



**UNIVERSIDAD FERMÍN TORO
VICE-RECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**

**ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA LI-FI APLICADA EN EL
SECTOR AERONAUTICO PARA PERMITIR CONEXIÓN
A INTERNET EN EL INTERIOR DE LAS AERONAVES
COMERCIALES**

Autor: Br. Adelis Mejia

Tutor: Ing. Emily Puentes Román

CABUDARE, JULIO DE 2019



**UNIVERSIDAD FERMÍN TORO
VICE-RECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**

**ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA LI-FI APLICADA EN EL
SECTOR AERONAUTICO PARA PERMITIR CONEXIÓN
A INTERNET EN EL INTERIOR DE LAS AERONAVES
COMERCIALES**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en
Telecomunicaciones

Autor: Br. Adelis Mejia

Tutor: Ing. Emily Puentes Román

CABUDARE, JULIO DE 2019

DEDICATORIA

A mi Padre **Adelis Mejia**, que gracias a su gran apoyo incondicional logré llegar tan lejos y además ser quien soy hoy en día.

Sin importar que ya no estés físicamente conmigo, siempre estarás presente en mi vida y en mi corazón. Este logro es tan mío como tuyo, por esta razón te dedico mi tesis y mi título universitario.

TE AMO y Te Amaré por el resto de mi vida Papi!

AGRADECIMIENTOS

- Primeramente a **Dios**, por darme vida, salud y fortaleza para alcanzar este punto y lograr esta meta que me tracé hace unos años.
- A mis **Padres**, mi Madre **Ydelma Valera** y mi Padre **Adelis Mejia**, los que me regalaron la vida, entregaron todo por mí y durante todos estos años de la carrera siempre estuvieron para mí dándome todo su apoyo, sin ellos a mi lado nada de esto hubiese sido posible.
- A toda mi **Familia**, que de una u otra manera siempre estuvieron al pendiente de mí y me dieron todo su apoyo sin importar la distancia.
- A la **Ing. Emily Puentes**, mi Tutora, quien me recibió y decidió darme toda su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo con mucha paciencia y dedicación.
- A mi amiga, hermana y futura colega **Karelys Rodríguez**, quien estuvo a mi lado apoyándome y luchando conmigo desde que iniciamos nuestra carrera.
- A todos mis amigos y hermanos de vida, los que hace ya unos cuantos años me regaló la UCLA, **Abel, Alejandra, Ana, Fabiana, Illger, Karelys, Katherine, Marcos, María, Norismar y Viviana**, quienes forman una parte muy importante de mi vida, los que me han acompañado y apoyado en todo momento, en las buenas y en las malas, siempre juntos. Gracias por ser la familia que Dios me permitió elegir.
- A la **Dra. Vanessa Quero** y al **Dr. Pedro Briceño** por su apoyo y gran ayuda en este último lapso académico.
- A la **Ing. Marly Rodríguez**, quien fue mi profesora durante casi toda mi carrera, que con su amor por esta carrera y por impartir su conocimiento me enseñó tantas cosas.
- A la **Universidad Fermín Toro**, mi casa de estudios, la que me permitió formarme como profesional y también crecer como persona por los valores impartidos en la misma.

INDICE GENERAL

	p.p
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESÚMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA.....	1
Planteamiento del Problema.....	1
Objetivos de la Investigación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Justificación de la Investigación.....	2
Alcances y Limitaciones.....	3
II MARCO TEÓRICO.....	5
Antecedentes de la Investigación.....	5
Bases Teóricas.....	8
Aeronave Comercial.....	8
Estructura de una Aeronave.....	9
Ala.....	9
Motores.....	9
Tren de Aterrizaje.....	9
Fuselaje.....	9
Cabina de Mando.....	9
Cabina de Pasajeros.....	10
Sistema Electrónico de instrumentos de vuelo.....	10
Primary Flight Display (PDF).....	11
Multi-Function.....	11
Sistemas de Comunicación de una Aeronave Comercial.....	12
Radar Primario.....	12
Radar Secundario.....	12
ACARS.....	12
GPS.....	13
SATCOM.....	13
Sistema Integrado de Audio.....	13
Comunicación VHF.....	13
Comunicación HF.....	13
Espectro Electromagnetico.....	14
Espectro Visible.....	15
Sistema de Comunicación.....	15

