de Internet con un navegador. Su arquitectura se basa en una aplicación-cliente y una capa de servicios separada [23], pareciéndose más en este aspecto a las antiguas aplicaciones cliente-servidor, con la diferencia de que únicamente solicitan datos del servidor, no necesitando ninguna otra información. Además, son capaces de trabajar de forma asíncrona y sin conexión con el servidor, lo que proporciona una versatilidad inmejorable ante problemas de conexión.



Figura 3.1 Tecnología RIA

3.3 Herramientas de Desarrollo para las aplicaciones RIA

Existen muchas herramientas para el desarrollo de "Aplicaciones Ricas en Internet" que están en la siguiente lista:

- Java Applet 4.20
- HTML5 3.70
- GWT 2.10
- Silverlight 1.70
- Java Fx

3.4 Servidor HTTP Apache basado en CENTOS 6.x (GNU/Linux)

El servidor Apache HTTP, también llamado Apache, es un servidor web HTTP de código abierto para la creación de páginas y servicios web. Es un servidor multiplataforma, gratuito, muy robusto y que destaca por su seguridad y rendimiento. Apache presenta entre otras características altamente configurables, bases de datos de autenticación y negociado de contenido, pero fue criticado por la falta de una interfaz gráfica que ayude en su configuración.

- **Ventajas**
 - **Instalación/Configuración.** Software de código abierto.
 - **Coste.** El servidor web Apache es completamente gratuito.
 - **Funcional y Soporte.** Alta aceptación en la red y muy popular, esto hace que muchos programadores de todo el mundo

contribuyen constantemente con mejoras, que están disponibles para cualquier persona que use el servidor web y que Apache se actualice constantemente.

- **Multi-plataforma.** Se puede instalar en muchos sistemas operativos, es compatible con Windows, Linux y MacOS.
- **Rendimiento.** Capacidad de manejar más de un millón de visitas/día.
- Soporte de seguridad SSL y TLS.

- **Desventajas**

- Falta de integración
- Posee formatos de configuración NO estándar.
- No posee un buen panel de configuración

3.5 Metodología del proyecto

La metodología que se usara para este proyecto es los diagramas de procesos y casos de uso para poder realizar un correcto levantamiento de información además se usara Open Source para el desarrollo del aplicativo y para la base de datos

3.5.1 El patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador (MVC)

El patrón de arquitectura MVC (Modelo Vista Controlador) es quien define la organización independiente del Modelo, la Vista y el Controlador (Figura 3.2). De manera genérica, los componentes de MVC se podrían definir de la siguiente manera:

El Modelo: Es la representación de la información con la cual el sistema opera, por lo tanto gestiona todos los accesos a dicha información, como consultas actualización e implementando también los privilegios de acceso que se hayan descrito en las especificaciones de la aplicación.

El Controlador: Responde a eventos e invoca peticiones al 'modelo' cuando este hace alguna solicitud sobre la información. También puede enviar comandos a su 'vista' asociada si se solicita un cambio en la forma en que se

presenta el 'modelo', por lo tanto, se podría decir que el 'controlador' hace de intermediario entre la 'vista' y el 'modelo'.

La Vista: Presenta el 'modelo' (información y lógica de negocio) en un formato adecuado para interactuar usualmente la interfaz de usuario).

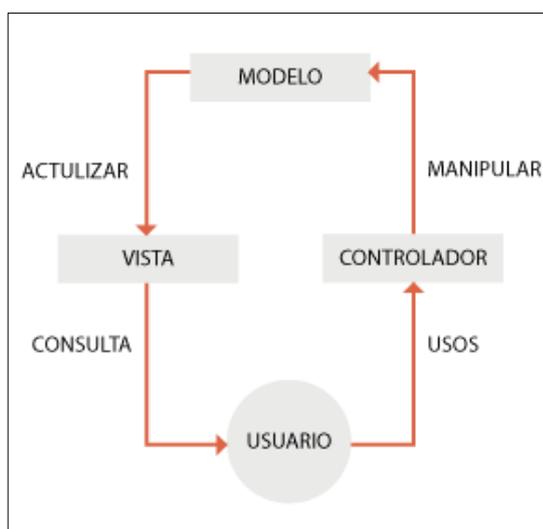


Figura 3.2 Modelo Vista Controlador (MVC)

3.5.2 YII Framework como lenguaje de programación Pre-Procesador Hyper Texto (PHP)

YII es un entorno de trabajo genérico de programación Web que puede ser utilizado para todo tipo de aplicaciones. Debido a que es liviano de correr y está equipado con soluciones de cacheo sofisticadas, es adecuado para desarrollar aplicaciones de gran tráfico como portales, foros, sistemas de administración de contenidos (CMS), comercio electrónico (e-commerce).

3.5.3 Base de Datos

Se define una base de datos como una serie de datos organizados y relacionados entre sí, los cuales son recolectados y explotados por los sistemas de información de una empresa o negocio en particular [24].

Entre las principales características de los sistemas de base de datos podemos mencionar lo siguiente:

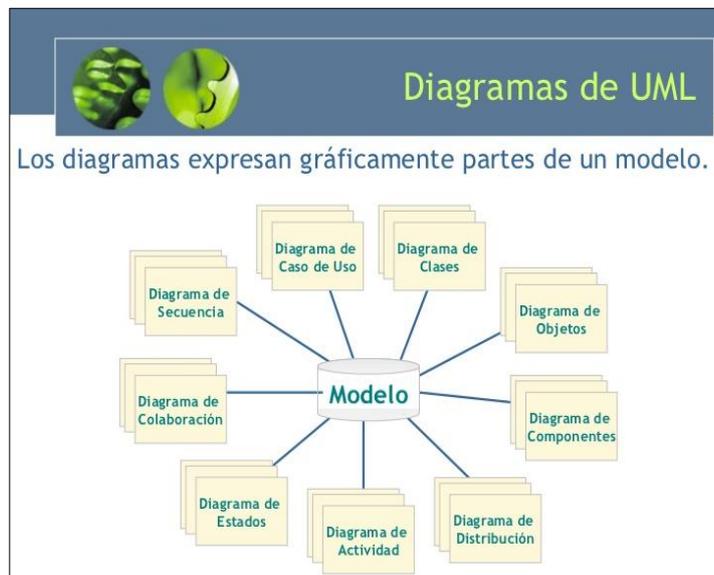
- Independencia lógica y física de los datos.

- Redundancia mínima.
- Acceso concurrente por parte de múltiples usuarios.
- Integridad de los datos.
- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso y auditoría.
- Respaldo y recuperación.
- Acceso a través de lenguajes de programación estándar.

3.6 Lenguaje de modelado unificado (UML)

Se trata de un estándar que se ha adoptado a nivel internacional por numerosos organismos y empresas para crear esquemas, diagramas y documentación relativa a los desarrollos de software (Figura 3.3).

UML es una herramienta propia de personas que tienen conocimientos relativamente avanzados de programación y es frecuentemente usada por analistas funcionales y analistas-programadores.



3.3 Diagrama UML

3.6.1 Diagrama de flujo de procesos

Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso. Los símbolos

gráficos del flujo del proceso están unidos entre sí con flechas que indican la dirección de flujo del proceso.

El diagrama de flujo ofrece una descripción visual de las actividades implicadas en un proceso mostrando la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás, el flujo de la información y los materiales, las ramas en el proceso, la existencia de bucles repetitivos.

3.6.2 Diagrama de casos de uso

Los diagramas de casos de uso son una forma de diagrama de comportamiento UML mejorado. El Lenguaje de Modelado Unificado(UML), define una notación gráfica para representar casos de uso llamada modelo de casos de uso tal como se puede observar en la figura 3.4. UML no define estándares para que el formato escrito describa los casos de uso, y así mucha gente no entiende que esta notación gráfica define la naturaleza de un caso de uso; sin embargo una notación gráfica puede solo dar una vista general simple de un caso de uso o un conjunto de casos de uso. Los diagramas de casos de uso son a menudo confundidos con los casos de uso. Mientras los dos conceptos están relacionados, los casos de uso son mucho más detallados que los diagramas de casos de uso. En los conceptos se debe detallar más de un caso de uso para poder identificar qué es lo que hace un caso de uso.

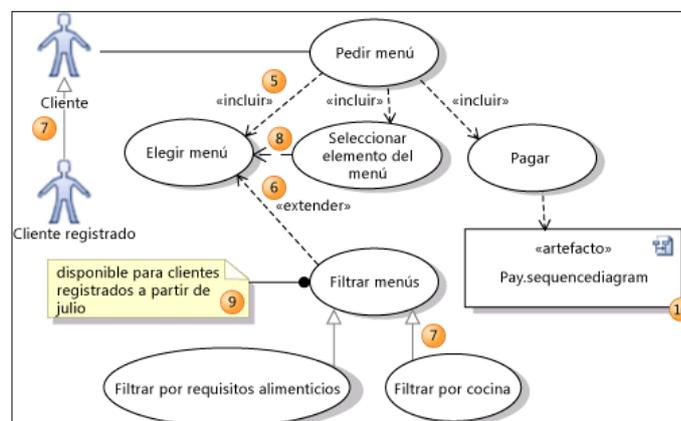


Figura 3.4 Modelo de caso de uso

3.7 WEBRTC

WEBRTC o Comunicaciones Tiempo Real (Web Real-Time Communications) es una API elaborada por la web (World Wide Web Consortium o W3C) para permitir a las aplicaciones del navegador (Google, Mozilla y otros) realizar comunicaciones en tiempo real como son las llamadas de voz, chat de vídeo y uso compartido de archivos P2P sin plugins (Figura 3.5). Utiliza el códec VP8 para video y opus para audio, además de otras tecnologías que permiten sincronizar las conexiones. Es una funcionalidad que se halla dentro del propio navegador, y por ello, cuenta con ventajas respecto de la seguridad, estabilidad y rendimiento [25].

WEBRTC utiliza un servidor denominado Servidor de Conferencias Web que en conjunto con un Servidor STUN es requerido para proveer la página inicial y sincronizar las conexiones entre dos nodos WEBRTC.



Figura 3.5 WEBRTC

3.8 Visor de imágenes médicas

Un visor de imágenes médicas es una aplicación informática que permite mostrar imágenes digitales guardadas en un disco local o remotamente, asimismo puede manejar varios formatos de imágenes. Este tipo de software dibuja la imagen de acuerdo a las propiedades disponibles de la pantalla tales como profundidad de color y resolución de pantalla.

3.8.1 Estándar DICOM

El estándar DICOM fue creado en 1983 por un comité norteamericano formado por el Colegio Americano de Radiología (American College Of Radiology o ACR) y por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (National Eletrical Manufacturers Association o NEMA), el estándar DICOM es un conjunto de normas que convierte la comunicación y el almacenamiento de las informaciones médicas en un formato electrónico único, estructurado en un protocolo. Con esos protocolos las informaciones asociadas a las imágenes generadas por equipamientos de tomografías, resonancias magnéticas, radiografías pueden intercambiarse.

DICOM describe el formato de archivos y la especificación de los datos primordiales de un paciente en la imagen así como el encabezado requeridos, describiendo un lenguaje común a distintos sistemas médicos. De esta forma las imágenes vienen acompañadas de mediciones, cálculos e información descriptiva relevante para diagnósticos. Utiliza archivos con extensión .dcm. Además busca facilitar el desarrollo y expansión de los sistemas PACS (sistema que permite el almacenamiento y comunicación de imágenes generadas por equipamientos médicos). Poder compartir información es otra ventaja del estándar DICOM [26].

Formato de un archivo DICOM

Un solo archivo de DICOM contiene una cabecera que almacena la información sobre el nombre del paciente, el tipo de exploración, imagen dimensiona, etc. así como todos los datos de la imagen que pueden contener la información en tres dimensiones. El formato genérico del archivo de DICOM consiste en dos partes: Cabecera (Header) seguido inmediatamente por un Cuerpo de datos (Data Set) de DICOM. El Data Set de DICOM contiene la imagen o las imágenes especificadas. La cabecera contiene sintaxis de transferencia UID (identificador único) que especifica la codificación y la compresión del Data Set (Figura 3.6) [26].

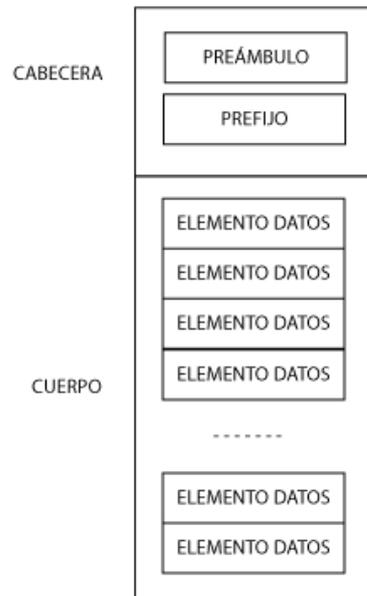


Figura 3.6 Estructura de un Archivo DICOM

3.8.2 Visores de Imágenes DICOM

Con el desarrollo de la tecnología cada vez es más posible utilizar equipos de visualización multimedia (como ordenadores portátiles, tabletas y teléfonos móviles) para mostrar imágenes de grado médico. Muchos de estos dispositivos cumplen con criterios de calidad médicos mínimos para visualización de estudios en formato DICOM, A continuación se presenta una lista de los programas que cumplen con estas funciones

Osirix: Visor para plataformas Mac Os e iOS con un gran rendimiento de carga y procesado de imágenes; así como una interfaz bastante intuitiva Osirix es probablemente la mejor opción para usuarios de productos Apple (Figura 3.7).

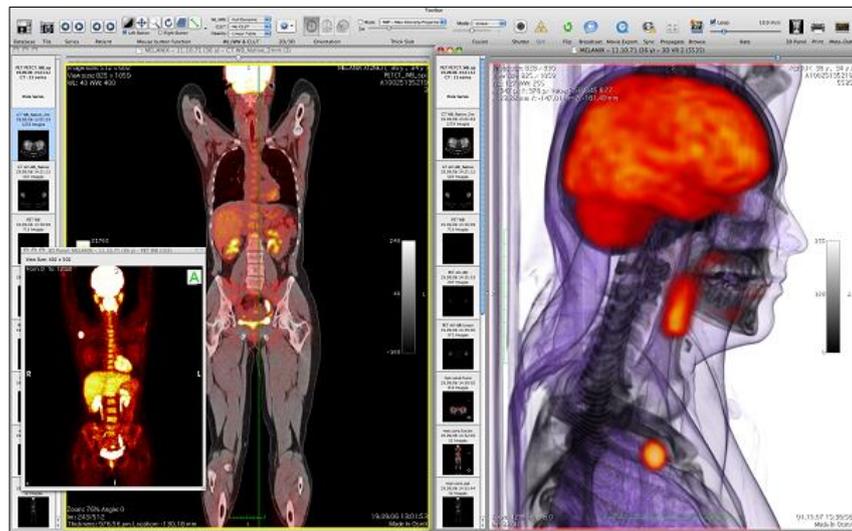


Figura 3.7 visor Osirix

Dicompyler: Visualizador especializado en radioterapia. Aunque puede cargar cualquier tipo de imagen DICOM; Disponible para las plataformas Linux, Mac y Windows. Es completamente gratuito y de código abierto (Figura 3.8).

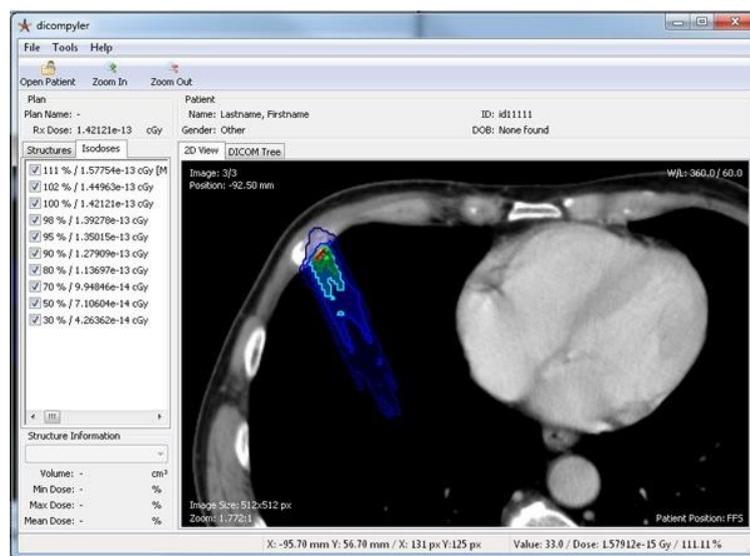


Figura 3.8 Visor Dicompyler

MicroDicom: Permite modificar y conservar las propiedades del archivo original. Es totalmente gratuito y accesible para cualquier persona con un sistema operativo Windows (Figura 3.9).

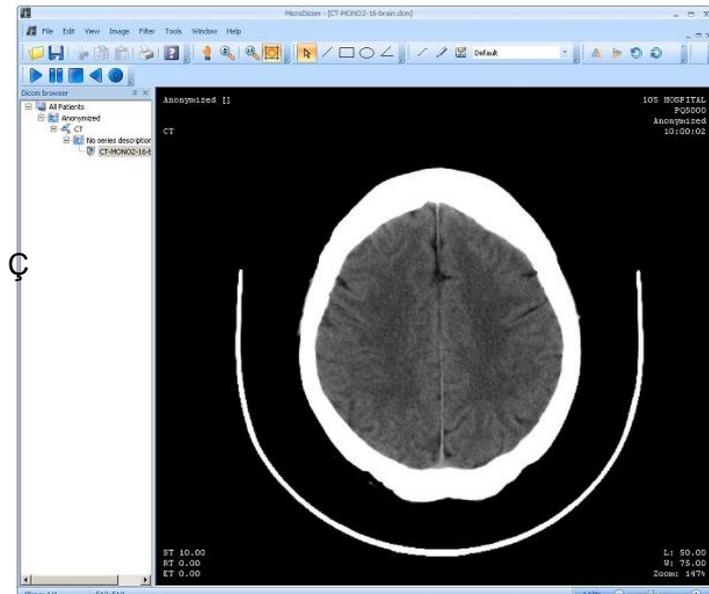


Figura 3.9 Visor MicroDicom

RadiAnt: Cumple con todas las funciones básicas de un visualizador especializado (Figura 3.10).

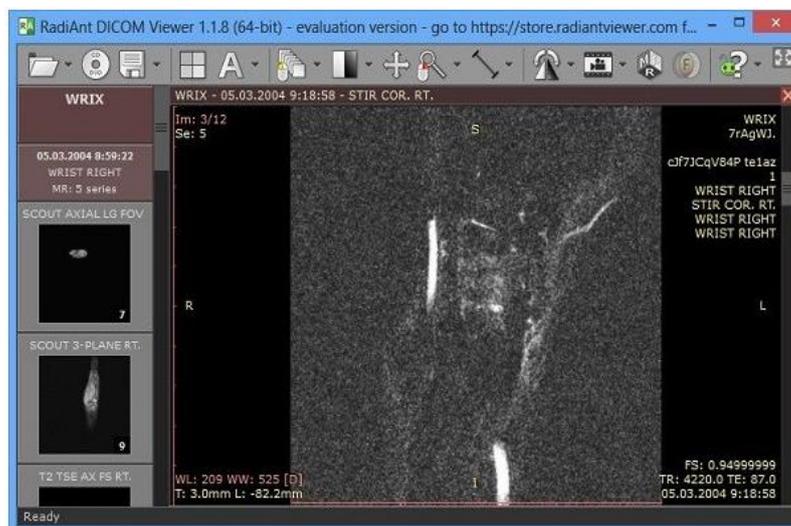


Figura 3.10 Visor RadiAnt

Open DicomViewer: Compatible con Windows, Linux y Mac Os. De código abierto y con un rendimiento muy alto. Es el más básico de las cinco

opciones. Permite visualizar reportes en PDF incrustados en archivos DICOM (Figura 3.11).

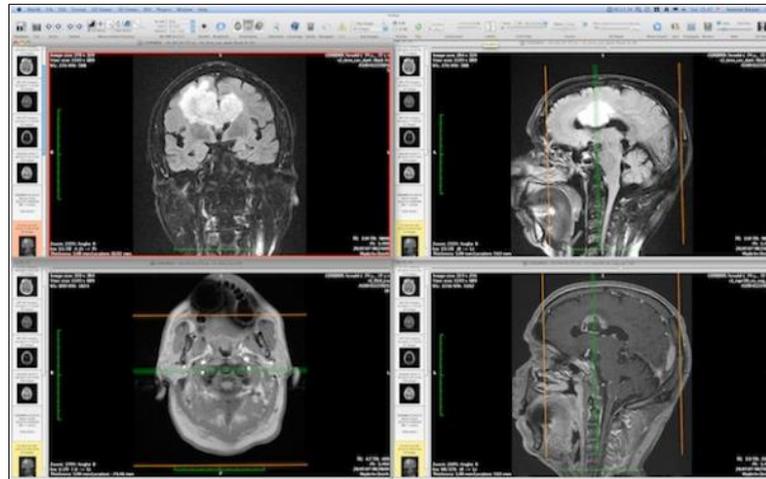


Figura 3.11 Open DicomViewer

CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DEL SISTEMA VLC Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL REPOSITORIO DIGITAL PARA EL ÁREA DE TELEMEDICINA

En este capítulo se va desarrollar la implementación del sistema VLC utilizando un de modelo de propagación de trazo de rayos así también como el desarrollo del aplicativo para integrar el sistema.

4.1 Arquitectura del Sistema VLC

La arquitectura del sistema VLC se basa en tres componentes fundamentales:

- Emisor: Está formado por un conjunto de LEDS los cuales emiten la luz
- Receptor: Es el dispositivo que permite convertir luz-eléctrica.
- Canal: Es el medio por donde se envían y reciben la información

4.1.1 Diseño de la arquitectura de la Red

La arquitectura de red permite ahorrar costos para desarrollar e implementar un conjunto coordinado de productos que se puedan interconectar. La arquitectura es un plan con el que se conectan los protocolos y otros programas de software. Estos son beneficiosos tanto para los usuarios de la red como para los proveedores de hardware y software.

Para realizar el diseño de la arquitectura de red se tomó en consideración el tamaño de los archivos digitalizados por los diferentes equipos médicos, basándose en el levantamiento dela información que facilitó el personal de EOS (Ecuador Overseas). La propuesta del diseño se lo realizó de manera lógica creando VLANS para poder evitar los dominios de colisión y así también la selección de equipos que puedan soportar al tráfico de red y evitar el congestionamiento en toda la red.