Elementos de un Sistema de Comunicación.....	15
Comunicación Inalámbrica.....	16
Técnicas de Modulación.....	17
Light Fidelity (Li-Fi).....	18
Funcionamiento de la Tecnología Li-Fi.....	20
Bases Legales.....	20
Ley Orgánica de Telecomunicaciones.....	20
Ley de Ciencia, Innovación y Tecnología.....	21
Definición de Términos Básicos.....	22
III MARCO METODOLÓGICO.....	24
Naturaleza de la Investigación.....	24
Diseño de la Investigación.....	25
Fases de la Investigación.....	25
Fase I Diagnóstico.....	26
Población y Muestra.....	27
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	27
Fase II Estudio de Factibilidad.....	28
Factibilidad Técnica.....	29
Factibilidad Operativa.....	29
Factibilidad Económica.....	29
IV DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	30
Objetivo de la Propuesta.....	30
Fundamentación.....	31
Problemas generados en los equipos electrónicos por ondas electromagnética.....	31
Avances tecnológicos en las conexiones inalámbricas.....	32
Criterios que rigen el funcionamiento de la tecnología Li-Fi.....	35
Estructura de la Propuesta.....	36
Equipos del Sistema.....	36
Fuente de Conexión a Internet.....	40
Diagramas del Sistema.....	41
V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS.....	46

LISTA DE CUADROS

CUADRO	p.p
1 Aspectos más relevantes del Bluetooth, el Wi-Fi y el Li-Fi	33
2 Parámetros de la tecnología Li-Fi	35
3 Punto de Acceso	36
4 Transmisor Driver	37
5 Estación Dongle	38
6 Métodos para conexión a internet en las aeronaves	40
7 Función de los Elementos de la Estructura Li-Fi	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	p.p
1 Airbus A340-600	8
2 EFIS en un Airbus A380	10
3 Diagrama del Espectro Electromagnético	14
4 Espectro Visible por el ojo humano	15
5 Comunicación Inalámbrica	17
6 Funcionamiento de la Tecnología Li-Fi	20
7 Lámpara LED con Transmisor Driver	38
8 Transmisor/Receptor de conectividad Li-Fi integrada	39
9 Accesorio para teléfonos móviles integrado con conectividad Li-Fi	39
10 Conexión por bandas “Ku” y “Ka”	41
11 Estructura del Sistema Li-Fi	41
12 Diagrama de diseño para la Cabina de Vuelo	42
13 Diagrama de diseño para la Cabina de Pasajeros	43



**UNIVERSIDAD FERMÍN TORO
VICE-RECTORADO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**

**ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA LI-FI APLICADA EN EL SECTOR
AERONAUTICO PARA PERMITIR CONEXIÓN A INTERNET
EN EL INTERIOR DE LAS AERONAVES COMERCIALES**

Autor : Br. Adelis Mejia

Tutor : Ing. Emily Puentes Román

Año : 2019

RESUMEN

Bien es sabido que actualmente estar conectado a internet es algo casi indispensable para la mayoría de las personas, es por esto que hoy en día en casi cualquier lugar al que vamos tenemos acceso a internet en nuestros distintos equipos electrónicos mediante una conexión Wi-Fi. Sin embargo existen diferentes lugares en los cuales una conexión Wi-Fi no está permitida o se encuentra limitada ya que puede afectar a otros dispositivos debido a las ondas electromagnéticas irradiadas, como es el caso de algunos equipos médicos o equipos utilizados en aviones. Es por esto que se ha estado evolucionando en este aspecto de conexión, una nueva tecnología que se encuentra en proceso de estudios es la tecnología Li-Fi, la cual se basa en el principio de transferencia de datos e información mediante la luz. Por tal motivo se quiere hacer un estudio con el cual se puedan comprender todos los factores que benefician o afectan de algún modo a la implementación de la tecnología Li-Fi aplicada en el sector aeronáutico, lo cual tendría como propósito proveer a las personas una conexión a internet durante los viajes aéreos. La investigación está en marcado dentro del Eje rector II correspondiente a Hombre - Ciudad - Territorio. Eje Temático Sistemas de Telecomunicaciones, específicamente en la Línea de Investigación Redes y Sistemas de Telecomunicaciones para mejorar la comunicación entre los seres humanos y grupos sociales.