Además, se determinaron parámetros necesarios para una red convergente con niveles de servicio eficiente que contemplen seguridad y calidad de servicio. La Tabla 5 presenta el tamaño de los archivos de acuerdo a la resolución de la imagen tomada.

| Equipos Médicos | | | |
|-----------------|---------------------------|------------|-----------|
| # | Equipo | Resolución | Tamaño MB |
| 1 | RX (Torax) | 4096X4096 | 32 |
| 2 | RX Digital | 2048X2560 | 10 |
| 3 | Ecografía | 256X256 | 0,06 |
| 4 | Eco Doppler | 512X512 | 0,3 |
| 5 | Eco Color | 512X512 | 0,3 |
| 6 | Tomografía (TAC) | 512X512 | 0,5 |
| 7 | Resonancia Magnética (RM) | 512X512 | 0,3 |
| 8 | Angiografía | 1024X1024 | 5 |

Tabla 5. Tamaño de los archivos

Cabe mencionar que el tamaño total del archivo depende de la cantidad de imágenes que desea tomar el radiólogo, como por ejemplo, si una tomografía necesita 50 imágenes, el cálculo será:

$$1 \text{ imagen TAC } 0.5 \text{ MB} * 50 \text{ Imágenes} = 25 \text{ MB}$$

Una vez realizado el cálculo del tamaño de los archivos se procede a crear una red independiente a la del hospital para no afectar el cambio en toda la LAN. Para ello, se procede a la creación de una VLAN para optimizar el tráfico y poder hacer evitar un dominio de colisión que pueda afectar a toda la red del hospital. La Tabla 6 describe VLANs que se van a usar en la diseño de la red.

| RED | 10.1.5.0/24 | | |
|------|---------------|------------|----------------------|
| VLAN | Red | Nº de host | Descripción |
| 100 | 10.1.5.0/27 | 32 | Equipos de Ecografía |
| 200 | 10.1.5.64/27 | 32 | Equipos de Rayos X |
| 300 | 10.1.5.96/27 | 32 | Equipos Varios |
| 400 | 10.1.5.128/28 | 16 | Concentradores |
| 500 | 10.1.5.144/28 | 16 | Equipos LIFI |
| 600 | 10.1.5.160/28 | 16 | Administración-Red |

Tabla 6. Direccionamiento del sistema LI-FI

La Figura 4.1 muestra la topología red que se plantea dentro de este proyecto

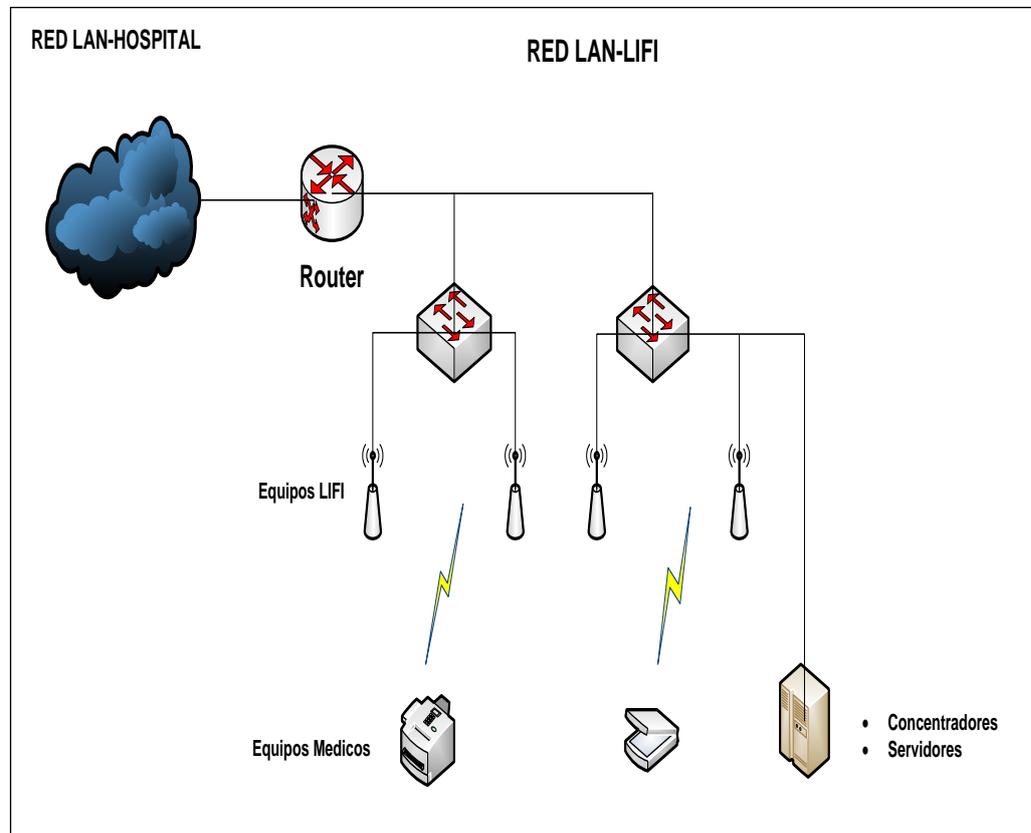


Figura 4.1 Topología de la Red a implementarse

- **Características de la arquitectura de red**

Las principales características de la arquitectura de esta red son:

- **Amplia conectividad:** Con este diseño se espera tener una conexión óptima en toda la red, considerando los niveles de seguridad respectivos.
- **Recursos compartidos:** Mediante las arquitecturas de red se pueden compartir recursos, tales como imágenes digitalizadas o bases de datos, para con ello conseguir que la operación de la red sea más eficiente y económica.

- **Administración de datos:** En las arquitecturas de red se considera la administración de los datos y la necesidad de interconectar los diferentes sistemas que posee el sistema VLC.
- **Aplicaciones:** El diseño de esta arquitectura de red sirve para poder tener una comunicación más fluida entre las aplicaciones y el sistema para poder cubrir las necesidades del proyecto.

En base al levantamiento de información y a las necesidades del proyecto se realiza el diseño del sistema, considerando escalabilidad para que pueda haber un crecimiento de la red sin afectar su rendimiento. El hospital posee una red LAN con la cual mantiene a todos sus equipos interconectados entre sí. Con este diseño se colocará una red paralela (Figura 4.1) en la cual estarán conectados los equipos médicos y aquellos referentes al sistema VLC. Con la ayuda de un ruteador de capa de red se podrán interconectar la red del hospital con la red del sistema VLC, quedando así una sola red totalmente escalable.

- **Capacidad del sistema**

El sistema tiene la capacidad de trabajar con velocidades altas de transmisión debido a la utilización de equipos ópticos alámbricos (como por ejemplo fibra óptica), los cuales están entre los 10 Gbps hasta 20 Gbps, y equipos ópticos inalámbricos (como por ejemplo Li-Fi) hasta una tasa aproximada de 42 Mbps simétrica por cada dispositivo además puede soportar hasta 8 usuarios por AP-LIFI y realizar traspaso entre ellos sin perder la comunicación, su velocidad permite que los grandes volúmenes de información pueda transferirse a la SAN (Storage Area Network) de una manera más rápida eficiente. Adicionalmente cuenta con un sistema desarrollado en un entorno web el cual es multiplataforma, es decir, puede ser abierto en cualquier sistema operativo y/o cualquier navegador.

4.1.2 Modelización de propagación en interiores

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas ópticas claramente sufren de fluctuaciones de acuerdo con el margen de enlace, Orientación de los equipos, los obstáculos y Distancia entre dispositivos. Para hacer la

comunicación más confiable, es aconsejable conservar un margen de enlace óptico mayor que el umbral. Sin embargo, al asignar un margen de enlace podría disminuir la distancia potencial entre el transmisor y el receptor. Este paso presenta el compromiso entre distancia y fiabilidad.

Por lo tanto, en un entorno dado, el análisis debe realizarse. Se describen los modelos LOS / DIF, describiendo el margen de enlace y considerando los dispositivos como una caja negra que tiene muy pocas pero características técnicas homogéneas.

El modelo de propagación LOS requiere que el transmisor tenga una visión sin obstrucciones para el receptor. Este modelo se utiliza a menudo para describir sistemas ópticos de comunicación inalámbrica, a saber, conexiones IR. Ayuda a explicar el comportamiento de las señales ópticas. El presente modelo puede aplicarse a cualquier sistema de comunicación inalámbrica óptica que utilice LOS para establecer una conexión entre el transmisor y el receptor.[42]

La aplicación se basa principalmente en el modelo de propagación LOS. La configuración del sistema se presenta en la Figura 4.2 El transmisor, una luz LED que consiste en una matriz de LED, se coloca a una altura dada (H) alineada al techo con una inclinación horizontal de ϕ , manteniendo un enlace inalámbrico directo entre el transmisor y el receptor. El receptor se mueve sobre el plano del terreno; el receptor se monta con una inclinación vertical de $\theta = 0$. La Tabla 7 contiene los parámetros del sistema utilizados para el modelo LOS. [43]

En esta configuración, la potencia incidente recogida en el fotodiodo en el extremo frontal del receptor depende de la potencia transmitida, de la geometría entre la luz transmitida y el receptor, de la atenuación del canal y del modelo receptor.

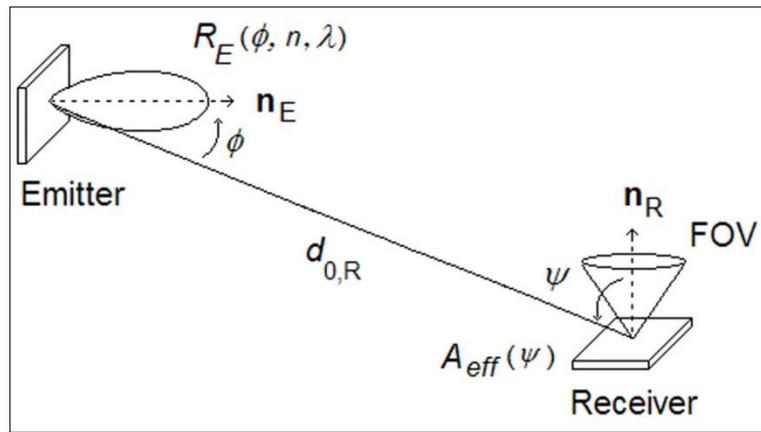


Figura 4.2 Receptor FOV

El modelo de propagación NLOS ofrecen un área de cobertura mayor y una excelente movilidad y sin necesidad de alineación precisa o un mecanismo de seguimiento. Este tipo de enlace proporciona una pérdida de trayectoria inferior, ISI inferior y mayor ancho de banda de transmisión, emplean transmisores y receptores de ángulo ancho son más convenientes de usar, particularmente para móviles terminales tal como se observa en la Figura 4.3. En comparación con el LOS transmisión, los enlaces NLOS ofrecen un área de cobertura mayor y una excelente movilidad y sin necesidad de alineación precisa o un mecanismo de seguimiento, Los LED están siendo ampliamente utilizados como fuentes en shortrange enlaces internos OWC para redes de área local (LAN).

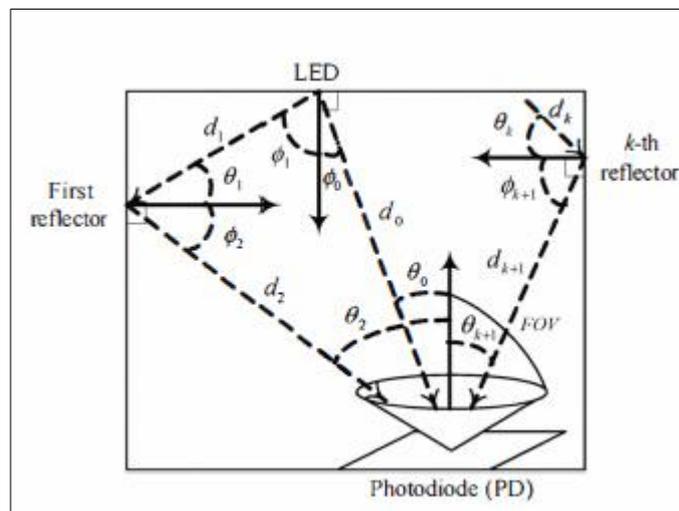


Figura 4.3 Modelo de propagación N-LOS

| Parámetros | Símbolo |
|---|---|
| Distancia entre el transmisor LED y el receptor (fotodiodo) | D |
| Distancia de movimiento del receptor | X |
| Altura del transmisor LED | H |
| Ángulo de irradiación | Φ |
| Vertical inclination of the receiver | $0=0^\circ$ |
| FOV del receptor | $0^\circ \leq \text{FOV} \leq 90^\circ$ |
| Angle of incidence | Φ |

Tabla 7 Parámetros de propagación LOS

- **Elaboración de modelo de propagación**

Para la elaboración de los modelos de propagación fue considerado NLOS ya que con estos, se pueden modelar como la tecnología LIFI se comporta en ambientes de interiores tomando como escenario el cuarto de tomógrafo de un hospital, a continuación se describe las funciones matemáticas que son usadas para la elaboración del modelo NLOS:

Para describir el poder de la luz reflejada para el VLC, proponemos un método que incluye tanto el SPD (Spectral Power Distribution) de una fuente óptica y la reflectancia espectral de un reflector. El PDP (power delay profile) debido a múltiples rebotes es:

$$h(t) = \sum_{k=0}^{\infty} h^{(k)}(t), \quad (4.1)$$

Donde $h^{(k)}(t)$ es una respuesta de impulso después de k rebotes:

$$h^{(k)}(t) = \int_S \left[L_1 L_2 \cdots L_{k+1} \Gamma^{(k)} \text{rect} \left(\frac{\theta_{k+1}}{FOV} \right) \times \delta \left(t - \frac{d_1 + d_2 + \cdots + d_{k+1}}{c} \right) \right] dA_{\text{ref}} \quad k \geq 1, \quad (4.2)$$

Donde

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \frac{A_{\text{ref}}(m+1) \cos^m \phi_1 \cos \theta_1}{2\pi d_1^2}, \\
 L_2 &= \frac{A_{\text{ref}} \cos \phi_2 \cos \theta_2}{\pi d_2^2}, \\
 L_{k+1} &= \frac{A_{\text{PD}} \cos \phi_{k+1} \cos \theta_{k+1}}{\pi d_{k+1}^2}
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

Representan términos de pérdida de ruta para cada ruta. La integración en (2) se realiza con respecto a la superficie S de todos los reflectores, y A_{ref} es el área del elemento reflectante.

El modo número de un lóbulo de radiación $m = -1/\log_2(\cos \phi_{1/2})$ (4.4) es una medida de la directividad del haz de luz, y relacionada con el ángulo de visión ($2\phi_{1/2}$) de un LED.

Los ángulos de irradiación y la incidencia se escriben por ϕ_k y θ_k respectivamente, y d_k es la distancia entre la fuente y el destino como se muestra en la figura 4.3. El fotodiodo detecta luz cuyo ángulo de incidencia es menor que el campo de visión (FOV).

- **Estudio de Cobertura de la Tecnología Li-Fi**

El estudio de la cobertura de la tecnología Li-Fi se realiza con los conceptos básicos de iluminación los cuales se describen a continuación:

Flujo luminoso: cantidad de luz que emite una fuente en todas las direcciones.

Símbolo: ϕ (Phi)

Unidad de medida: LUMEN (Lm)

Luminancia o iluminación: Se define como el nivel de iluminación de una superficie de un metro cuadrado cuando sobre ella incide, uniformemente repartido.

Símbolo: E

Unidad de medida: LUX (lux = lumen/m²)

Intensidad Luminosa: La intensidad luminosa de una fuente de luz sólo se puede expresar referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido

Símbolo: I

Unidad de Medida: Candela (cd)

Luminancia: O brillo fotométrico, es la magnitud que sirve para expresar el brillo de las fuentes de luz o de los objetos iluminados y es la que determina la sensación visual producida por dichos objetos

Símbolo: L

Unidad de medida: Candela por metro cuadrado (cd/m²)

Adicionalmente se debe conocer las siguientes leyes que son indispensables para realizar diversos cálculos.

Ley inversa de los cuadrados

La Figura 4.4 muestra un esquema que indica que la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que existe entre la fuente de luz y la superficie que está iluminada.

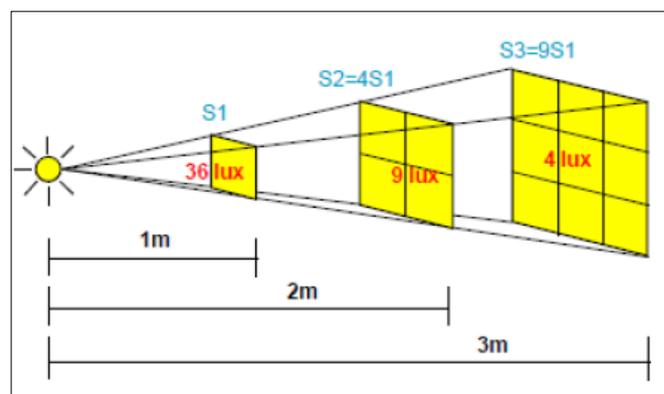


Figura 4.4 Ley inversa de los cuadrados.

Esta expresada por la siguiente fórmula:

$$E = I/D^2, \text{ donde}$$

E: Luminancia.

I: Intensidad luminosa.

D: Distancia entre la fuente de la luz y la superficie iluminada

Ley del coseno

La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidente (ángulo formado por la trayectoria del rayo incidente y la normal a la superficie en el punto de incidencia P) como se muestra la Figura 4.5.

Su relación se expresa mediante la ecuación $E = (I/D^2) * \cos \alpha$ (4.5)

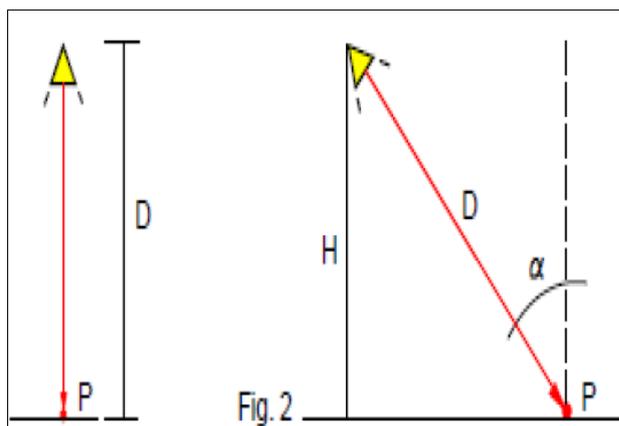


Figura 4.5 Ley del coseno

Iluminancia sobre una superficie.

La luminancia de las paredes depende de dos factores importantes como son la reflectancia de recubrimiento y del nivel de iluminación.

En una luminaria LED viene indicado la cantidad de lúmenes que proporciona este dispositivo y es el flujo luminoso, pero lo que en realidad importa para un análisis es la iluminancia que se puede llegar a tener sobre una superficie definida. En la Figura 4.6 se puede observar ciertos parámetros al incidir la luz en una superficie.

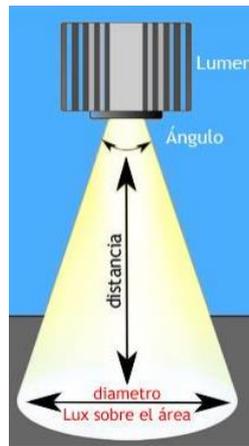


Figura 4.6 Parámetros que intervienen en la iluminación

- **Diseño Arquitectónico del área de estudio**

El área que se va considerar para estudio del sistema VLC es una sala de tomografía del Hospital Universitario de la ciudad de Guayaquil (Figura 4.7), ubicado a la altura de la vía Perimetral. Esta sala cumple con normas mínimas que recomienda el fabricante. El diseño arquitectónico fue facilitado por la empresa Ecuador Overseas.

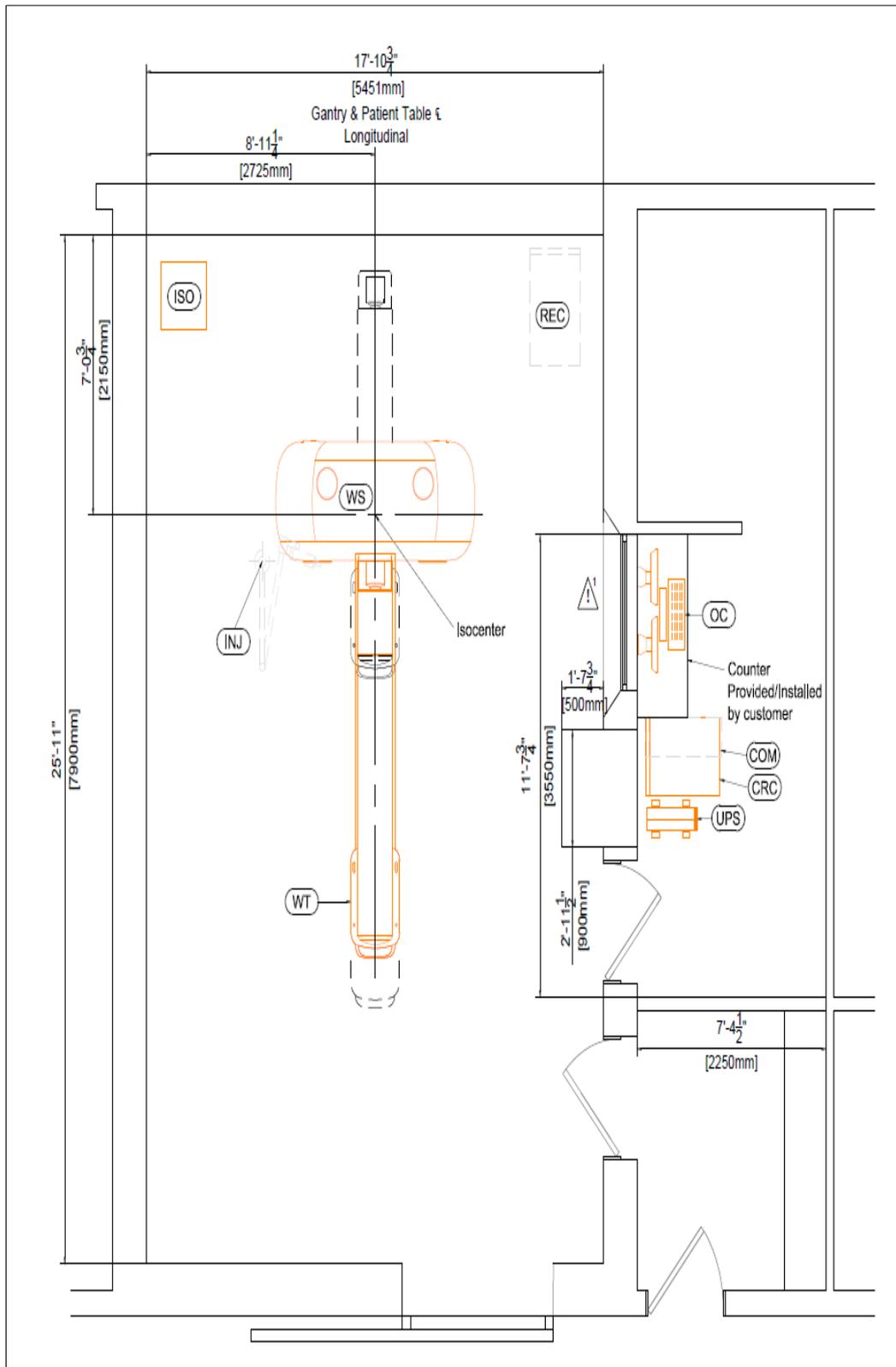


Figura 4.7 Cuarto de Tomógrafo

- **Estudio de cobertura del área donde se implementara LIFI.**

Para el estudio de cobertura en donde se implementará LIFI fue considerada el área de tomografía con su respectivo cuarto de control, ya que este equipo es el que más imágenes digitaliza, por ende, sus archivos poseen mayor tamaño de información que otros.

En estos ambientes es donde existe mayor concentración de equipos con sus respectivos accesorios, siendo estos considerados como obstáculos al momento de la propagación de la luz visible.

- **Herramientas utilizadas para el estudio**

Para poder desarrollar el sistema LIFI se tuvo que emplear las siguientes herramientas:

MatLab esta herramienta fue utilizada para diseñar el modelo de propagación del sistema.

- **Pérdidas por obstáculos**

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, su comportamiento varía según sea la superficie y constitución de dicho cuerpo y la inclinación de los rayos incidentes da como resultado las propiedades de la óptica de luz:

Absorción

Al incidir un rayo de luz visible sobre una superficie negra, mate y opaca, es absorbido prácticamente en su totalidad, por lo cual se puede optar por la ley de Beer-Lambert, siendo esta una relación empírica entre la absorción de luz con las propiedades del material atravesado.

Reflexión

No todos los cuerpos se comportan de la misma manera frente a la luz que les llega por dicho motivo existe diferentes tipos de reflexión:

- **Reflexión especular**

Reflexión de la luz en una superficie pulida en la que a cada rayo incidente corresponde sólo uno reflejado que la abandona según el mismo ángulo (Figura 4.8).

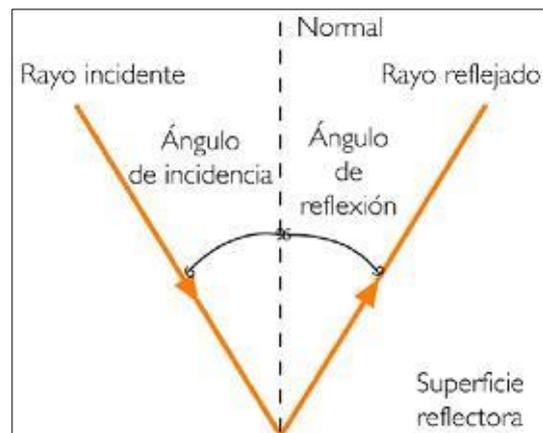


Figura 4.8 Reflexión especular

- **Reflexión difusa**

Es la reflexión de la luz desde una superficie, de tal forma que un rayo incidente es reflejado en muchos ángulos, en vez de solamente en un ángulo (Figura 4.9).

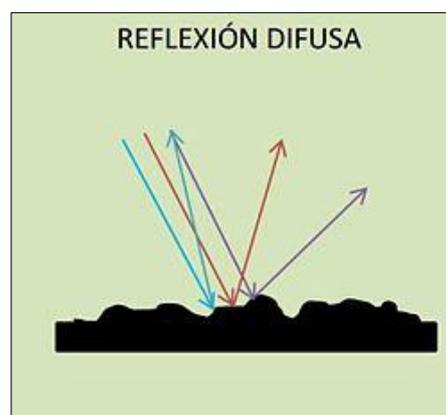


Figura 4.9 Reflexión Difusa

Refracción

Refracción luminosa al cambio que experimenta la dirección de propagación de la luz cuando atraviesa oblicuamente la superficie de separación de dos medios transparentes de distinta naturaleza. Teniendo dos leyes que predominan este fenómeno:

Primera Ley.- El rayo incidente, la normal y el rayo refractado se encuentran en el mismo plano.

Segunda Ley (ley de Snell).- Los senos de los ángulos de incidencia e_1 y de refracción e_2 son directamente proporcionales a las velocidades de propagación v_1 y v_2 de la luz en los respectivos medios. Esta relación se expresa mediante la ecuación:

$$\frac{\text{sen } e_1}{\text{sen } e_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (4.4)$$

Dispersión

Se produce cuando un rayo de luz compuesta se refracta en algún medio quedando separados sus colores constituyentes. La causa de que se produzca la dispersión es que el índice de refracción disminuye cuando aumenta la longitud de onda, de modo que las longitudes de onda más largas (rojo) se desvían menos que las cortas (azul) tal como se muestra en la Figura 4.10

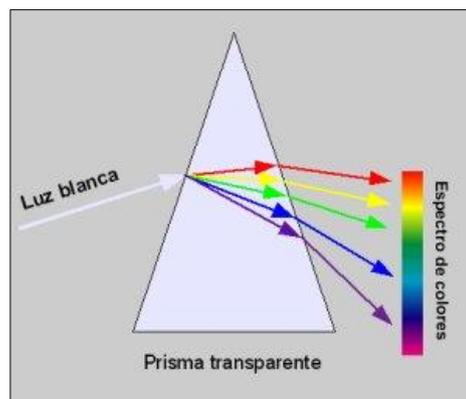


Figura 4.10 Dispersión

Difracción

La difracción de la luz es la curvatura de las ondas de luz alrededor de un objeto. La cantidad de luz difractada, o que cambia de dirección, depende del tamaño de un objeto (Figura 4.10). Por tanto, la difracción hace que la luz ya no se concentre en un punto preciso, sino que se va a dispersar formando lo que se conoce como un disco de Airy, que no es más que la representación de esa deformación de la onda que veíamos en la Figura 4.11, tal y como se proyectaría sobre el plano (el sensor de la cámara en este caso) perpendicular a su dirección de avance.

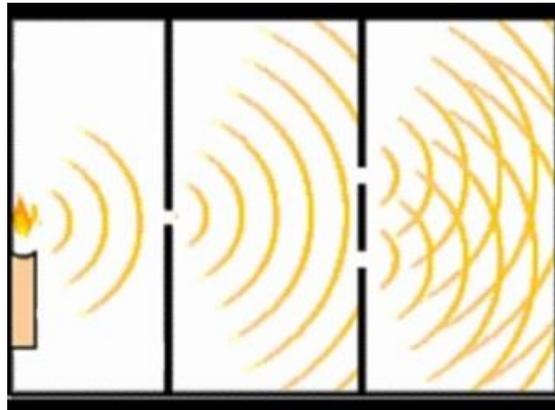


Figura 4.11 Difracción

- **Interferencias**

La interferencia se manifiesta cuando dos o más ondas se combinan porque coinciden en el mismo lugar del espacio. Cada onda tiene sus crestas y sus valles, de manera que al coincidir en un momento dado se suman sus efectos. Es frecuente que la interferencia se lleva a cabo entre una onda y su propio reflejo. Existen dos tipos de interferencia:

Interferencia constructiva: Cuando dos ondas interfieren en los puntos en que coinciden las dos crestas se dice que hay interferencia constructiva. En estos puntos se suman las amplitudes de las ondas.

Interferencia destructiva: Al coincidir dos ondas, en los puntos donde coincide una cresta de una onda con un valle de la otra onda, se dice que hay interferencia destructiva. Las amplitudes en este caso se restan y pueden anularse por completo.

La luz visible está formada por ondas electromagnéticas que pueden interferir entre sí. La interferencia de ondas de luz causa. La luz blanca está compuesta por ondas de luz de distintas longitudes de onda. Las ondas de luz reflejadas en la superficie interior de la burbuja interfieren con las ondas de esa misma longitud reflejadas en la superficie exterior. En algunas de las longitudes de onda, la interferencia es constructiva, y en otra destructiva.

- **Validación de la modelización**

Para realizar la validación del modelo de propagación NLOS se toman datos en base al datasheet de los equipos LIFI que se describen en el punto 4.2, así también como área de referencia, FOV del receptor y las posiciones de los puntos de reflectancia y del receptor, utilizando para los cálculos las fórmulas que se menciona en el punto 4.1.2.

A continuación se adjunta la tabla 8 en donde se describe los datos obtenidos

Tabla de datos del modelo de propagación NLOS

| Led1 | | | Reflector 1 | | | Reflector 2 | | | Receptor | | | Potencia |
|------|------|---|-------------|------|------|-------------|------|------|----------|------|------|----------|
| x | y | z | x | Y | z | x | y | z | x | y | Z | |
| 1.44 | 1.33 | 3 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.35 | 1.85 | 1.25 | 1 | 1.6 | 1 | -74,22 |
| 1.44 | 1.33 | 3 | 2 | 2.3 | 1.75 | 2.75 | 2 | 1 | 2.25 | 2.1 | 0.8 | -80 |
| 1.44 | 1.33 | 3 | 0.5 | 1 | 0.10 | 1 | 1.75 | 1 | 0.75 | 1.30 | 0.5 | -36,9 |
| Led2 | | | Reflector 1 | | | Reflector 2 | | | Receptor | | | Potencia |
| x | y | z | x | Y | z | x | y | z | x | y | z | |
| 4.32 | 1.33 | 3 | 2.93 | 1 | 2 | 3.25 | 1.4 | 1.5 | 3 | 1.3 | 1.75 | -20,29 |
| 4.32 | 1.33 | 3 | 4.50 | 2 | 0.75 | 5.75 | 2.5 | 1.85 | 5 | 2.4 | 1 | -51,31 |
| 4.32 | 1.33 | 3 | 3 | 1.5 | 1.5 | 4.5 | 2 | 1.90 | 3.9 | 1.75 | 1.60 | -156,79 |
| Led3 | | | Reflector 1 | | | Reflector 2 | | | Receptor | | | Potencia |
| x | y | z | x | Y | z | x | y | z | x | y | z | |
| 1.44 | 3.9 | 3 | 1 | 2.90 | 2.5 | 1.75 | 3.1 | 1.6 | 1.5 | 3 | 1.75 | -31,86 |
| 1.44 | 3.9 | 3 | 2.1 | 3.3 | 0.8 | 2.6 | 3.8 | 1.95 | 2.35 | 3.5 | 1 | -54,35 |
| 1.44 | 3.9 | 3 | 0 | 3 | 1 | 1 | 3.89 | 2 | 0.5 | 3.4 | 1.5 | -43,05 |
| Led4 | | | Reflector 1 | | | Reflector 2 | | | Receptor | | | Potencia |
| x | y | z | x | Y | z | x | y | z | x | y | z | |
| 4.32 | 3.9 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4.5 | 4.7 | 2.5 | 3.85 | 4 | 2.4 | -20,73 |
| 4.32 | 3.9 | 3 | 5.75 | 4.5 | 1.9 | 5 | 5.1 | 2.3 | 5.5 | 5 | 2 | -39,16 |
| 4.32 | 3.9 | 3 | 3.5 | 4 | 2 | 4 | 5.5 | 1 | 3.7 | 4.90 | 1.5 | -41,31 |
| Led5 | | | Reflector 1 | | | Reflector 2 | | | Receptor | | | Potencia |
| x | y | z | x | Y | z | x | y | z | x | y | z | |
| 1.44 | 6.5 | 3 | 1 | 5.5 | 1.75 | 2 | 6.3 | 2 | 1.5 | 6 | 1.90 | -128,3 |
| 1.44 | 6.5 | 3 | 2 | 5.75 | 1 | 2.8 | 7 | 2.5 | 2.5 | 6.8 | 1.5 | -42,85 |
| 1.44 | 6.5 | 3 | 0 | 5.75 | 0.5 | 1.6 | 6.7 | 1.8 | 1 | 6 | 1 | -201,3 |
| Led6 | | | Reflector 1 | | | Reflector 2 | | | Receptor | | | Potencia |
| x | y | z | x | Y | z | x | y | z | x | y | z | |
| 4.32 | 6.5 | 3 | 3 | 5.3 | 2.3 | 5 | 6.3 | 1.90 | 4 | 5.9 | 2 | -33,88 |
| 4.32 | 6.5 | 3 | 4 | 6 | 2.8 | 5.1 | 7.3 | 1 | 4.7 | 6.85 | 1.78 | -36,31 |
| 4.32 | 6.5 | 3 | 4.5 | 6 | 1 | 5.5 | 7 | 1.7 | 5 | 6.5 | 1.5 | -30,6 |

Tabla 8 Datos validados del modelo NLOS

4.2 Diseño de la implementación de LIFI

Para realizar el diseño de la implementación debe considerar:

- Cantidad de Led que se debe colocar.
- La capacidad de usuarios puedan acceder al AP-LIFI.

- La tasa de transferencia por usuario
- Control del traspaso entre AP-LIFI
- Cobertura de los AP-LIFI

En base en los puntos descritos anteriormente se toma consideración las características técnicas de los AP-LIFI (luminaria Led) como se la puede observar en la tabla 9 y tabla 11 así mimos el Estación-LIFI como se la puede observar en la tabla 10 los cuales se detallan a continuación

AP-LIFI

| Características Técnicas | |
|--------------------------|--------------------------|
| Color temperatura | 4000 K (Neutral White) |
| Luminous flux | 1800 lm |
| Power consumption | 35W |
| Lighting efficiency | 50 lm/W |
| Intensidad máxima | 1950 cd |
| Vida útil | 50 000 h |
| Voltaje | 230VAC / 115mA / 50-60Hz |
| Angulo | 66 ° |

Tabla 9 Características técnicas

| Conectividad |
|--|
| Velocidad de transmisión bidireccional de 42 Mbps |
| Soporta hasta 8 usuarios por AP-LIFI |
| Soporta POE |
| Soporta Luminaria inter-LIFI |
| Att-cell 2,5 m Altura : 3 m diámetro |
| Att-cell 3 m Altura : 3,5 m diámetro |
| Data Interface: RJ45. |
| WPA2-Personal and Enterprise (802.1X Radius) authentication mechanism. |
| Compatible EnergyWise |
| Proprietary protocol for power management/dimming when EnergyWise unavailable. |

Tabla 10 Conectividad

Estación -LIFI

| Características | |
|--------------------------|--|
| Data interface | USB |
| Power consumption | 2,5W |
| Downlink line rate up to | 42Mbps |
| Uplink line rate up to | 42Mbps |
| Authentication mechanism | WPA2 Personnel et Enterprise (Radius 802.1X) |
| Handover inter-LiFi | Supported |

Tabla 11 Características Estación-LIFI

A continuación, se muestra las figuras de los equipos para el diseño de una red LIFI



Figura 4.12 AP-LIFI



Figura 4.13 Estación -LIFI

Se describe las dimensiones que tienen los cuartos de tomógrafo y del cuarto técnico en donde se colocara los AP-LIFI

Cuarto del tomógrafo

- Largo: 7.90 metros
- Ancho: 5.45 metros
- Altura: 3 metros

Área del cuarto del técnico

- Largo (b): 3,55 metros
- Ancho (a): 2.25 metros
- Altura (y): 3 metros

Mediante la información de las características técnicas del AP-LIFI que indica que una **att-cell** va a tener un diámetro de cobertura de 3,5 metros colocándola a una altura de 3, se puede determinar la cantidad de AP-LIFI que se instalarían por cada cuarto los cuales se describe a continuación:

- Cuarto de Tomógrafo: 6 AP-LIFI
- Cuarto del Técnico: 1 AP-LIFI

4.2.1 Diagrama de bloques del sistema LIFI

Como se observa en la Figura 4.14 se muestra el diagrama de bloque del sistema LIFI en cual se aprecia la secuencia de la transferencia de la información.

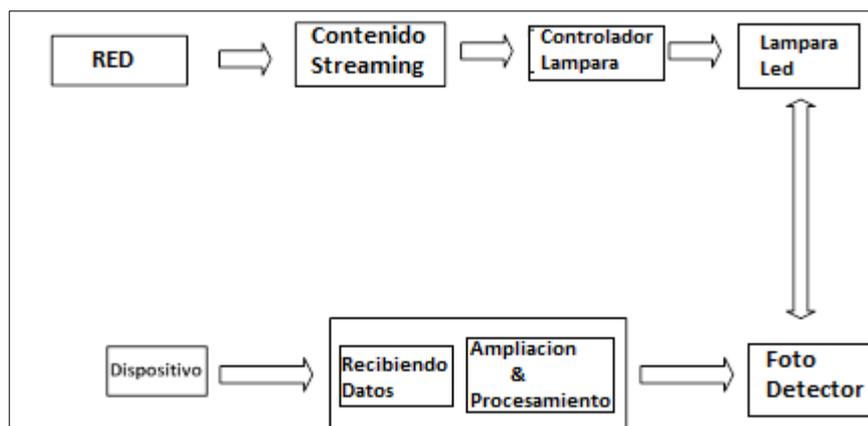


Figura 4.14 Diagrama de bloque de LIFI

4.2.2 Localización de los LEDS

Para localizar los LEDS se toman los datos del ítem 4.2, en donde se puede observar están la cantidad de LEDS que deben ubicarse dentro de las respectivas habitaciones.

Área de Tomografía

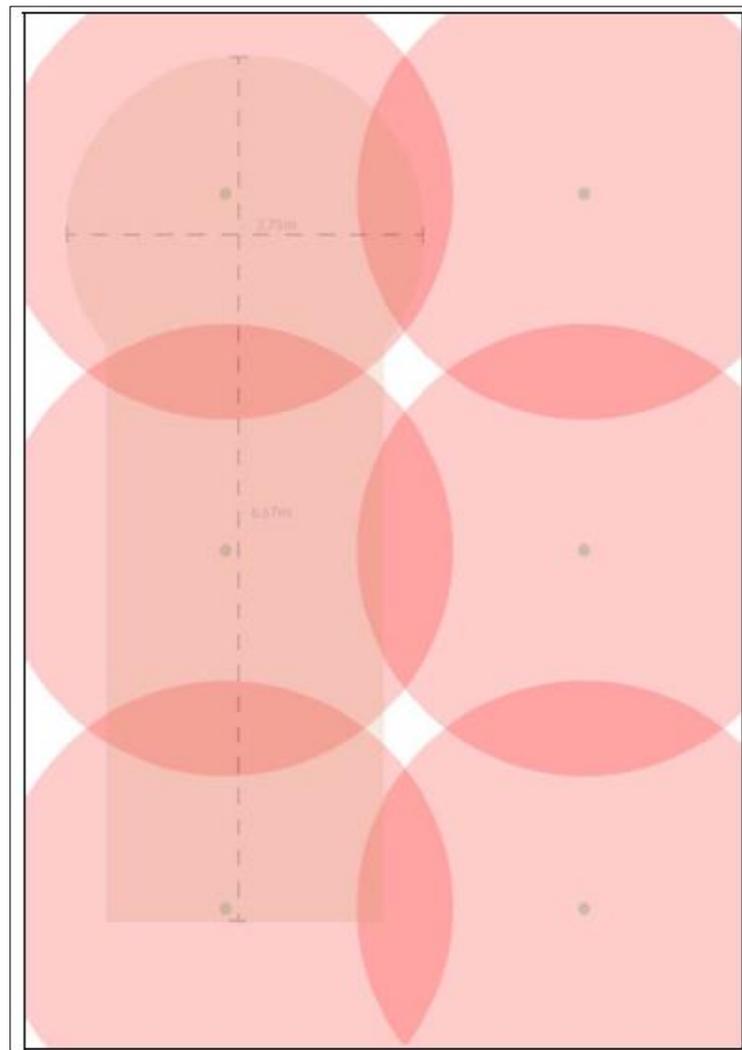


Figura 4.15 Ubicación de led área de Tomografía

Área de la habitación del técnico

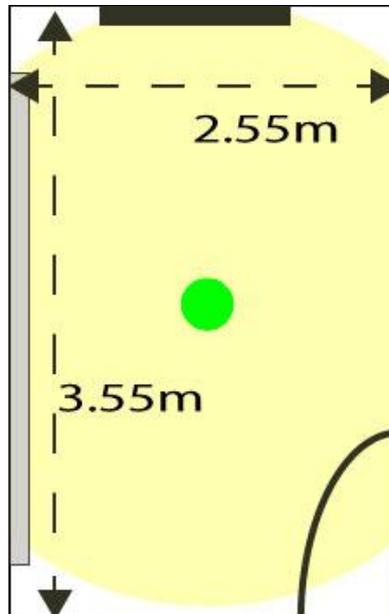


Figura 4.16 Ubicación de LEDs área de la habitación del técnico

4.2.3 Diagrama de bloques interconexión entre el sistema LIFI y el repositorio digital

En la Figura 4.16 se muestra el diagrama de bloque de la interconexión entre el sistema LIFI y el repositorio digital en el cual se aprecia el flujo de como la información se traslada de un punto a otro.

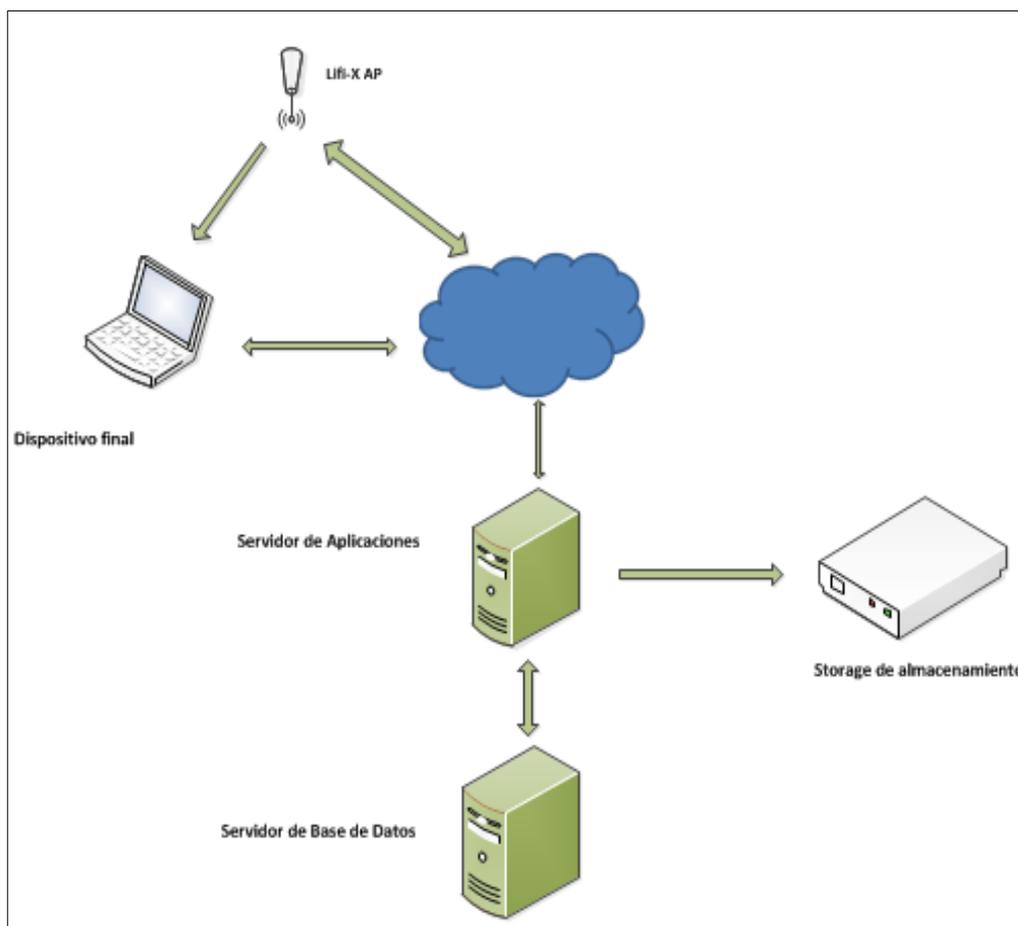


Figura 4.17 Interconexión entre el sistema LIFI y el repositorio digital

4.3 Análisis y diseño del Repositorio Digital

En este capítulo se detalla cómo y dónde nace la idea del presente proyecto, así como las técnicas y metodologías a utilizar para su desarrollo.

4.3.1 Levantamiento de información

En nuestra ciudad existen muchos hospitales que ofrecen servicio de imágenes radiográficas y en su mayoría estas cuentan con equipos de alta tecnología para procesar dichas imágenes en formato digital; pero no todos cuentan con una unidad de almacenamiento o repositorios en donde alojarlas es por eso que siguen utilizando en algunos casos soporte físico para los diferentes estudios.

Por otra parte, es muy común ver como en algunos centros hospitalarios los pacientes tienden a cargar grandes sobres de papel y en su interior una imagen radiográfica que les fue entregada en su última visita al centro de

imágenes del hospital; lo también se puede observar es que muchos las doblaban haciendo que su estado físico e integridad quede en malas condiciones.

También existen muchos pacientes de escasos recursos económicos que hacían lo posible para llegar temprano a la cita con el médico: unos llegaban a tiempo y los que no lo lograban tenían que esperar a que terminen todos los turnos para ver si existe la posibilidad de una atención. Muchos de estos factores se dan debido a que el paciente o bien tiene alguna discapacidad, o vive en las afueras de la ciudad, o no cuenta con la capacidad económica para poder llegar a tiempo al hospital.

4.3.2 Metodología de levantamiento de información

Para el presente trabajo, se utilizó la técnica de la Observación e Investigación Tecnológica

- **Observación**

La recopilación de información se realizó en el Hospital Universitario de la Ciudad de Guayaquil, contando con la autorización del Dr. Romero. Durante la visita se notó que algunos pacientes se realizaban estudios radiográficos, y otros a su vez cargaban sus imágenes y las revisaban desconociendo el trato que debería tener cada una de estas, esto es, con el manoseo constante de la misma ésta pueda maltratarse dando a efecto a que el médico tratante no pueda dar un diagnóstico objetivo al momento de revisarla.

Otros de los problemas que se observaron es que algunos pacientes cargaban más de una imagen radiográfica en su poder; es decir, que muchos se realizaban los exámenes y no tenían ningún orden ni un histórico que les permite almacenar sin que estas se pierdan.

- **Investigación tecnológica en internet**

La investigación mediante sitios web es considerada un medio de información fundamental, ya que a través de este se ha obtenido mucha

información sobre el uso, tratamiento y el nivel de contaminación para el medio ambiente.

Pero lo más importante es saber que de poco en poco nos vamos adentrando al mundo digital donde nuestra información de imágenes radiográficas pueda ser compartida entre nuestros médicos; a su vez accedida y revisada desde cualquier lugar con el uso del internet.

Por otra parte, almacenar nuestras imágenes radiográficas de forma digital nos permite hacer revisiones indefinidas sin que estas sean maltratadas con el uso de aplicaciones o visores de imágenes médicas.

4.3.3 Análisis de Requerimientos

En vista de que muchos pacientes tienen muchos problemas para poder trasladarse hacia un centro de atención médica, ya sea porque tiene algún grado de discapacidad o porque no tienen la capacidad económica para poder movilizarse; nos hemos visto en la necesidad de crear una aplicación web que les permita hacer la cita médica desde cualquier lugar donde se encuentren, ahora con el uso del internet y un equipo tecnológico (PC, Tablets o dispositivo móvil), se puede realizar una conexión o videoconferencia con el médico especialista y así recibir la atención adecuada del especialista.

Otra de las implementaciones que va a tener nuestro sistema es que va a permitir almacenar en un repositorio digital en la nube todas las imágenes radiográficas de los pacientes; de tal forma que esta esté disponible en cualquier momento o desde cualquier lugar con solo acceder a nuestra aplicación web.

4.3.4 DER (Diagrama Entidad Relación)

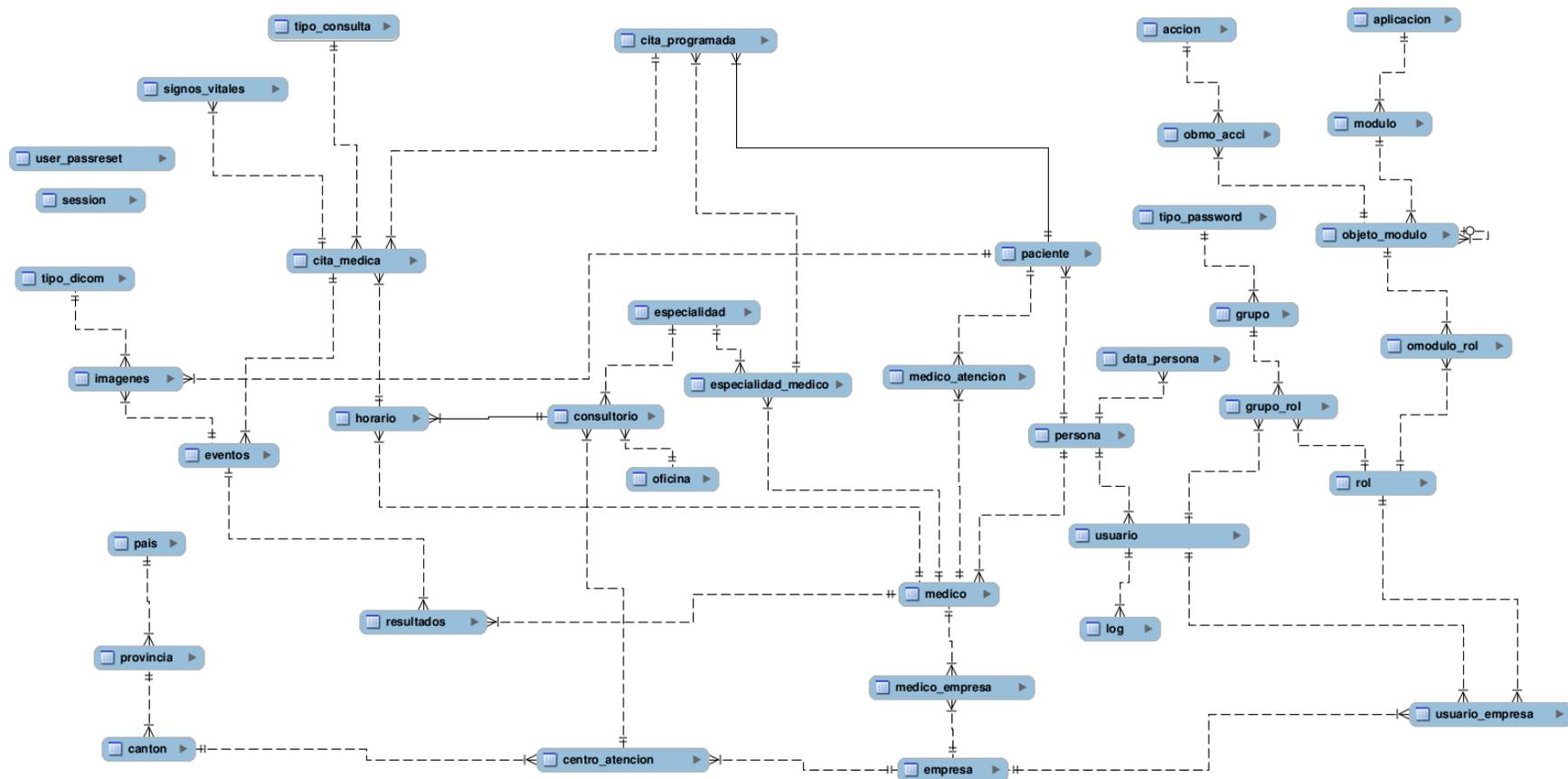


Figura 4.18 Diagrama Entidad Relación

4.3.5 Modelo Conceptual

En nuestro modelo conceptual podemos apreciar de manera lógica como se encuentra estructurada cada una de las tablas, sus campos y el tamaño que tiene cada una de ellas, así como la relación entre sus tablas.

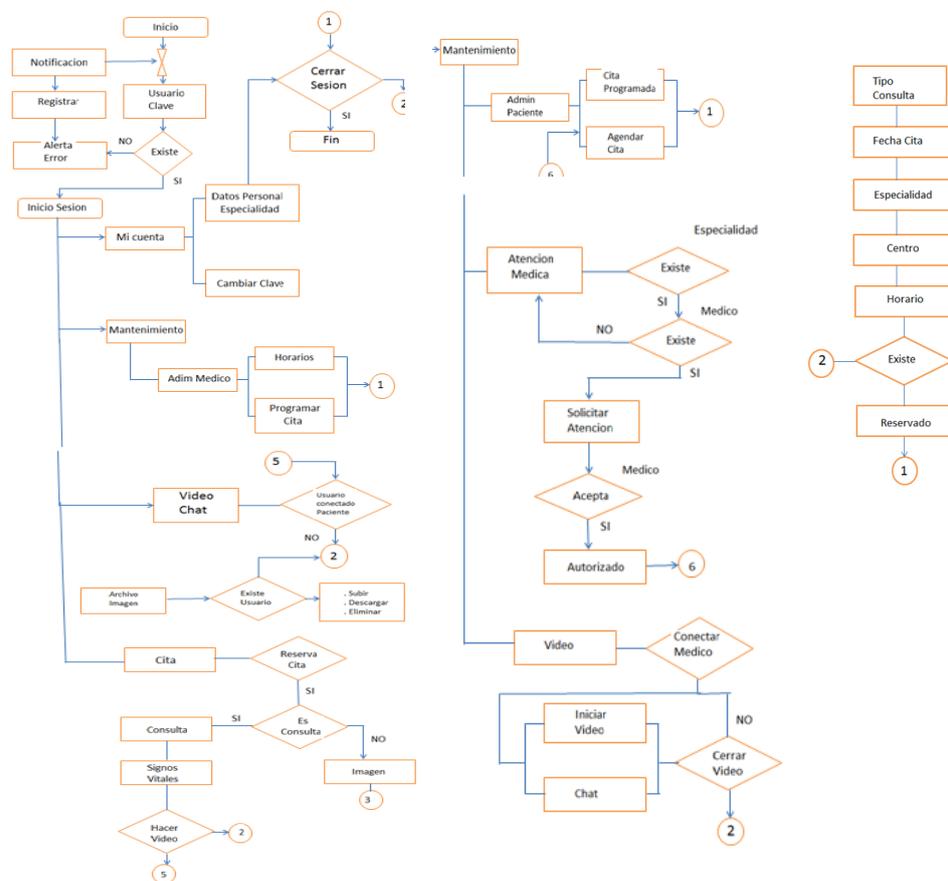
El propósito fundamental de este modelo es proporcionar un marco analítico de sus componentes y la relación que existen entre sus datos, así como su orden lógico y distribuido que tiene al guardar cada información.

Las estructuras de las tablas se pueden observar en los anexos.

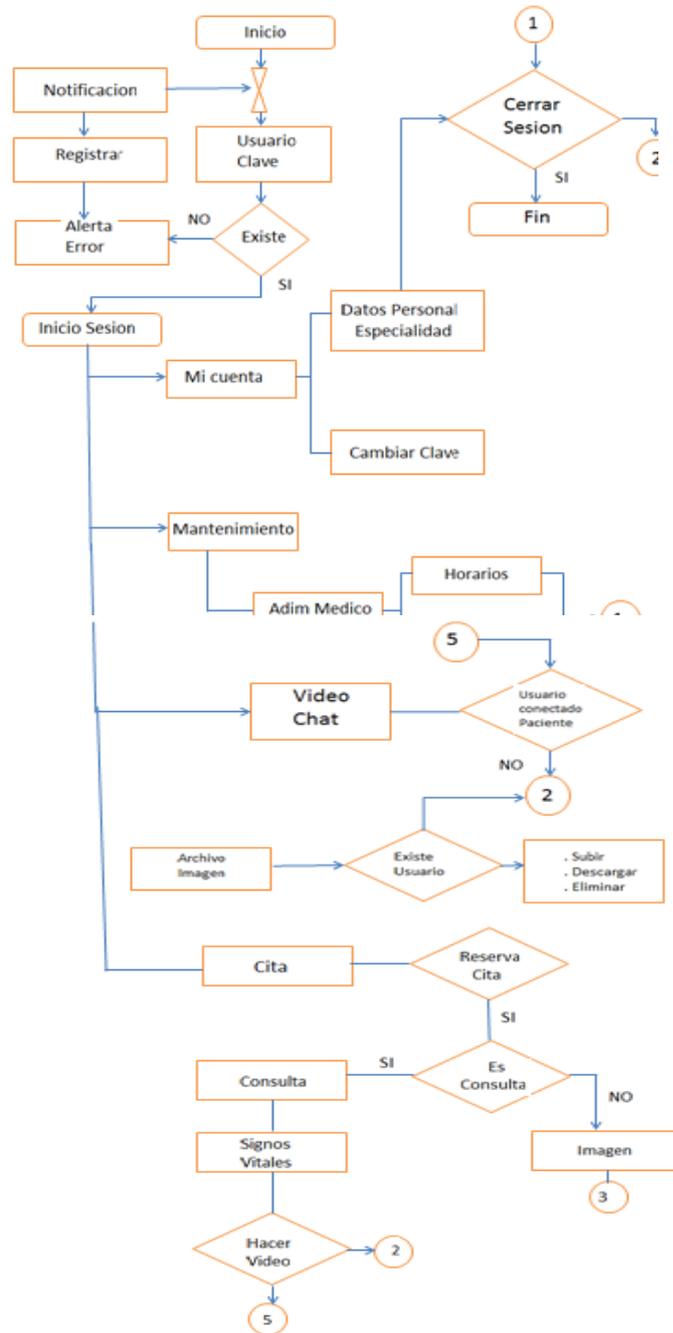
4.3.6 Diagrama de flujo procesos

El diagrama de flujo de procesos es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, secuencias y pasos que suceden durante el ingreso, registros, consultas e impresión de documentos que permite realizar nuestro portal.

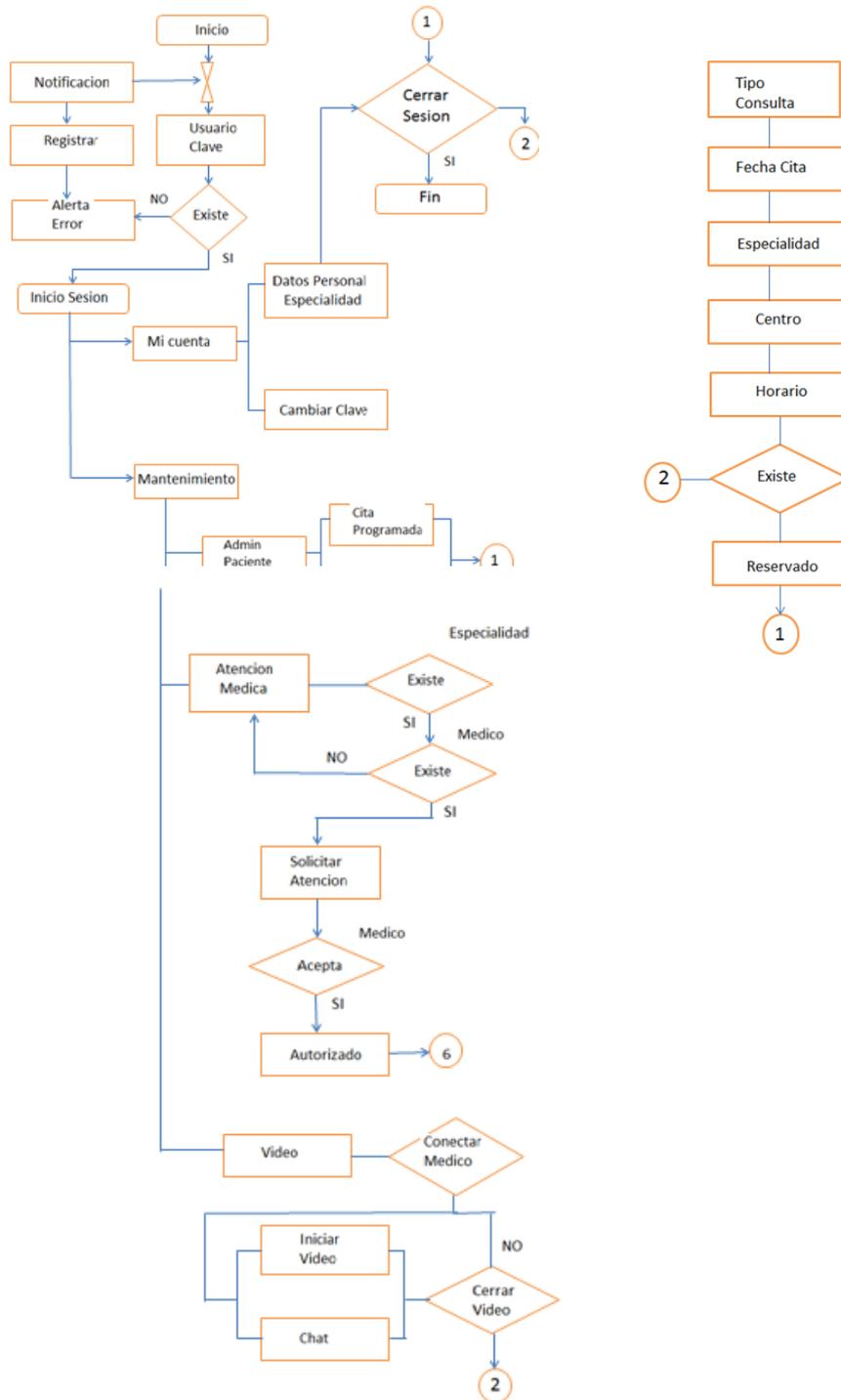
Procesos del portal web Administrador



Procesos del portal web Medico



Procesos del portal web Paciente



4.3.7 Diagrama de flujo casos de uso

Un caso de uso representa una unidad funcional coherente del sistema. Los casos de uso son parte fundamentales del análisis porque ayudan a describir que debe hacer el sistema, desde el punto de vista del usuario. En otras palabras, describen un uso del sistema y cómo este interactúa con el usuario. Los actores identificados para el desarrollo de los Diagramas de Casos de Uso se los describe desde Tabla 51 hasta la tabla 70 así mismo desde la figura 4.19 hasta la figura 4.26

| ACTOR | DESCRIPCION | PERFIL |
|----------------------|---|--|
| Administrador | El Administrador es el único que puede crear a los médicos y a la vez que también podrá crear pacientes es decir tendrá total control del sistema | El perfil de usuario Administrador es el único que podrá realizar todas las tareas que posee el sistema. Sera una persona capacitada que conozca el sistema. |
| Médico | Los médicos establecerán sus horarios de atención en el centro médico; pero dicho ingreso de horarios los puede realizar el administrador. | Doctor especializado en cualquier campo de la medicina, con conocimientos del manejo de sistema. |
| Paciente | El paciente se registra directamente desde la Web llenando un formulario, y podrá escoger el día para tener la cita online | Cualquier persona que necesite acceder a los servicios que presta el centro médico, y que tenga la capacidad de ingresar al sitio web |

Tabla 51 Descripción de Actores

CASOS DE USO DEL ACTOR: ADMINISTRADOR

Los casos de uso sirven para especificar el comportamiento del sistema RDMI en el módulo de administración son:

- **Caso de uso Autenticar usuario Administrador**



Figura 4.19 Caso de uso Autenticar usuario administrador

| Caso de uso | Autenticar usuario administrador |
|------------------------------|---|
| Descripción | Permite ingresar a RDMI mediante usuario y clave |
| Actores | Administrador |
| Acciones Básicas | 1. Conectar al sistema RDMI 2. Ingresar usuario y clave |
| Acciones alternativas | Si el usuario y clave son incorrectos, el sistema muestra un mensaje de error |
| Post condición | El sistema permite el acceso al sistema de administración |

Tabla 52 Caso de Uso Módulo Administración: Autenticar usuario Administrador

| Caso de uso | Cambiar password administrador |
|-----------------------|--|
| Descripción | Permite cambiar el password del administrador |
| Actores | Administrador |
| Acciones Básicas | 1. Conectar al sistema RDMI 2. Cambiar password |
| Acciones alternativas | Si el usuario y clave son incorrectos, el sistema muestra un mensaje de error |
| Post condición | El sistema procesa el cambio de password y Permite acceso al sistema de administración |

Tabla 53 Caso de Uso Módulo Administración: Cambiar password administrador.

- **Caso de uso Gestionar Especialidad Médica**

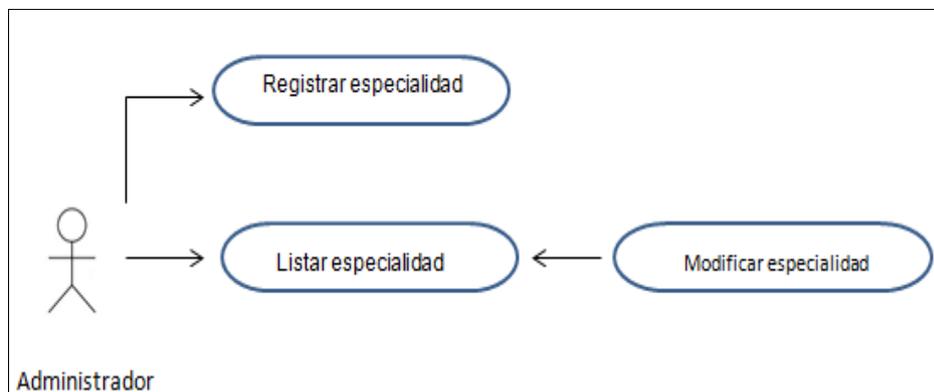


Figura 4.20. Caso de uso Gestionar Especialidad Médica

| Caso de uso | Registrar especialidad médica |
|------------------------------|--|
| Descripción | Permite ingresar una nueva especialidad médica al sistema. |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | El perfil del usuario debe ser administrador. |
| Acciones Basicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo de las especialidades médicas 2. Ingresar los datos correspondientes a la nueva especialidad médica 3. Guardar información |
| Acciones alternativas | El sistema validará si la especialidad ingresada existe o no. |
| Post condición | El sistema debe permitir la gestión de la nueva especialidad. |

Tabla 54 Caso de Uso Módulo Administración: Registrar Especialidad médica

| Caso de uso | Listar especialidad médica |
|-------------------------|--|
| Descripción | Permite desplegar una lista de las especialidades médicas existentes en el sistema. |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | Ingreso al sistema con cuenta usuario administrador |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar al módulo de especialidades médicas 2. Listar especialidades médicas. |
| Post condición | Visualizar las especialidades médicas. |

Tabla 55 Caso de Uso Módulo Administración: Listar especialidad médica.

| Caso de uso | Modificar especialidad médica |
|------------------------------|--|
| Descripción | Permite cambiar el estado de la especialidad médica, que puede ser activo o inactivo |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | La especialidad debe existir en el sistema |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Listar las especialidades médicas existentes 2. Desplegar la especialidad médica seleccionada 3. Modificar el estado de la especialidad médica. Guardar información |
| Acciones alternativas | El sistema comprueba la validez de los datos, si los datos no son correctos se avisa al actor de ello permitiéndole su corrección |
| Post condición | <p>El sistema permite ingresar al registro modificado con los datos actualizados.</p> <p>El sistema permite ingresar al registro modificado con los datos actualizados.</p> |

Tabla 56 Caso de Uso Módulo Administración: Modificar especialidad médica

- **Caso de uso Gestionar Usuarios**

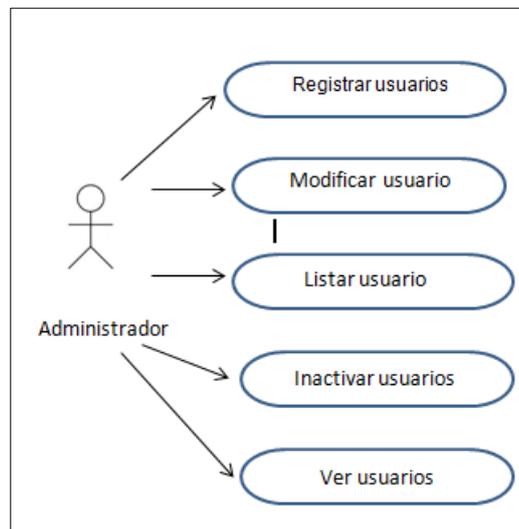


Figura 4.21 Caso de uso Gestionar usuarios

| Caso de uso | Registrar usuarios |
|------------------------------|---|
| Descripción | Permite el registro de los usuarios por medio del sitio Web. |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | El administrador tiene los datos de los usuarios para registrar en la aplicación web. |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Conexión con el sitio Web RDMI 2. Ingresar los datos necesarios del usuario. 3. Guarda la información ingresada. |
| Acciones alternativas | Si uno de los datos no son válidos, el sistema muestra un mensaje de error. |
| Post condición | RDMI devuelve la confirmación del registro creado permitiendo el acceso con su login y password registrados |

Tabla 57 Caso de Uso Módulo Administración: Registrar usuarios

| Caso de uso | Modificar usuarios |
|------------------------------|--|
| Descripción | Permite la actualización de datos de los usuarios |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | El usuario debe estar registrado |
| Acciones Básicas | 1. Cambiar los datos requeridos |
| | 2. Guardar la información ingresada |
| Acciones alternativas | El sistema comprueba la validez de los datos, si los datos no son correctos se avisa al actor de ello permitiéndole que los corrija. |
| Post condición | RDMI debe actualizar los datos del usuario |

Tabla 58 Caso de Uso Módulo Administración: Modificar usuarios

| Caso de uso | Listar usuarios |
|-------------------------|---|
| Descripción | Se despliega la lista de usuarios existentes en el sistema administrador RDMI |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | Ingreso al sistema con cuenta usuario administrador. |
| Acciones Básicas | 1. Ingresar al módulo correspondiente |
| | 2. Listar usuarios por perfil seleccionado |
| Post condición | Realizar cualquier operación necesaria sobre uno de los usuarios |

Tabla 59 Caso de Uso Módulo Administración: Listar usuarios

| Caso de uso | Ver usuarios |
|-------------------------|--|
| Descripción | Permite visualizar los datos de los usuarios |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | Ingreso al sistema con cuenta usuario administrador. |
| Acciones Básicas | 1. Listar usuarios |
| | 2. Ver la información correspondiente al usuario requerido |
| Post condición | El sistema presenta la información del usuario. |

Tabla 60 Caso de Uso Módulo Administración: Ver usuarios

| Caso de uso | Inactivar usuarios |
|-------------------------|---|
| Descripción | Inactivar los usuarios que no han usado la aplicación |
| Actores | Administrador |
| Pre condiciones | Los usuarios inactivados no deben haber usado dentro de un tiempo determinado la aplicación |
| Acciones Básicas | 1. Ingresar al módulo de usuarios |
| | 2. Listar los usuarios inactivos por perfil |
| Post condición | El sistema administrador RDMI actualiza la lista de los usuarios por perfil seleccionado |

Tabla 61 Caso de Uso Módulo Administración: Inactivar usuarios

CASOS DE USO DEL ACTOR: PACIENTE

Los casos de uso se usan para especificar el comportamiento del sistema

RDMI con el paciente son:

- **Caso de uso Autenticar Paciente**

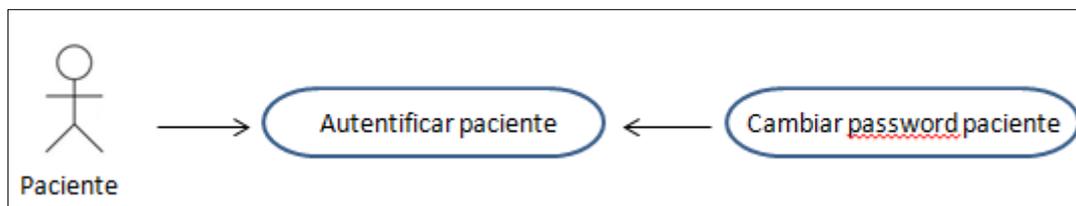


Figura 4.22 Caso de uso Autenticar paciente.

| Caso de uso | Autenticar paciente |
|------------------------------|--|
| Descripción | Permite ingresar a RDMI mediante un login y un password desde el dispositivo |
| Actores | Paciente |
| Pre condiciones | El paciente ya debe estar registrado en el sitio Web RDMI |
| Acciones Básicas | 1. Conexión con RMDI desde el dispositivo 2. Ingresar login y password |
| Acciones alternativas | Si el login o password no son válidos, muestra un mensaje de error |
| Post condición | El sistema permite el acceso a la aplicación |

Tabla 62 Caso de Uso Módulo usuarios: Autenticar paciente

| Caso de uso | Cambiar password paciente |
|------------------------------|---|
| Descripción | Permite cambiar el password del paciente |
| Actores | Paciente |
| Pre condiciones | El paciente ya debe estar registrado en el sitio Web RDMI |
| Acciones Básicas | 1. Conectar al sistema RDMI 2. Cambiar password |
| Acciones alternativas | Si el login o password no son válidos, el sistema muestra un mensaje de error |
| Post condición | El sistema procesa el cambio de password y Permite acceso al sistema |

Tabla 63 Caso de Uso Módulo usuarios: Cambiar password paciente

- **Caso de uso Ingresar paciente**

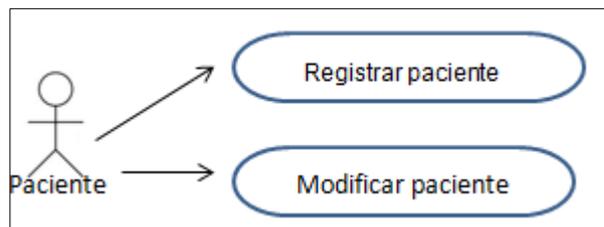


Figura 4.23 Caso de uso Ingresar paciente

| Caso de uso | Registrar y Modificar pacientes |
|------------------------------|--|
| Descripción | Permite el registro y la modificación de los usuarios por medio del sitio Web. |
| Actores | Paciente |
| Acciones Básicas | 1. Conexión con el sitio Web RDMI 2. Ingresar los datos necesarios del usuario 3. Guarda la información ingresada 4. Si se necesita hacer algún cambio modifica y guarda la información |
| Acciones alternativas | Si el login o password no son válidos, el sistema muestra un mensaje de error |
| Post condición | RDMI devuelve la confirmación del registro creado permitiendo el acceso con su login y password registrados. |

Tabla 64 Caso de Uso Módulo usuarios: Registrar y modificar pacientes

- **Caso de uso reservar cita médica solicitada por el paciente**

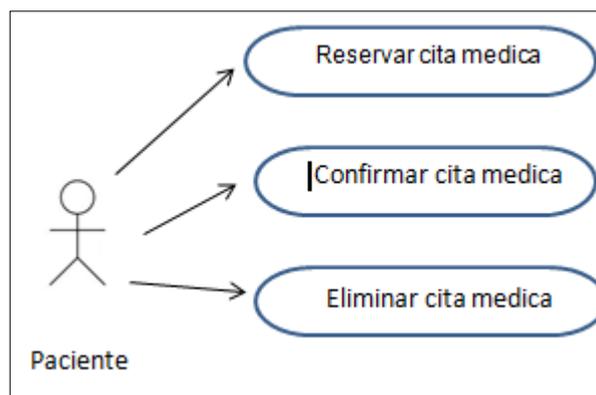


Figura 4.23 Caso de uso reservar cita médica solicitada por el paciente

| Caso de uso | Reservar cita médica solicitada por el paciente |
|-------------------------|--|
| Descripción | Ingresar los datos de la reservación del paciente. |
| Actores | Paciente |
| Pre-Condiciones: | El paciente debe estar registrado en el sistema RDMI. |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la aplicación desde el dispositivo 2. Solicitar turno 3. Seleccionar especialidad, médico y el día de atención 4. Notificar al paciente de la reservación |
| Post condición | Visualización de las reservaciones |

Tabla 65 Caso de Uso Módulo usuarios: Reservar cita médica solicitada por el paciente

| Caso de uso | Eliminar cita médica solicitada por el paciente |
|-------------------------|--|
| Descripción | Ingresar los datos de la reservación del paciente. |
| Actores | Paciente |
| Pre-Condiciones: | El paciente debe estar registrado en el sistema RDMI. |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la aplicación desde el dispositivo 2. Revisar la fecha de reservación 3. Cancela la cita medica 4. Notificar al médico de la cancelación de la cita |

Tabla 66 Caso de Uso Módulo usuarios: Eliminar cita médica solicitada por el paciente

CASOS DE USO DEL ACTOR: MÉDICO

Los casos de uso se usan para especificar el comportamiento del sistema

RDMI con el médico son:

- **Caso de uso Autenticar profesional médico**

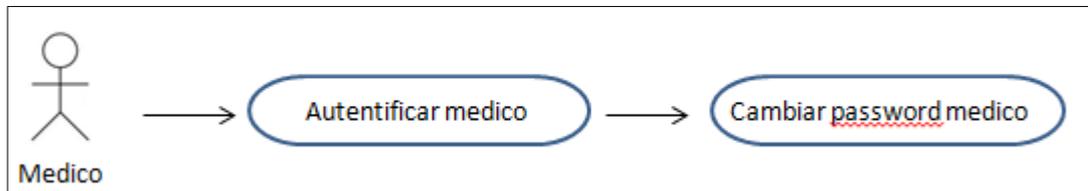


Figura 4.24 Caso de uso Autenticar profesional médico

| Caso de uso | Autenticar médico |
|------------------------------|--|
| Descripción | Autenticar profesional médico |
| Actores | Profesional médico |
| Pre-Condiciones: | Permite ingresar a RDMI mediante un login y un password desde el dispositivo |
| Acciones Básicas | El usuario debe estar registrado en el sistema CEMOCITE. |
| Acciones alternativas | Si el login o password no son válidos, muestra un mensaje de error |
| Post-Condición | El sistema permite el acceso a la aplicación |

Tabla 67 Caso de Uso Módulo usuarios: Autenticar profesional médico.

| Caso de uso | Cambiar password médico |
|------------------------------|---|
| Descripción | Permite cambiar el password del médico |
| Actores | Profesional médico |
| Acciones Básicas | 1. Conectar al sistema RDMI 2. Cambiar password |
| Acciones alternativas | Si el login o password no son válidos, el sistema muestra un mensaje de error |
| Post-Condición | El sistema procesa el cambio de password y Permite acceso al sistema |

Tabla 68 Caso de Uso Módulo usuarios: Cambiar password médico

- **Caso de uso Listar reservaciones que deben ser atendidas por el profesional médico**

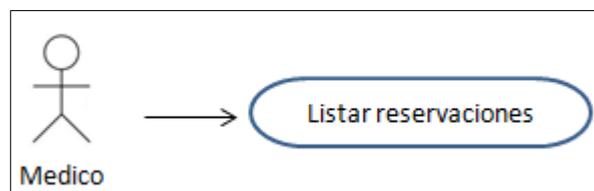


Figura 4.25 Caso de uso Listar reservaciones que deben ser atendidas por el médico

| Caso de uso | Listar las reservaciones que deben ser atendidas por el profesional médico |
|-------------------------|--|
| Descripción | Se despliega la lista de reservaciones que deben ser atendidas por el profesional médico |
| Actores | Profesional médico |
| Pre-Condiciones | El usuario debe estar registrado en el sistema RDMI. El usuario debe tener perfil de profesional médico. |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la aplicación desde el dispositivo 2. Seleccionar el día de atención 3. Listar reservaciones que deben ser atendidas por el profesional médico |
| Post-Condición | Visualización de las reservaciones. |

Tabla 69 Caso de Uso Módulo usuarios: Listar reservaciones que deben ser atendidas por el médico

- **Caso de uso cita atendida por el profesional médico**

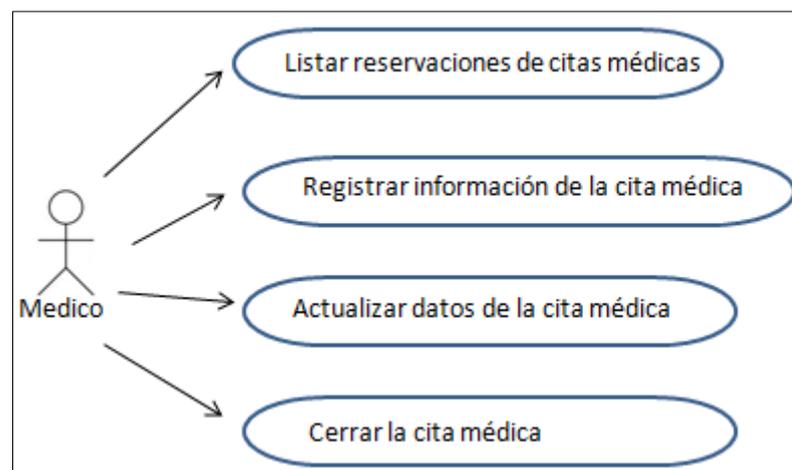


Figura 4.26 Caso de uso cita atendida por el profesional médico

| Caso de uso | Reservar cita médica solicitada por el paciente |
|-------------------------|---|
| Descripción | Ingresar los datos de la reservación del paciente. |
| Actores | Profesional médico |
| Acciones Básicas | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la aplicación desde el dispositivo 2. Solicitar turno 3. Seleccionar especialidad, médico y el día de atención. 4. Notificar al paciente de la reservación |
| Post-Condición | Visualización de las reservaciones. |

Tabla 70 Caso de Uso Módulo usuarios: Reservar cita médica solicitada por el paciente

4.4 Diseño de la interfaz de usuario del Repositorio Digital

En la actualidad el uso de aplicaciones web y sus interfaces ha evolucionado mucho, a tal punto que los niveles de funcionalidad son muy impresionantes y altamente flexibles para el usuario.

Estas aplicaciones pueden desplegarse desde cualquier parte del mundo a muchos equipos sin importar la plataforma o sistema operativo en el que corran, ahorrando así los altos costos de instalación.

Login del Usuario

Esta pantalla es mostrada al usuario como primera instancia al momento de acceder a la aplicación, utiliza un protocolo seguro (HTTPS) para el traslado de toda su información.

Para poder ingresar a nuestra aplicación es necesario registrarse utilizando una cuenta de correo con una clave de usuario.

Nos permite realizar 2 opciones que son visibles: Crear Usuario y Recuperar Clave como se la puede observar en la figura 4.27



Figura 4.27. Interfaz Principal

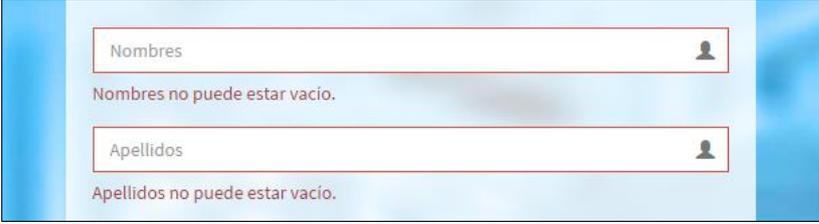
Registro de Usuario

Este formulario permite la recopilación de información básica del usuario para poder usar la aplicación, el mismo que enviara una confirmación al correo utilizado para comprobar su veracidad y así poder darse de alta en el portal como se observa en la figura 4.28



Figura 4.28. Registro de usuario

Dentro de este formulario se realizan las principales validaciones que son visibles para el usuario como se puede observar la figura 4.29



Nombres

Nombres no puede estar vacío.

Apellidos

Apellidos no puede estar vacío.

Figura 4.29 Validaciones de usuario

Recuperar contraseña

En este formulario podemos recuperar nuestra contraseña en caso de olvidarla como se puede observar en la figura 4.30



RDMI
Repositorio Digital de Imágenes Médicas

Correo Electrónico

Código de Verificación
ddggyu

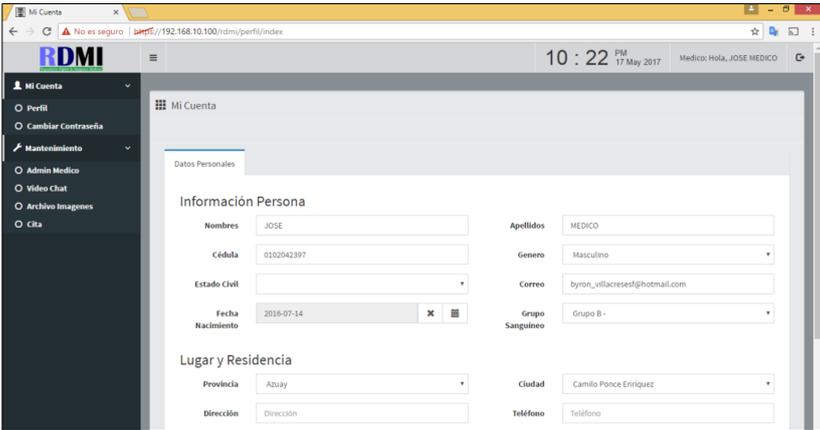
Escriba el texto

Regresar Enviar

Figura 4.30 Recuperar contraseña

Mi cuenta

En este formulario se verifica información básica, pudiendo ser modificada o actualizada como se puede observar en la figura 4.31



Mi Cuenta

Perfil
Cambiar Contraseña
Mantenimiento
Admin Medico
Video Chat
Archivo Imagenes
Cita

Mi Cuenta

Datos Personales

Información Persona

Nombres: JOSE
Apellidos: MEDICO
Cédula: 0102042397
Género: Masculino
Estado Civil:
Correo: byron_villacreses@hotmail.com
Fecha Nacimiento: 2016-07-14
Grupo Sanguíneo: Grupo B-

Lugar y Residencia

Provincia: Azuay
Ciudad: Camilo Ponce Enriquez
Dirección: Dirección
Teléfono: Teléfono

Figura 4.31. Formulario principal

También podemos apreciar en la parte superior izquierda las opciones del menú a las que el usuario puede acceder dependiendo el ROL que tenga asignado como se puede observar en la figura 4.32

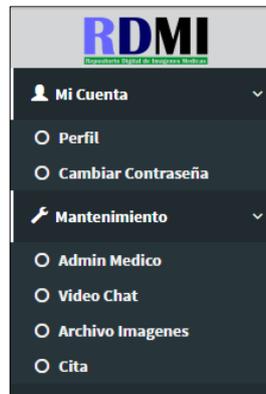


Figura 4.32. Rol asignado

Cambiar contraseña

Nos permite realizar cambios de nuestra clave según el tiempo que determinemos para evitar infiltraciones de nuestra información como se puede observar en la figura 4.33

 A screenshot of the RDMI web interface showing the 'Cambiar Contraseña' (Change Password) form. The top header includes the RDMI logo, a hamburger menu icon, the time '10 : 24 PM', the date '17 May 2017', and the user name 'Medico: Hola, JOSE MEDICO'. The left sidebar shows the 'Mantenimiento' menu expanded. The main content area has a title 'Cambiar Contraseña' and a sub-header 'Cambio de Contraseña'. Below this are three input fields: 'Contraseña Actual', 'Nueva Contraseña', and 'Confirmar Contraseña'. A blue 'Guardar' (Save) button is at the bottom.

Figura 4.33. Caso de uso cita atendida por el profesional médico

Administrador Medico

Esta opción le permite al médico generar sus propios horarios de atención con la respectiva fecha, la cual va estar habilitada una vez que el usuario necesite hacer una reservación como se puede observar en la figura 4.34

Figura 4.34. Administrador medico

Las alertas son presentadas según las acciones que realice el usuario como se

puede observar en la figura .35



Figura 4.35 Operación exitosa

Cita programada

La cita programada es una opción que tiene el médico de asignarle citas al paciente después del análisis realizado como se puede observar en la figura 4.36

Horarios Programar Cita

Citas Pacientes

Buscar:

Observación:

Filtrar por Estado:

Especialidad:
 Seleccionar
 ANESTESIOLOGÍA
CARDIOLOGO/ ECOGRAFISTA
 ELECTROMIOGRAFÍA
 MAMOGRAFÍAS

Mostrando 1-5 de 5 elementos.

| # | Cédula | Nombres | Especialidad | Observación | Estado | |
|---|------------|----------------|-------------------------|---|-----------|---|
| 1 | 0920766540 | VICTOR SALAZAR | CARDIOLOGO/ ECOGRAFISTA | as dsddd | Activo | ✕ |
| 2 | 1400302061 | DORIS PACIENTE | ANESTESIOLOGÍA | Gddhjfgiuutfxchkjhh | Activo | ✕ |
| 3 | 1400302061 | DORIS PACIENTE | MAMOGRAFÍAS | adseradfas asdfas asdf asa asd (Ver Mas...) | Activo | ✕ |
| 4 | 1400302061 | DORIS PACIENTE | CARDIOLOGO/ ECOGRAFISTA | adsasfda asdfasd fas asdfasdfa (Ver Mas...) | Activo | ✕ |
| 5 | 1400302061 | DORIS PACIENTE | ANESTESIOLOGÍA | adsesdses sfsasdfasdf | Cancelado | ✕ |

Figura 4.36. Cita programada

4.5 Estructura y Programación del Repositorio Digital

Es esta punto se describe el diseño de la base datos estructurando sus campos y tablas así también el desarrollo del sistema

4.5.1 Desarrollo del sistema

En este capítulo vamos a describir como se encuentra estructurado nuestro proyecto, así como los estándares utilizados en la programación y su base de datos.

4.5.2 Creación de base de datos

Para la creación de la Base de Datos nosotros escogimos MYSQL ya que es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario.

El Administrador de Base de Datos (DBA) es quien se encarga de configurar y administrar los datos de manera segura mediante phpAdmin que es la herramienta escrita en PHP con la intención de manejar la Administración de MySql.

- **Seguridad**

Permite acceder a la Base de Datos exclusivamente al personal autorizado, es decir, ingresando el usuario y su respectiva contraseña que han sido asignadas por el administrador general ya sea al administrador empresa o a sus usuarios con los permisos y restricciones respectivas.

4.5.3 Estructura del proyecto

Todas las opciones del proyecto se encuentran estructuradas por carpetas en el sitio web RDMI.

La estructura de la carpeta es la siguiente tal como se la muestra en la Figura 4.37.

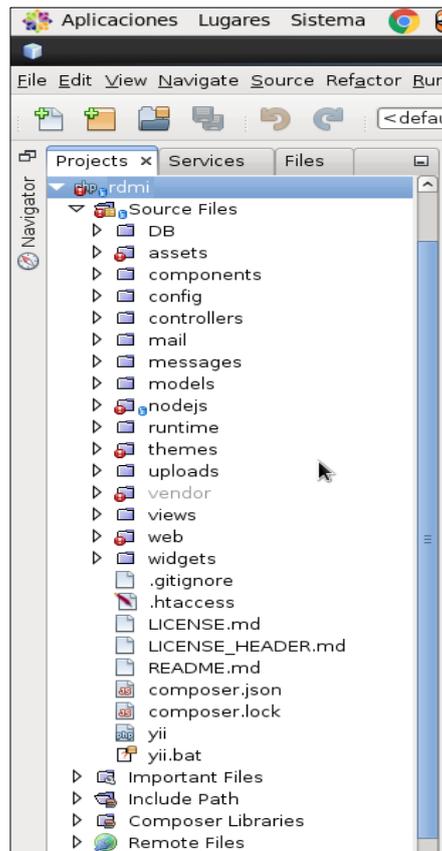


Figura 4.37. Estructura de la base de datos

DB.- Contiene los archivos de configuración de la Base de Datos, sus tablas y datos de su instalación por defecto.

Assets.- Contiene la estructura de archivos publicados por el framework para su fácil acceso.

Components.- Contiene los archivos y Clases de configuración base del framework.

Config.- Contiene los archivos de configuración de las aplicaciones instaladas; sean esta por webs o consola.

Controllers.- Contienes los archivos Controladores de las acciones generadas en la aplicación.

Mail.- Contiene los archivos de configuración y plantillas del uso de mail en la aplicación.

Messages.- Contienes los archivos de Idiomas usados en le proyecto

Models.- Contienes las Clases usadas por las tablas para su conexión con la base de datos.

Nodejs.- Contiene los archivos de configuración de nuestro servidor Node con el uso de WEBRTC.

Runtime.- Contiene los archivos generados por la aplicación en tiempo de ejecución como logs.

Themes.- Contiene los archivos de la plantilla usada en nuestra aplicación.

Uploads.- Contiene los archivos subidos por el usuario desde la aplicación cliente.

Vendor.- Contiene todas las librerías y paquetes instaladas por composer incluyendo los archivos base del entorno de Trabajo.

View.- contiene todos los archivos representados en acciones del entorno de trabajo (frameswork).

Web.- Contiene los principales archivos accesibles vía web.

Yii.- Es un archivo Script de ejecución de los principales comandos del entorno de trabajo (frameswork).

4.5.4 Estándares usados en programa fuente y base de datos

El Estándar que utilizamos al crear una tabla en nuestro sistema será:

- Pongo el nombre de la función create seguido del nombre de la tabla.
- Abro paréntesis para empezar a poner el nombre de los campos.

- Luego va el nombre del campo seguido del tipo de dato que pueden ser decimal, double, integer, varchar, byte,etc. y el tamaño del mismo que debe ir entre paréntesis, seguido de la coma (,).
- Cierro el paréntesis indicando que termine de crear mi tabla seguido del punto y coma (;).

Ejemplo:

```

-----
-- table `rdmi`.`persona`
-----

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `persona` (
  `per_id` bigint(20) NOT NULL AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  `per_ced_ruc` varchar(15) DEFAULT NULL,
  `per_nombre` varchar(100) DEFAULT NULL,
  `per_apellido` varchar(100) DEFAULT NULL,
  `per_genero` varchar(1) DEFAULT NULL,
  `per_fecha_nacimiento` date DEFAULT NULL,
  `per_estado_civil` varchar(1) DEFAULT NULL,
  `per_correo` varchar(100) DEFAULT NULL,
  `per_tipo_sangre` varchar(5) DEFAULT NULL,
  `per_foto` varchar(100) DEFAULT NULL,
  `per_estado_activo` varchar(1) NOT NULL,
  `per_est_log` varchar(1) DEFAULT NULL,
  `per_fec_cre` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `per_fec_mod` timestamp NULL DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=1 DEFAULT CHARSET=utf8;

```

Para crear la base de datos el estándar que usamos es:

- Pongo el nombre de la función createdatabase, que me indica que voy a crear una base de datos.
- Seguido del nombre que pondré a mi base de datos y finalizo con punto y coma (;)

Ejemplo:

Createdatabasemibase;

En cuanto al estándar que utilizaremos para crear el código fuente es:

Ejemplo:

```
<div class="site-index"><!--INICIO DE DIV PRINCIPAL-->
```

```
<div class="jumbotron">
```

```
<h1>Congratulations!</h1>
```

```
<p class="lead">YouhavesuccessfullycreatedyourYii-
poweredapplication.</p>
```

```
<p><a class="btn btn-lg btn-success" href="http://www.yiiframework.com">Get
startedwithYii</a></p>
```

```
</div>
```

```
<div class="body-content">
```

```
<div class="row">
```

```
<div class="col-lg-4">
```

```
<h2>Heading</h2>
```

```
<p>DATOS SITIO 1.</p>
```

```
<p><a class="btn btn-default" href="http://www.yiiframework.com/doc/">Yii
Documentation&raquo;</a></p>
```

```
</div>
```

```
<div class="col-lg-4">
```

```
<h2>Heading</h2>
```

```
<p>DATOS DE SITIO 2.</p>
```

```

<p><a class="btn btn-default" href="http://www.yiiframework.com/forum/">Yii
Forum</a></p>

</div>

</div>

</div>

</div><!--FIN DE DIV PRINCIPAL-->

```

4.6 Diseño de pruebas

Las pruebas de software son procesos que permite verificar y revelar la calidad de un producto software. Son utilizadas para identificar posibles fallos de la implementación, calidad o usabilidad de un programa de ordenador. Se describe los diferentes tipos de pruebas:

Pruebas informales

Pruebas que hace el desarrollador en su oficina, tiene como objetivo comprobar que el programa compile y ver que todo esté funcionando como debe, normalmente se realizan varias de estas pruebas que básicamente consisten en compilar periódicamente durante el desarrollo y ejecutar para ver el resultado.

Dentro de estas pruebas informales tenemos:

- **Pruebas de Unidades:** Son pruebas de menor escala y consisten en probar cada uno de los módulos que conforma el programa, si estos son extensos se dividen para probarlo en partes más pequeñas.
- **Pruebas de Integración:** Se encargan de verificar el conjunto funcionamiento de dos o más módulos.

Pruebas después de la programación

Cuando se considera que un módulo está terminado se realizan las pruebas sistemáticas, el objetivo de estas es buscar fallos a través de un criterio específico. Estos criterios se denominan:

- **Prueba de Caja Negra:** Son aquellas que se enfocan directamente en el exterior del módulo, sin importar el código, son pruebas funcionales en las que se trata de encontrar fallas en las que este no se atiene a su

especificación, como ser interfaz con el usuario, apariencia de los menús, control de las teclas, etcétera. Este tipo de pruebas no es aplicable a los módulos que trabajan en forma transparente al usuario.

- **Prueba de Caja Blanca:** Son mucho más amplias, normalmente se denominan pruebas de cobertura o pruebas de caja transparente, al total de pruebas se caja blanca se le llama cobertura, la cobertura es un número porcentual que indica cuanto código del programa se ha probado. Básicamente la idea de pruebas de cobertura consiste en diseñar un plan de pruebas en las que se vaya ejecutando sistemáticamente el código hasta que haya corrido todo o la gran mayoría de él, esto que parece complicado es más aún cuando el programa contiene código de difícil alcance, como por ejemplo manejadores de errores o "código muerto"

Pruebas de Aceptación

Son las que hará el cliente, en esta fase se determina que el sistema realmente cumple con el objetivo deseado, es decir, determina la conformidad del cliente antes de que el programa sea entregado como versión final.

Pruebas de Rendimiento

Son aquellas que determinan los tiempos de respuesta, el espacio que ocupa el módulo en disco o en memoria, el flujo de datos que genera a través de un canal de comunicaciones, entre otras.

Pruebas de Transformación

Este método curioso y caro aún se pone en funcionamiento por diversas empresas, consiste en dividir el equipo de desarrollo en dos partes una vez realizadas todas las pruebas y corregidos todos los errores, luego una de las dos partes introduce pequeños errores en el sistema y la otra parte debe encontrarlos con los mismos procedimientos que se usaron para buscar los errores nativos. Esto es muy costoso y consume grandes cantidades de tiempo.

Pruebas de Robustez

Son las encargadas de verificar la capacidad del programa para soportar entradas incorrectas, presentando un mensaje de error.

Pruebas de Resistencia

Se utilizan para saber hasta dónde puede soportar el programa condiciones extremas, por ejemplo los tiempos de respuesta con el procesador a un 95% de su utilidad o con muy poco espacio en disco.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS Y DE COSTOS

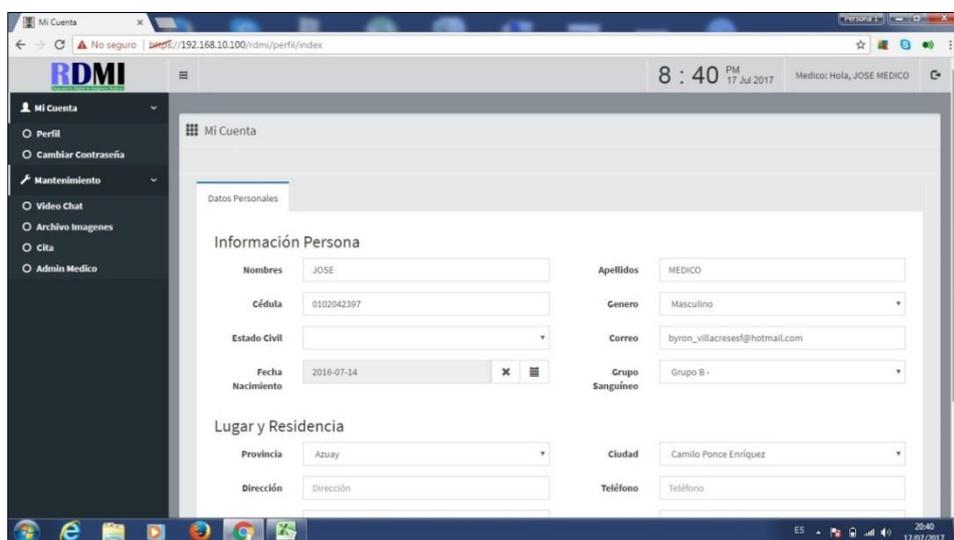
En este capítulo se detalla los resultados obtenidos utilizando el modelo de propagación de trazo de rayos así también pruebas del funcionamiento del sistema.

5.1 Pruebas del sistema del Repositorio Digital usando tecnología WIFI

En el presente proyecto hubo limitantes con respecto a la adquisición de equipamiento LIFI. Debido a ello se procedió a realizar pruebas utilizando la tecnología WIFI para verificar que la funcionalidad del sistema, aprovechando el monitoreo de la tasa de datos experimentado. A continuación se describen las pruebas del sistema médico y del repositorio digital.

Información medica

Aquí se muestra los datos del médico (Figura 5.1)



The screenshot shows a web browser window displaying a user profile page for 'RDMI'. The page is titled 'Mi Cuenta' and contains a form for 'Datos Personales'. The form is divided into two sections: 'Información Persona' and 'Lugar y Residencia'. The 'Información Persona' section includes fields for 'Nombres' (JOSE), 'Apellidos' (MEDICO), 'Cédula' (0102042397), 'Estado Civil', 'Fecha Nacimiento' (2016-07-14), 'Genero' (Masculino), 'Correo' (byron_villacreses@hotmail.com), and 'Grupo Sanguíneo' (Grupo B-). The 'Lugar y Residencia' section includes fields for 'Provincia' (Azuay), 'Dirección', 'Ciudad' (Camillo Ponce Enriquez), and 'Teléfono'. The browser's address bar shows the URL 'http://192.168.10.100/rdmi/perfil/index'. The system clock shows 8:40 PM on 17 Jul 2017. The user is logged in as 'Medico: Hola, JOSE MEDICO'.

| Información Persona | |
|---------------------|-------------------------------|
| Nombres | JOSE |
| Apellidos | MEDICO |
| Cédula | 0102042397 |
| Estado Civil | |
| Fecha Nacimiento | 2016-07-14 |
| Genero | Masculino |
| Correo | byron_villacreses@hotmail.com |
| Grupo Sanguíneo | Grupo B- |

| Lugar y Residencia | |
|--------------------|------------------------|
| Provincia | Azuay |
| Dirección | Dirección |
| Ciudad | Camillo Ponce Enriquez |
| Teléfono | Teléfono |

Figura 5.1 Información medica

Programación de horarios

En el menú de la Figura 5.2 el doctor podrá escoger el horario y lugar donde el podrá atender las consultas.

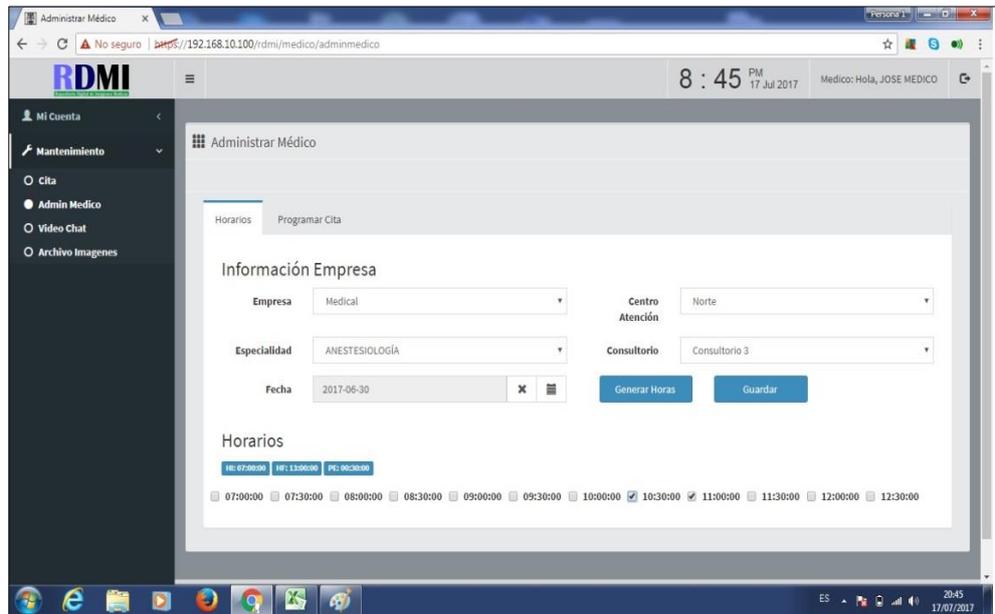


Figura 5.2 Programación de horarios

Subir y descargar archivos

En esta sección se realiza la subida y bajada de archivos al repositorio digital se ha realizado pruebas hasta con archivos de 550 Mb (Figura 5.3), el radiólogo buscara el nombre del paciente y que tipo de archivo es y lo subirá así mismo el medico cuando desee descargar algún tipo de imagen realizara lo mismo pasos que el radiólogo.

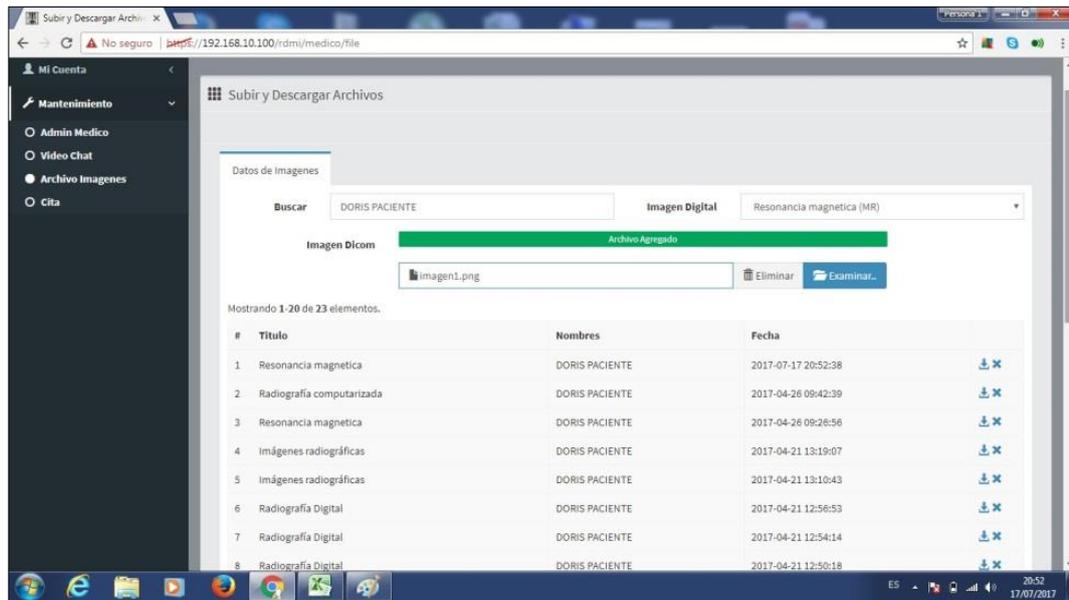


Figura 5.3 Subir y descargar imágenes

Video Conferencia

En la figura 5.4 se muestra el video conferencia entre paciente-doctor utilizando WEBRTC así también el chat en el cual se lo utiliza para comunicarse entre ellos.

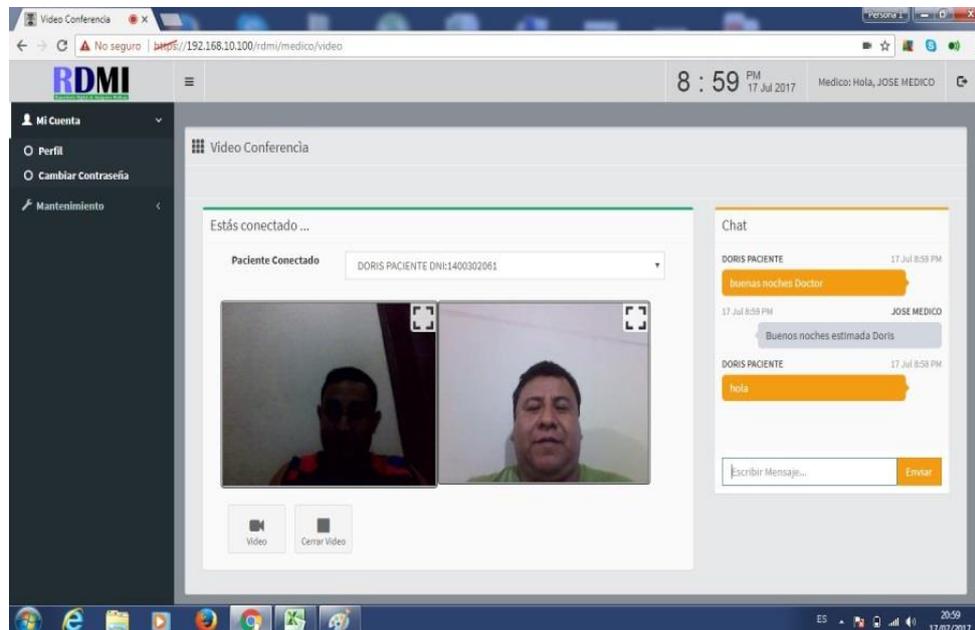


Figura 5.4 Video Conferencia

Agendar cita

En la Figura 5.5 el paciente está la opción para reservar la cita con el medico con la fecha el lugar en donde el doctor se va a encontrar así también va a poder ver las citas que tiene agendadas y van a poder realizar algún cambio de ellas.

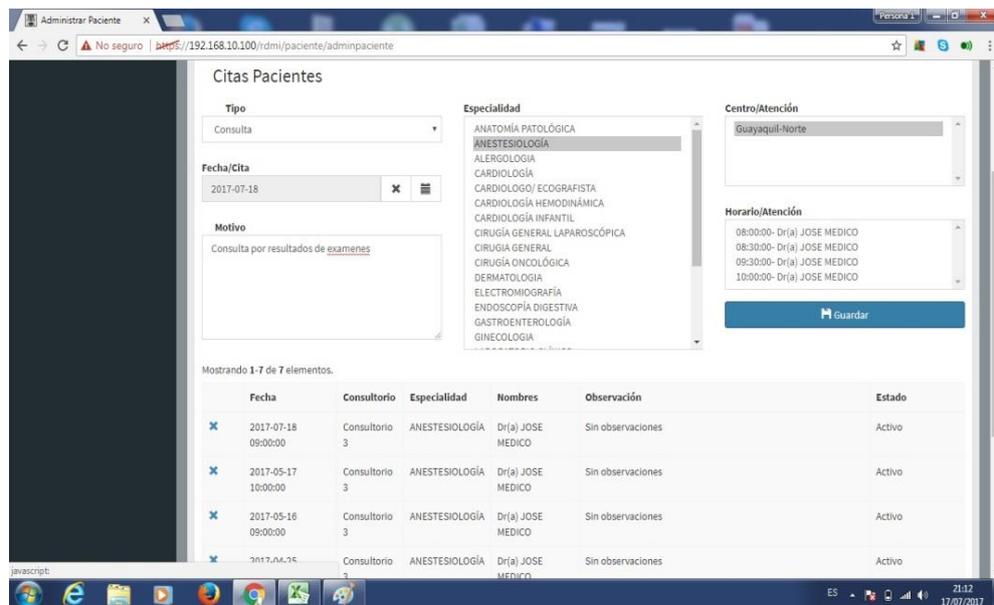


Figura 5.5 Agendar cita

En la Figura 5.6 se muestra la tasa de transferencia al momento de realizar una descarga de los archivos almacenados en el repositorio digital, se puede observar que existen 4 niveles de transferencia los cuales se describe a continuación:

1. Muestra como máximo una tasa de transferencia de 47 Kbit/s debido que el Access point se encontraba a una distancia de 2 metros de la laptop sin obstáculos.
2. Muestra como máximo una tasa de transferencia de 38 Kbit/s debido que el Access Point se encontraba a una distancia de 3 metros de la laptop con obstáculos como pared de un segundo piso.
3. Muestra como máximo una tasa de transferencia de 20 Kbit/s debido que el Access Point se encontraba a una distancia de 6 metros de la laptop con obstáculos como pared de un segundo piso.

4. Muestra como máximo una tasa de transferencia de 10 Kbit/s debido que el Access Point se encontraba a una distancia de 9 metros de la laptop con obstáculos como pared de un segundo piso.

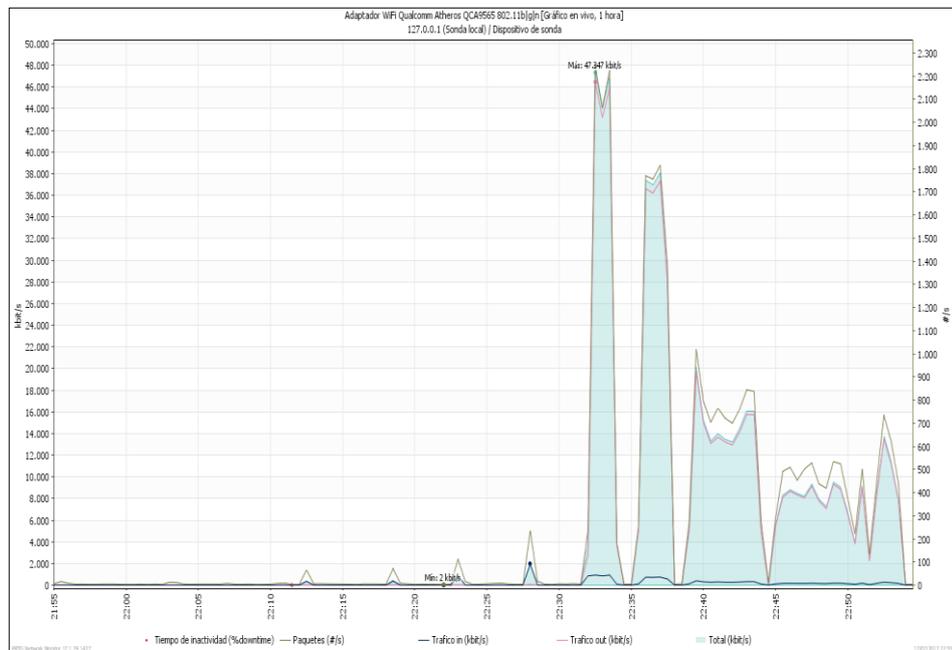


Figura 5.6 Tasa de transferencia

5.2 Simulación de la cobertura del Sistema VLC dentro del cuarto de Tomografía

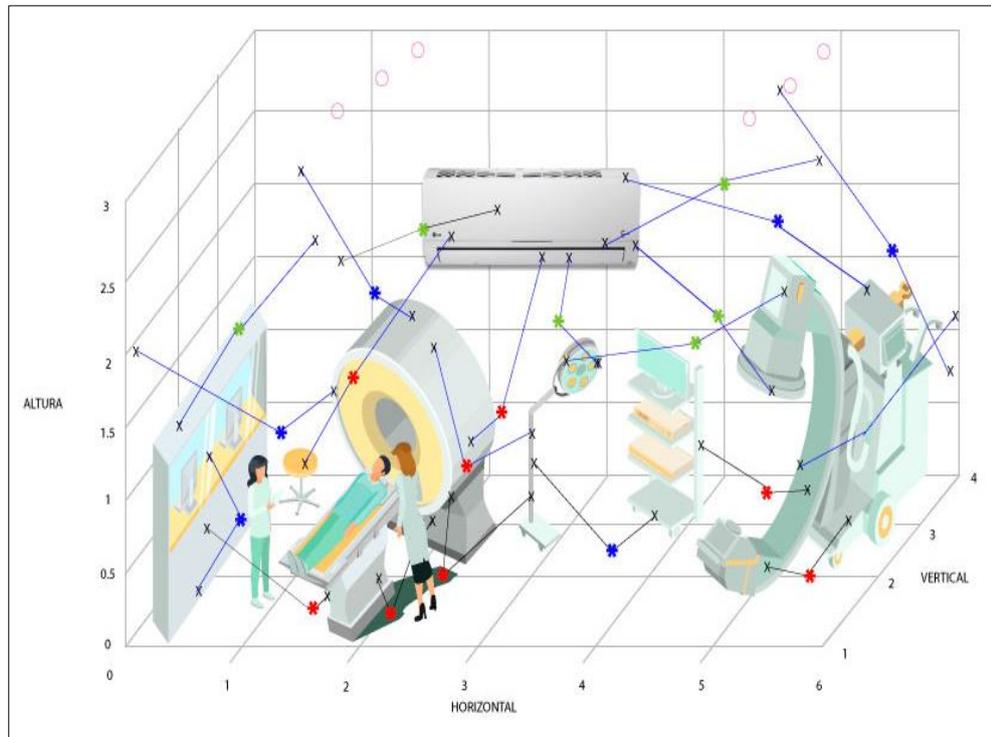


Figura 5.7 Escenario donde se aplica el modelo de propagación

En la Figura 5.7 se muestra el escenario de un cuarto de tomógrafo con todos los equipos necesarios para su funcionamiento, tomando en consideración el modelo de propagación por rayos. Los pequeños círculos ubicados en la parte superior (cielo raso) en coloración lila son los LEDs emisores, los puntos descritos con una "x" son los puntos de reflectancia en diferentes superficies u obstáculos, y los puntos descritos con asteriscos son puntos específicos de recepción, en donde en base a una coloración se indica un nivel de potencia de llegada.

Existen diferentes niveles de potencia, lo cual se puede diferenciar por los colores en los puntos específicos (asteriscos en coloraciones verde, azul o rojo). Los puntos de color rojo describen un nivel de potencia por debajo de la sensibilidad del receptor (menor a -40 dBm), llegando luz, pero no con la

suficiente ganancia como para poder transmitir información. Los puntos que describen niveles de potencia con coloración verde (muy óptimo, en un rango por encima -20dBm) y color azul (aceptable, entre -20 a -40 dBm) indican niveles que están por encima de la sensibilidad del receptor, permitiendo transmitir información. Esto se debe a que por lo menos uno de los rayos llega al receptor con un nivel óptimo de potencia requerido. Estos puntos poseen valores de potencia que fueron calculadas (Tabla 8).

Se realizó la simulación del modelo de propagación usando como herramienta Matlab, lo cual permitió llevarlo a un torno 3D para poder realizar la inserción de los puntos con coordenadas x, y, z usando dimensiones reales del cuarto de tomógrafo, ello con el fin de obtener las distancias entre los receptores y los puntos de reflectancia, usando las ecuaciones matemáticas descritas en la elaboración del modelo de propagación.

Para la validación y simulación del modelo de propagación se tomó como referencia algunos puntos estratégicos. También se emplearon ecuaciones matemáticas con información ingresada en el software. Dentro del código se encuentran las ecuaciones que se emplearon para poder obtener los valores de los ángulos (ϕ, θ) y las distancias entre el transmisor y el receptor, la cual se puede observar en el anexo.

Adicionalmente, para realizar el modelamiento se deben ingresar parámetros que son fundamentales dentro del modelo de propagación, descritos a continuación:

K: Numero de rebotes; $1 < k < 3$

Aref: Área de referencia del reflector

Apd: Área de referencia del Fotodiodo

FOV: Campo de visión del receptor $0^\circ < \text{FOV} < 90^\circ$, ángulo fundamental para poder determinar phi y tetha.

Phi2: Angulo de inclinación de la Lámpara Transmisor

5.3 Especificaciones técnicas del Repositorio Digital

El diseño repositorio digital posee una infraestructura de alta disponibilidad para que soporte algún tipo de caída de servicio así también con servidores robustos para que procesen la información y permita gestionar el almacenamiento en la SAN tal como se puede observar en la figura 5.8.

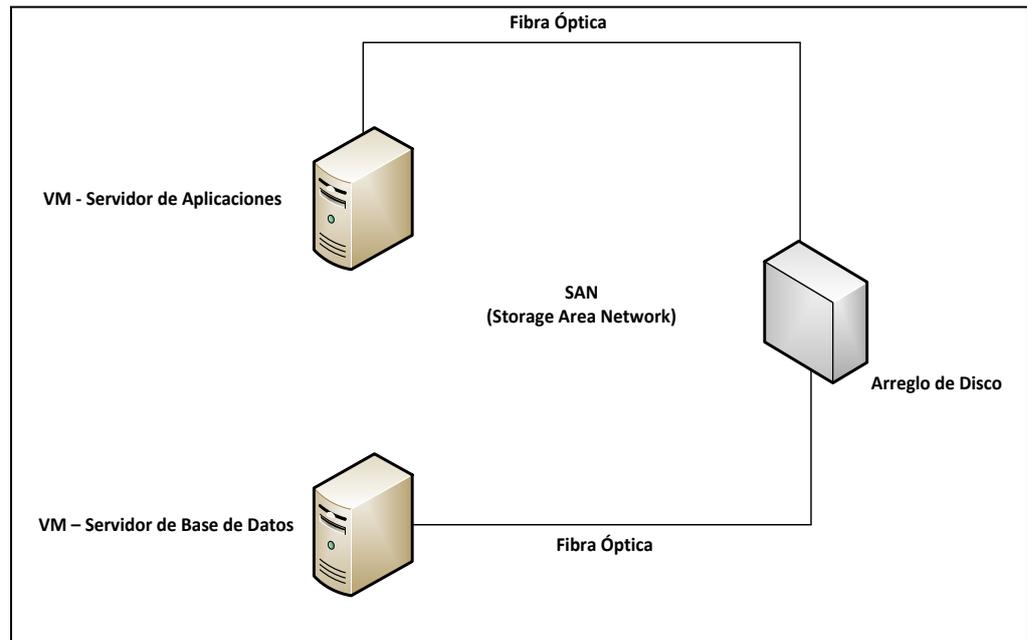


Figura 5.8 Diseño del repositorio digital

Se describe las especificaciones técnicas de la infraestructura del repositorio digital en la tabla 71

Servidor

| ProLiant DL380 Gen9 E5-2660v4 2P | | |
|----------------------------------|--|----------|
| Item | Descripción | Cantidad |
| Disco Duro | 600 GB | - |
| Núcleo de procesador | - | 14 |
| Procesador | Intel Xeon E5-2660 v4 (14 núcleos, 2,0 GHz, 35 MB) | 2 |
| Controlador de red | 1 Gigabit | 4 |
| Módulo de Fibra | SFP+ de 10 Gb | 2 |
| Memoria RAM | 16 GB | - |

Tabla 71 Especificadores técnicas de los servidores

A continuación se muestra en la figura 5.9 el modelo del servidor que se va usar en este diseño.



Figura 5.9 Servidor Proliant DL380 G9

Para el diseño de alta disponibilidad de servicios se va necesitar dos servidores con las características descritas anteriormente adicional se usará el vmware server el cual permitirá tener la alta disponibilidad ya que si un nodo se llegara a caer automáticamente toda la información pasaría al otro nodo.

Con esto se logra para que los servidores queden balanceados y al momento que uno presente algún inconveniente, pase en caliente al otro servidor y este no quede saturado en su rendimiento pueda dar un servicio permanente

Storage

Para el almacenamiento de las imágenes se tiene planificado usar el storage HP 3PAR StoreServ 7200c como controladora por ende con 2 Enclosure de 24 disco con capacidad cada uno de 2 TB para almacenar la información de las imágenes tal como se puede observar en la figura 5.10 además se lo configurada en una RAID 5+0 para tener redundancia. Se usará un Switch de fibra óptica para que sea medio de enlace entre los servidores y el storage.



Figura 5.10 Storage HP 3PAR StoreServ 7200

5.4 Costos de los proyectos

Solo se consideró la implementación de equipos LIFI. El almacenamiento no se toma en cuenta respecto a la obra civil, presentando un costo general viable para el sector hospitalario. La parte eléctrica no representa ningún tipo de inconveniente ya que los Data Center son diseñados para soportar hasta un incremento del 70 % de su consumo total de energía. En esta sección del capítulo se va detallar los costos que tomaría implementar el proyecto.

5.4.1 Costos de la implementación de LIFI

Para la implementación de tecnología LIFI se va necesitar los siguientes equipos con sus respectivos costos en el mercado internacional y nacional. En la Tabla 72 se muestra los costos de equipo de red y en la tabla 73 los precios de los equipos LIFI

Equipos de Red

| Descripción | Cantidad | PVP | Precio Final |
|------------------------------|----------|-------------|--------------------|
| Router HP hpmsr 958 | 2 | \$ 2.500,00 | \$ 5.700,00 |
| Switch HP 5120 SI 48 puertos | 2 | \$ 950,00 | \$ 2.166,00 |
| Total | | | \$ 7.866,00 |

Tabla 72 Costos de equipo de red

Equipos LIFI

| Descripción | Cantidad | PVP | Precio Final |
|--------------------------|----------|-----|----------------|
| LiFi-X Access Point (AP) | 6 | 500 | \$ 3000 |
| LiFi-X Station (STA) | 3 | 100 | \$ 300 |
| Total | | | \$ 3300 |

Tabla 73 Costos de equipo LIFI

5.4.2 Costos de la infraestructura del Repositorio Digital

Para la implementación del repositorio digital se va necesitar los siguientes equipos con sus respectivos costos en el mercado internacional y nacional.

En la tabla 74 se muestra el costo del repositorio digital

| Descripción | Cantidad | PVP | Precio Final |
|---|----------|--------------|----------------------|
| Servidor Proliant DL380 G9 | 2 | \$ 4.500,00 | \$ 10.260,00 |
| vmware server license | 2 | \$ 1.500,00 | \$ 3.420,00 |
| Storage HP 3PAR StoreServ 7200c | 1 | \$ 55.000,00 | \$ 62.700,00 |
| Unidad de disco duro HP Midline 2TB SATA | 24 | \$ 1.050,00 | \$ 28.728,00 |
| Conmutador SAN HPE 8/8 | 1 | \$ 4.900,00 | \$ 5.586,00 |
| Instalación y configuración | 1 | \$ 3.500,00 | \$ 3.500,00 |
| Mantenimiento anual (60 horas de soporte) | 1 | \$ 2.800,00 | \$ 2.800,00 |
| Total | | | \$ 116.994,00 |

Tabla 74 Costos del repositorio digital

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al implementar un sistema VLC se tiene que tomar en consideración que utilizará estudios de luminotecnia para poder ocupar la misma luminancia en toda el área donde se va utilizar la luz como medio de transmisión; con esta tecnología se aumentará la tasa de transferencia al enviar o recibir información. Por el momento solo se ha logrado poder transmitir a 40 Mbps debido que esta tecnología está todavía en estudio por diversas empresas y universidades para que a futuro llegue a velocidades de hasta 1 Gbps.

La computación actualmente se encuentra en un estado de transición, cada día más personas utilizan aplicaciones web que poco a poco van reemplazando a las tradicionales aplicaciones de escritorio. Hoy en día se encuentran herramientas basadas en la web para realizar cualquier tarea como editor de imágenes, video, música, hojas de cálculo, etc. Debido a esta gran acogida en el desarrollo y utilización de aplicaciones web constantemente se opta por modelos que tienen como misión fundamental crear un puente entre la aplicación web y el escritorio para que trabajen casi de la misma manera que los programas tradicionales, pero con toda la potencia y flexibilidad de las aplicaciones basadas en la web.

La aplicación web tiene por objetivo brindar de forma rápida y segura la gestión de citas médicas y el almacenamiento digital de imágenes radiográficas, cuya finalidad es permitir que los pacientes puedan ser atendidos por los mejor especialistas sin importar las distancias, logrando así descongestionar los pasillos y brindar un mejor servicio.

Para poder implementar el sistema VLC se tiene que tomar en consideración que los equipos LIFI todavía no están en el mercado como se encuentran a los equipos WIFI.

Desde que aparecieron las llamadas aplicaciones web, poco a poco se ha hecho esfuerzos tratando una serie de experimentos para cerrar la brecha entre aplicaciones de escritorio; es decir, se trata de tecnologías que generen colaboración y servicios que reemplacen las aplicaciones de escritorio. Los esquemas de programación sobre Ajax se pueden probar sobre los navegadores más comerciales del mercado, como son Internet Explorer, Mozilla Firefox y Google Chrome.

El sitio está diseñado para un número ilimitado de usuarios finales donde cada uno posee resoluciones diferentes de monitores, se recomienda que el sistema web sea adaptable las diferentes soluciones

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Imágenes Radiológicas Digitales, (En línea).

Sitio: <http://ramonramon.org/blog/2013/08/12/imagen-radiologica-digital-pacsris-y-medioambiente>

- [2] Telemedicina e Informática Medica (En línea).

Sitio: <http://www.saber.ula.ve/redtelemedicina/grupos.html>.

- [3] Ventajas de los Repositorios (En línea).

Sitio: <http://uvadoc.blogs.uva.es/2013/10/18/repositorios-ventajas-y-objetivos/>

- [4] Tecnología de los Repositorio Digital (En línea).

Sitio: <http://www.actualmed.com/blog/2010/10/20/servidor-pacs-dicom-server/>

- [5] Telemedicina en la teleconsulta (En línea).

Sitio: <http://blog.videoconferencia.net/2015/02/17/la-telemedicina-se-introduce-en-espana-timidamente-pero-con-gran-exito/>

- [6] Interferencias electromagnéticas en equipos médicos

Sitio: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004610>

- [7] Interferencias electromagnéticas (IEM) y dispositivos médicos implantados

Sitio: <https://www.bostonscientific.com/content/dam/bostonscientific/quality>
y

- [8] http://www.tfo.upm.es/docencia/2007-08/LIBRO_LCOP/Fundamentos.pdf
- [9] http://www.tfo.upm.es/docencia/2006-7/LIBRO_LCOP/Fundamentos.pdf.
- [10] http://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/em_visibl_e_light.html&lang=sp
- [11] Aravena, E. "Desafío de las nuevas Tecnologías. Un análisis a Li-Fi y otras tecnologías" [online] Disponible en:
http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s13/project/reports/Desafios_de_las_nuevas_tecnologias.pdf
- [12] <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11801-014-4107-6#/page-1>
- [13] <http://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/psk>
- [14] <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/aocg/PIMCD2009-255/slm.html>
- [15] <http://www.adslfaqs.com.ar/que-es-qam/>
- [16] http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11775/PFC-UPC_Ferraro.pdf
- [17] http://www.homepages.ed.ac.uk/hxh/Li-Fi_PAPERS/12_tsonev_1.pdf
- [18] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030401815006513>
- [19] <https://pdfs.semanticscholar.org/8e63/3477b2fd6b2f25266e952672339c435129c7.pdf>
- [20] <http://www.oect.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/archivos/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf20>
- [21] Jean Armstrong and Arthur James Lowery "Orthogonal-Frequency-

Division Multiplexing for Optical Dispersion Compensation”, Oct 2009.

[22] https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web

[23] <http://www.computing.es/mundo-digital/informes/1035994046601/tecnologias-ria-rich-internet-applications.1.html>

[24] <http://www.maestrosdelweb.com/que-son-las-bases-de-datos/>

[25] <http://www.3cx.es/webrtc/que-es-webrtc/>

[26] http://www.sicec.unam.mx/app/webroot/files/archivos_portal/archSISEC254505.pdf

[27] https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web

[28] https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web

[29] https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web

[30] https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web

[31] https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web

[32] <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/10/02/el-espectro-visible-de-luz>

[33] <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/ofdm/ofdm-basics-tutorial.php>

[34] <https://albentia.wordpress.com/2013/09/05/modulacion-ofdm-wimax-madrid/>

- [35] revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/download/2699/3890
- [36] <https://es.slideshare.net/alexlombana/modulacion-fsk>
- [37] https://www.researchgate.net/profile/Raed_Mesleh/publication/260319340_Spatial_Modulation_-_OFDM/links/53fded2e0cf22f21c2f867dd/Spatial-Modulation-OFDM.pdf
- [38] https://au-east.erc.monash.edu.au/fpfiles/7606339/monash_119322.pdf
- [39] <http://www.nanoscience.gatech.edu/publications/papers/2012.php>
- [40] <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1612/1612.05894.pdf>
- [41] http://www.homepages.ed.ac.uk/hxh/LiFi_PAPERS/14_optical_attocells.pdf
- [42] <https://pdfs.semanticscholar.org/c2da/c80f421052aec5bf0e5bb33df37fd2751251.pdf>
- [43] https://www.researchgate.net/publication/312626450_Line_of_sight_model_for_visible_light_communication_using_Lambertian_radiation_pattern_of_LED_MV_Bhalerao1_M_Sumathi2_andSS_Sonavane3_Version_of_Record_online_21_DEC_2016_DOI_101002dac3250

ANEXOS

ABREVIATURAS

| | |
|-----------|--|
| APD | Avalanche Photodiode |
| AWGN | Additive white Gaussian noise |
| CSK | Color Shift Keying |
| EM | Radiación Electromagnética |
| Fotodiodo | Semiconductor sensible a la incidencia de la luz visible |
| FOV | Field Of Vision |
| FSK | Frequency Shift Keying |
| IDFT | Inverse Discrete Fourier Transform |
| IFFT | Inverse fast Fourier transform |
| IM | Intensity Modulation |
| IM/DD | Definition of Intensity Modulation / Direct Detection |
| LED | Light Emitting Diode |
| LIFI | Light Fidelity |
| MIMO | Multiple Input, Multiple Output |
| OFDM | Orthogonal Frequency-Division Multiplexing |
| OOK | ON-OFF Keying |
| OWC | Optical Wireless Communication |
| PIN | P-type, Intrinsic, N-type layers semiconductor |
| PSK | Phase Shift Keying |
| QAM | Modulación de amplitud en cuadratura |

| | |
|-------|-------------------------------------|
| RF | Radio Frecuencia |
| SAN | Storage Area Network |
| WIFI | Wireless Fidelity |
| VLAN | Virtual Local Area Network |
| VLC | Visible Light Communications |
| LAN | Local Area Network |
| RIA | Rich Internet Application |
| UML | Unified Modeling Language |
| API | Application Programming Interface |
| VP8 | Códec de video de On 2 Technologies |
| STUN | Session Traversal Utilities for NAT |
| LUMEN | Unidad para medir el flujo luminoso |
| LUX | Unidad para la iluminancia |

Código de matlab del modelo de propagación NLOS

```
clear all
```

```
clc
```

```
%Valores por defectos para ingresar a la funciones
```

```

k=4;
Aref=-1;
Apd=-1;
FOV=120;
Phi12=-120;
%Coordenadas fisctisias
x=double(10);
y=double(10);
z=double(10);
xled=double(10);
yled=double(10);
zled=double(10);
xr1=double(10);
yr1=double(10);
zr1=double(10);
xr2=double(10);
yr2=double(10);
zr2=double(10);
while (k>3 |k<1)
    k=input('Ingrese el valor de k: ')
end
while(Aref<0)
    Aref=input('Ingrese el area de referencia: ')
end
while(Apd<0)
    Apd=input('Ingrese el area de PD: ')
end
while(FOV<=0|FOV>90)
    FOV=input('Ingrese el FOV: ')
end

```

```

while(Phi12<=0)
    Phi12=input('Ingrese el angulo de la lampara: ')
end
%Posicion del receptor
while(x<0|x>5.75)
x=input('Ingrese el x del recptor: ')
end
while(y<0|y>7.90)
y=input('Ingrese el y del recptor: ')
end
while(z<0|z>3)
z=input('Ingrese el z del receptor: ')
end
%Posicion de Led
while(xled<0|xled>5.75)
xled=input('Ingrese el x del led: ')
end
while(yled<0|yled>7.90)
yled=input('Ingrese el y del led: ')
end
while(zled<0|zled>3)
zled=input('Ingrese el z del led: ')
end

%Reflector 1
while(xr1<0|xr1>5.75)
xr1=input('Ingrese el x del reflector 1: ')
end
while(yr1<0|yr1>7.90)
yr1=input('Ingrese el y del reflector 1: ')

```

```

end
while(zr1<0|zr1>3)
zr1=input('Ingrese el z del reflector1: ')
end

%Reflector 2
while(xr2<0|xr2>5.75)
xr2=input('Ingrese el x del reflector 2 : ')
end
while(yr2<0|yr2>7.90)
yr2=input('Ingrese el y del reflector 2: ')
end
while(zr2<0|zr2>3)
zr2=input('Ingrese el z del reflector 2: ')
end

punto0=horzcat(x,y,z) %Ubicación del receptor
punto1=horzcat(xled,yled,zled) %Ubicación del led
punto2=horzcat(xr1,yr1,zr1) %Ubicación del Reflector 1
punto3=horzcat(xr2,yr2,zr2) %Ubicación del Reflector 2

%Calculo de las diferencia entre los puntos.
x01=punto0(1)-punto1(1) %Entre el receptor y el led
x02=punto0(1)-punto2(1) %Entre el receptor y el reflector 1
x03=punto0(1)-punto3(1) %Entre el receptor y el reflector 2
x12=punto1(1)-punto2(1) %Entre el led y el reflector 1
x13=punto1(1)-punto3(1) %Entre el led y el reflector 2

y01=punto0(2)-punto1(2)
y02=punto0(2)-punto2(2)

```

$$y03=\text{punto0}(2)-\text{punto3}(2)$$

$$y12=\text{punto1}(2)-\text{punto2}(2)$$

$$y13=\text{punto1}(2)-\text{punto3}(2)$$

$$z01=\text{punto0}(3)-\text{punto1}(3)$$

$$z02=\text{punto0}(3)-\text{punto2}(3)$$

$$z03=\text{punto0}(3)-\text{punto3}(3)$$

$$z12=\text{punto1}(3)-\text{punto2}(3)$$

$$z13=\text{punto1}(3)-\text{punto3}(3)$$

%Calculo de las distancia entre los diferentes ubicación

$$d00=(x01^2+y01^2+z01^2)^{1/2} \text{ \%Entre el receptor y el led}$$

$$d01=(x12^2+y12^2+z12^2)^{1/2} \text{ \%Entre el led y el primer reflector}$$

$$d02=(x02^2+y02^2+z02^2)^{1/2} \text{ \%Entre el receptor y el primer reflector}$$

$$d03=(x12^2+y12^2+z12^2)^{1/2} \text{ \%Entre el led y el segundo reflector}$$

$$d04=(x13^2+y13^2+z13^2)^{1/2} \text{ \%Entre el receptor y el segundo reflector}$$

$$\text{FOV}=\text{FOV}*\pi/180$$

%Angulos phi

$$\text{phi0}=\text{atan}((x01^2+y01^2)^{1/2}/-z01) \text{ \%Entre el receptor y el led}$$

$$\text{phi1}=\text{atan}((x12^2+y12^2)^{1/2}/z12) \text{ \%Entre el led y reflector 1}$$

$$\text{phi2}=\text{atan}(-z02/(x02^2+y02^2)^{1/2}) \text{ \%Entre el receptor y el reflector 1}$$

$$\text{phi3}=\text{atan}((x13^2+y13^2)^{1/2}/-z13) \text{ \%Entre el led y el reflector 2}$$

$$\text{phi4}=\text{atan}(-z03/(x03^2+y03^2)^{1/2}) \text{ \%Entre el receptor y el reflector 2}$$

$$\text{tetha0}=\pi/2-\text{phi0};$$

$$\text{tetha0}=\pi/2-\text{FOV}+\text{tetha0}$$

$$\text{tetha1}=\pi/2-\text{phi1};$$

$$\text{tetha1}=\pi/2-\text{FOV}+\text{tetha1}$$

$$\text{tetha2}=\pi/2-\text{phi2};$$

$$\text{tetha2}=\pi/2-\text{FOV}+\text{tetha2}$$

$$\text{tetha3}=\pi/2-\text{phi3}$$

$$\text{tetha4}=\pi/2-\text{phi4};$$

$$\text{tetha4}=\text{FOV}-\text{tetha4}$$

$$m=-1/\log_2(\cos(\pi*\text{Phi}12/360))$$

$$L0=(\text{Apd}^{m+1}*(\cos(\text{phi0}))^m*\cos(\text{tetha0}))/(\pi*d00^2)$$

$$L1=(\text{Aref}^{m+1}*(\cos(\text{phi1}))^m*\cos(\text{tetha1}))/(\pi*d01^2)$$

$$L2=(\text{Aref}*\cos(\text{phi2})*\cos(\text{tetha2}))/(\pi*d02^2)$$

$$L3=(\text{Apd}*\cos(\text{phi3})*\cos(\text{tetha3}))/(\pi*d03^2)$$

$$L4=(\text{Apd}*\cos(\text{phi4})*\cos(\text{tetha4}))/(\pi*d04^2)$$

$$b0=\text{tetha0}/\text{FOV}$$

$$b1=\text{tetha1}/\text{FOV}$$

$$b2=\text{tetha2}/\text{FOV}$$

$$b3=\text{tetha3}/\text{FOV}$$

$$b4=\text{tetha4}/\text{FOV}$$

%Calculo de la hk

%k=0

if (b0<-1 | b0 >1)

h0=0

else

h0=L0*Aref

end

%k=1

if (b2<-1 | b2 >1)

h1=0

else

h1=L1*L2*Aref*0.47%*10⁻⁶

```

end
%k=2
if (b3<-1 | b3 > 1 )
    h2=0
else
    h2=L1*L2*L3*Aref*0.47*0.211%*10^-6*0.211*10*-6
end
%k=3
if (b4<-1 | b4 > 1 )
    h3=0
else
    h3=L1*L2*L3*L4*Aref*0.467*0.211*0.107%*10^-6*0.211*10^-6*0.107*10^-
6
end
if k==1
    H=+h0+h1
end
if k==2
    H=h0+h1+h2
end

if k==3
    H=h0+h1+h2+h3
end
hdb=20*log10(H)
%Coordenada
xx0=d00/(3*10^8)
xx1=(d01+d02)/(3*10^8)
xx2=(d01+d02+d03)/(3*10^8)
xx3=(d01+d02+d03+d04)/(3*10^8)

```

```

plot(xx0,20*log10(h0),'o')
hold on
plot(xx1,20*log10(h1),'o')
hold on
plot(xx2,20*log10(h2),'o')
hold on
plot(xx3,20*log10(h3),'o')
hold on

```

Código de matlab de los reflectores dentro del área del tomógrafo

```

%-----Led1-----
xlabel ('Horizontal')
ylabel ('Vertical')
zlabel ('Altura')
title ('Modelo de Propagacion NLOS')
grid on
%Punto 1
hold on
plot3(1.44,1.33,3,'o'), grid;
hold on
plot3(0,1.5,1.5,'x'),grid;
hold on
plot3(1.35,1.85,1.25,'x'),grid;
hold on
plot3(1,1.6,1,'r*'), grid;
text (1,1.6,1,'-74.22 dbm')
%potencia 1
line ([0,1],[1.5,1.6],[1.5,1])

```

```

line ([1.35,1],[1.85,1.6],[1.25,1])
%Punto 2
hold on
plot3(1.44,1.33,3,'o'), grid;
hold on
plot3(2,2.3,1.5,'x'),grid;
hold on
plot3(2.75,2,1,'x'),grid;
hold on
plot3(2.25,2.1,0.8,'r*'), grid;
text (2.25,2.1,0.8,'-80 dbm')
line ([2,2.25],[2.3,2.1],[1.5,0.8])
line ([2.75,2.25],[2,2.1],[1,0.8])
%Punto 3
hold on
plot3(1.44,1.33,3,'o'), grid;
hold on
plot3(0.5,1,0.10,'x'),grid;
hold on
plot3(1,1.75,1,'x'),grid;
hold on
plot3(0.75,1.30,0.5,'b*'), grid;
text (0.75,1.30,0.5,'-36.9 dbm')
line ([0.5,0.75],[1,1.30],[0.10,0.5])
line ([1,0.75],[1.75,1.30],[1,0.5])
%-----Led2-----
%Punto 1
hold on
plot3(4.32,1.33,3,'o'), grid;
hold on

```

```

plot3(2.93,1,2,'x'),grid;
hold on
plot3(3.25,1.4,1.5,'x'),grid;
hold on
plot3(3,1.3,1.75,'g*'), grid;
text (3,1.3,1.75,'-20.29 dbm')
line ([2.93,3],[1,1.3],[2,1.75])
line ([3.25,3],[1.4,1.3],[1.5,1.75])
%Punto 2
hold on
plot3(4.32,1.33,3,'o'), grid;
hold on
plot3(4.5,2,0.75,'x'),grid;
hold on
plot3(5.75,2.5,1.85,'x'),grid;
hold on
plot3(5,2.4,1,'r*'), grid;
text (5,2.4,1,'-51.31 dbm')
line ([4.5,5],[2,2.4],[0.75,1])
line ([5.75,5],[2.5,2.4],[1.85,1])
%Punto 3
hold on
plot3(4.32,1.33,3,'o'), grid;
hold on
plot3(3,1.5,1.5,'x'),grid;
hold on
plot3(4.5,2,1.90,'x'),grid;
hold on
plot3(3.9,1.75,1.6,'r*'), grid;
text (3.9,1.75,1.6,'-156.79 dbm')

```

```

line ([3,3.9],[1.5,1.75],[1.5,1.6])
line ([4.5,3.9],[2,1.75],[1.9,1.6])
%-----Led3-----
%Punto 1
hold on
plot3(4.32,6.5,3,'o'), grid;
hold on
plot3(3,5.3,2.3,'x'),grid;
hold on
plot3(5,6.3,1.9,'x'),grid;
hold on
plot3(4,5.9,2,'b*'), grid;
text (4,5.9,2,'-33.88 dbm')
line ([3,4],[5.3,5.9],[2.3,2])
line ([5,4],[6.3,5.9],[1.9,2])
%Punto 2
hold on
plot3(4.32,6.5,3,'o'), grid;
hold on
plot3(4,6,2.8,'x'),grid;
hold on
plot3(5.1,7.3,1,'x'),grid;
hold on
plot3(4.7,6.85,1.78,'b*'), grid;
text (4.7,6.85,1.78,'-36.32 dbm')
line ([4,4.7],[6,6.85],[2.8,1.78])
line ([5.1,4.7],[7.3,6.85],[1,1.78])
%Punto 3
hold on
plot3(4.32,6.5,3,'o'), grid;

```

```

hold on
plot3(4.5,6,1,'x'),grid;
hold on
plot3(5.5,7,1.7,'x'),grid;
hold on
plot3(5,6.5,1.5,'b*'), grid;
text (5,6.5,1.5,'-30.6 dbm')
line ([4.5,5],[6,6.5],[1,1.5])
line ([5.5,5],[7,6.5],[1.7,1.5])
%-----Led4-----
%Punto 1
hold on
plot3(1.44,3.9,3,'o'), grid;
hold on
plot3(1,2.9,2.5,'x'),grid;
hold on
plot3(1.75,3.1,1.6,'x'),grid;
hold on
plot3(1.5,3,1.75,'b*'), grid;
text (1.5,3,1.75,'-31.86 dbm')
line ([1,1.5],[2.9,3],[2.5,1.75])
line ([1.75,1.5],[3.1,3],[1.6,1.75])
%Punto 2
hold on
plot3(1.44,3.9,3,'o'), grid;
hold on
plot3(2.1,3.3,0.8,'x'),grid;
hold on
plot3(2.6,3.8,1.95,'x'),grid;
hold on

```

```

plot3(2.35,3.5,1,'r*'), grid;
text (2.35,3.5,1,'-54.35 dbm')
line ([2.1,2.35],[3.3,3.5],[0.8,1])
line ([2.6,2.35],[3.8,3.5],[1.95,1])
%Punto 3
hold on
plot3(1.44,3.9,3,'o'), grid;
hold on
plot3(0,3,1,'x'),grid;
hold on
plot3(1,3.89,2,'x'),grid;
hold on
plot3(0.5,3.4,1.5,'r*'), grid;
text (0.5,3.4,1.5,'-43.05 dbm')
line ([0,0.5],[3,3.4],[1,1.5])
line ([1,0.5],[3.89,3.4],[2,1.5])
%-----Led5-----
%Punto 1
hold on
plot3(4.32,3.9,3,'o'), grid;
hold on
plot3(3,4,2,'x'),grid;
hold on
plot3(4.5,4.7,2.5,'x'),grid;
hold on
plot3(3.85,4,2.4,'g*'), grid;
text (3.85,4,2.4,'-20.73 dbm')
line ([3,3.85],[4,4],[2,2.4])
line ([4.5,3.85],[4.7,4],[2.5,2.4])
%Punto 2

```

```

hold on
plot3(4.32,3.9,3,'o'), grid;
hold on
plot3(5.75,4.5,1.9,'x'),grid;
hold on
plot3(5,5.1,2.3,'x'),grid;
hold on
plot3(5.5,5,2,'b*'), grid;
text (5.5,5,2,'-39.16 dbm')
line ([5.75,5.5],[4.5,5],[1.9,2])
line ([5,5.5],[5.1,5],[2.3,2])
%Punto 3
hold on
plot3(4.32,3.9,3,'o'), grid;
hold on
plot3(3.5,4,2,'x'),grid;
hold on
plot3(4,5.5,1,'x'),grid;
hold on
plot3(3.7,4.9,1.5,'r*'), grid;
text (3.7,4.9,1.5,'-41.31 dbm')
line ([3.5,3.7],[4,4.9],[2,1.5])
line ([4,3.7],[5.5,4.9],[1,1.5])
%-----Led5-----
%Punto 1
hold on
plot3(1.44,6.5,3,'o'), grid;
hold on
plot3(1,5.5,1.75,'x'),grid;
hold on

```

```

plot3(2,6.3,2,'x'),grid;
hold on
plot3(1.5,6,1.9,'r*'), grid;
text (1.5,6,1.9,'-128.3 dbm')
line ([1,1.5],[5.5,6],[1.75,1.9])
line ([2,1.5],[6.3,6],[2,1.9])
%Punto 2
hold on
plot3(1.44,6.5,3,'o'), grid;
hold on
plot3(0,5.75,0.5,'x'),grid;
hold on
plot3(1.6,6.7,1.8,'x'),grid;
hold on
plot3(1,6,1,'r*'), grid;
text (1,6,1,'-201.3 dbm')
line ([0.5,1],[5.75,6.7],[0.5,1])
line ([1.6,1],[6.7,6],[1.8,1])

```

Modelo conceptual del Repositorio digital

| PAIS | | | | | | | | |
|--------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|----|---|--|---|--|---|
| pai_id | X | | 20 | X | | | | |
| pai_nombre | | | 50 | | | X | | |
| pai_descripcion | | | 50 | | | X | | |
| pai_estado_activo | | | 1 | | | X | | |
| pai_fecha_creacion | | | | | | | | X |
| pai_fecha_modificacion | | | | | | | | X |
| pai_estado_logico | | | 1 | | | X | | |

Tabla 12.Pais

| PROVINCIA | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| prov_id | X | | 20 | X | | | | |
| pai_id | | X | 20 | X | | | | |
| prov_nombre | | | 60 | | | X | | |
| prov_descripcion | | | 60 | | | X | | |
| prov_estado_activo | | | 1 | | | X | | |
| prov_fecha_creacion | | | | | | | | X |
| prov_fecha_modificacion | | | | | | | | X |
| prov_estado_logico | | | 1 | | | X | | |

Tabla 13. Provincia

| CANTON | | | | | | | | |
|--------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| can_id | X | | 20 | X | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------------------|--|---|----|---|--|---|--|---|
| prov_id | | X | 20 | X | | | | |
| can_nombre | | | 60 | | | X | | |
| can_descripcion | | | 60 | | | X | | |
| can_estado_activo | | | 1 | | | X | | |
| can_fecha_creacion | | | | | | | | X |
| can_fecha_modificacion | | | | | | | | X |
| can_estado_logico | | | 1 | | | X | | |

Tabla 14 Canton

| TIPO_CONSULTA | | | | | | | | |
|---------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| tcon_id | | | 20 | X | | | | |
| tcon_nombre | | | 50 | | | X | | |
| tcon_fec_cre | | | | | | | | X |
| tcon_fec_mod | | | | | | | | X |
| tcon_est_log | | | 1 | | | X | | |

Tabla 15 Tipo_consulta

| PERSONA | | | | | | | | |
|---------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| per_id | X | | 20 | X | | | | |

| | | | | | | | | |
|----------------------|--|--|-----|--|--|---|--|---|
| per_ced_ruc | | | 15 | | | X | | |
| per_nombre | | | 100 | | | X | | |
| per_apellido | | | 100 | | | X | | |
| per_genero | | | 1 | | | X | | |
| per_fecha_nacimiento | | | | | | | | X |
| per_tipo_sangre | | | 5 | | | X | | |
| per_foto | | | 100 | | | X | | |
| per_estado_activo | | | 1 | | | X | | |
| per_est_log | | | 1 | | | X | | |
| per_fec_cre | | | | | | | | X |
| per_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 16 Persona

| DATA_PERSONA | | | | | | | | |
|---------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| dper_id | X | | 20 | X | | | | |
| per_id | | X | 20 | X | | | | |
| pai_id | | X | 20 | X | | | | |
| dper_telefono | | | 20 | | | X | | |
| dper_celular | | | 20 | | | X | | |
| dper_contacto | | | 60 | | | X | | |
| dper_est_log | | | 1 | | | X | | |
| dper_fec_cre | | | | | | | | X |
| dper_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 17 Data-persona

| USUARIO | | | | | | | | |
|-------------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| usu_id | X | | 20 | X | | | | |
| per_id | | X | 20 | X | | | | |
| usu_username | | | 45 | | | X | | |
| usu_password | | | 255 | | | X | | |
| usu_sha | | | 255 | | | X | | |
| usu_session | | | 255 | | | X | | |
| usu_last_login | | | | | | | | X |
| usu_link_activo | | | Text | | | X | | |
| usu_estado_activo | | | 1 | | | X | | |
| usu_alias | | | 60 | | | X | | |
| usu_est_log | | | 1 | | | X | | |
| usu_fec_cre | | | | | | | | X |
| usu_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 18 Usuario

| LOG | | | | | | | | |
|--------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| log_id | X | | 20 | X | | | | |
| usu_id | | X | 20 | X | | | | |
| log_registro | | | 20 | X | | | | |
| log_fecha | | | | | | | | X |

Tabla 19 Log

| MEDICO | | | | | | | | |
|--------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |

| | | | | | | | | |
|---------------|---|---|-----|---|--|---|--|---|
| med_id | X | | 20 | X | | | | |
| per_id | | X | 20 | X | | | | |
| med_colegiado | | | 100 | | | X | | |
| med_fec_cre | | | | | | | | X |
| med_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 20 Médico

| ESPECIALIDAD | | | | | | | | |
|--------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| esp_id | X | | 20 | X | | | | |
| esp_nombre | | | 60 | | | X | | |
| esp_nivel | | | 5 | | X | | | |
| esp_est_log | | | 1 | | | X | | |
| esp_fec_cre | | | | | | | | X |
| esp_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 21 Especialidad

| ESPECIALIDAD_MEDICO | | | | | | | | |
|---------------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| emed_id | X | | 20 | X | | | | |
| esp_id | | X | 20 | X | | | | |
| emed_est_log | | | 1 | | | X | | |
| emed_fec_cre | | | | | | | | X |
| emed_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 22 Especialidad_Medico

| EMPRESA | | |
|---------|-------|--------------|
| NOMBRE | CLAVE | TIPO DE DATO |

| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
|-----------------|----|----|------|--------|-----|---------|---------|------|
| emp_id | X | | | X | | | | |
| emp_nombre | | | 60 | | | X | | |
| emp_ruc | | | 15 | | | X | | |
| emp_descripcion | | | 100 | | | X | | |
| emp_direccion | | | 100 | | | X | | |
| emp_telefono | | | 20 | | | X | | |
| emp_est_log | | | 1 | | | X | | |
| emp_fec_cre | | | | | | | | X |
| emp_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 23 Empresa

| MEDICO_EMPRESA | | | | | | | | |
|----------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| memp_id | X | | 20 | X | | | | |
| med_id | | X | 20 | X | | | | |
| emp_id | | X | 20 | X | | | | |
| memp_est_log | | | 1 | | | X | | |
| memp_fec_cre | | | | | | | | X |
| memp_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 24 Médico_Empresa

| PACIENTE | | |
|----------|-------|--------------|
| NOMBRE | CLAVE | TIPO DE DATO |

| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
|-------------------|----|----|------|--------|-----|---------|---------|------|
| pac_id | X | | | X | | | | |
| per_id | | X | | X | | | | |
| pac_fecha_ingreso | | | | | | | | X |
| pac_est_log | | | 1 | | | X | | |
| pac_fec_cre | | | | | | | | X |
| pac_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 25 Paciente

| CITA_PROGRAMADA | | | | | | | | |
|-------------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| cprog_id | X | | 20 | X | | | | |
| pac_id | | X | 20 | X | | | | |
| emed_id | | X | 20 | X | | | | |
| cprog_numero | | | 10 | | | X | | |
| cprog_observacion | | | Text | | | X | | |
| cprog_est_log | | | | | | X | | |
| cprog_fec_cre | | | | | | | | X |
| cprog_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 26 Cita_programada

| CENTRO_ATENCION | | |
|-----------------|-------|--------------|
| CAMPOS | CLAVE | TIPO DE DATO |

| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
|------------------|----|----|------|--------|-----|---------|---------|------|
| cate_id | X | | 20 | X | | | | |
| emp_id | | X | 20 | X | | | | |
| cate_nombre | | | 50 | | | X | | |
| cate_direccion | | | 100 | | | X | | |
| cate_telefono | | | 20 | | | X | | |
| cate_correo | | | 60 | | | X | | |
| cate_hora_inicio | | | 8 | | | X | | |
| cate_hora_fin | | | 8 | | | X | | |
| cate_est_log | | | 1 | | | X | | |
| cate_fec_cre | | | | | | | | X |
| cate_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 27 Centro_atención

| OFICINA | | | | | | | | |
|-------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| ofi_id | X | | | X | | | | |
| ofi_nombre | | | 50 | | | X | | |
| ofi_est_log | | | 1 | | | X | | |
| ofi_fec_cre | | | | | | | | X |
| ofi_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 28 Oficina

| CONSULTORIO | | | | | | | | |
|-------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |

| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
|--------------|----|----|------|--------|-----|---------|---------|------|
| cons_id | X | | 20 | X | | | | |
| cate_id | | X | 20 | X | | | | |
| esp_id | | X | 20 | X | | | | |
| ofi_id | | X | 20 | X | | | | |
| cons_nombre | | | 50 | | | X | | |
| cons_est_log | | | 1 | | | X | | |
| cons_fec_cre | | | | | | | | X |
| cons_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 29 Consultorio

| HORARIO | | | | | | | | |
|--------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| hora_id | X | | 20 | X | | | | |
| fecha_cita | X | | 20 | X | | | | |
| cons_id | | X | 20 | X | | | | |
| med_id | | X | 20 | X | | | | |
| hora_inicio | | | 8 | | | X | | |
| hora_fin | | | 8 | | | X | | |
| hora_est_log | | | 1 | | | X | | |
| hora_fec_cre | | | | | | | | X |
| hora_fec_mod | | | | | | | | X |

Tabla 30 Horario

IMÁGENES

| CAMPOS | CLAVE | | TIPO DE DATO | | | | | |
|-----------------------|-------|----|--------------|--------|-----|---------|---------|------|
| | PK | FK | LONG | BIGINT | INT | VARCHAR | DECIMAL | DATE |
| ima_id | X | | 20 | X | | | | |
| eve_id | | X | 20 | X | | | | |
| ima_titulo | | | 60 | | | X | | |
| ima_nombre_archivo | | | 60 | | | X | | |
| ima_extension_archivo | | | 5 | | | X | | |
| ima_ruta_archivo | | | 10 | | | X | | |
| ima_tamano | | | 10 | | | X | | |
| ima_folio | | | 20 | | | X | | |
| ima_observacion | | | 100 | | | X | | |
| ima_fecha_publica | | | | | | | | X |
| ima_fec_cre | | | | | | | | X |
| ima_fec_mod | | | | | | | | X |
| ima_est_log | | | 1 | | | X | | |

Tabla 31 Imágenes