Descriptores: Tecnología Li-Fi, Sector Aeronáutico, Internet.

INTRODUCCIÓN

Muchas son las tecnologías que han surgido en la actualidad y gracias a esas herramientas es posible resolver necesidades de comunicación en la vida diaria y el mundo moderno. Las telecomunicaciones sin duda alguna, facilitan la superación de muchas fronteras debido a que se pueden enlazar puntos a corta o larga distancia, ya sea de manera alámbrica o inalámbrica, lo cual permita el nacimiento de nuevos intereses capaces de brindar infinitud de soluciones a diferentes problemas y permita el desarrollo humano con su entorno.

Las conexiones inalámbricas han permitido el acceso a internet en cualquier lado y de una forma mucho más cómoda sin la necesidad de hacer uso de cableado en nuestros dispositivos electrónicos, con el pasar de los años las conexiones inalámbricas han ido avanzando y uno de estos avances es la tecnología Light Fidelity o Li-Fi, la cual evoluciona en el tipo de medio de transmisión de la información en lo que respecta a su predecesor el Wi-Fi, a diferencia de este el Li-Fi hace uso de la luz led para a través de ella transmitir información de una manera mucho más rápida y económica.

La presente investigación se enfoca en realizar un estudio de la tecnología Li-Fi para ser aplicada en el sector aeronáutico y proveer de conexión a internet a las personas durante viajes en aviones comerciales, esto con el fin de evitar la interferencia producida por la radiación de las ondas electromagnéticas que afectan a los diferentes equipos electrónicos que conforman los sistemas principales de las aeronaves. La base fundamental de este trabajo de investigación es poder reconocer todas las ventajas que proporciona esta nueva tecnología para el sector aeronáutico, así como también todos aquellos desafíos o inconvenientes que puedan presentarse en su implementación, teniendo siempre como objetivo superarlos y poder hacer uso de esta innovación tecnológica en un futuro cercano.

De acuerdo a lo anterior, el siguiente trabajo de investigación se estructura de la siguiente forma:

El capítulo I, en esta sección se realiza el planteamiento del problema y sus objetivos, así como también, su justificación e importancia, alcances y limitaciones.

El capítulo II, se citan algunos trabajos previos realizados sobre el tema que abarca este proyecto de investigación, se desarrollan las bases teóricas que fundamentan el trabajo y se definen los términos básicos, aspectos que orientan sobre cómo se desarrolla dicho trabajo.

El capítulo III, en el cual se describe la metodología de la investigación, el tipo de estudio según su naturaleza de investigación, así como también, la forma como se recolectan los datos y técnicas para el análisis de los mismos.

El capítulo IV, se hace énfasis a cada uno de los resultados que se obtienen en la investigación y el análisis de los mismos, se detalla la culminación del diagnóstico de la necesidad y diseño de la propuesta.

El capítulo V, se describen las conclusiones generadas a lo largo del estudio, además de las diferentes recomendaciones que podrían ser consideradas por otros autores en un futuro.

Por último, se presentan las referencias que han sido consultadas, siendo base para la fundación de argumentos y sustento del trabajo de grado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

Actualmente estar conectado a internet es algo necesario para la mayoría de las personas, por tal razón hoy día en casi cualquier lugar al que vamos tenemos acceso a internet en los diversos equipos electrónicos mediante conexiones inalámbricas, como la conocida tecnología Wi-Fi. Sin embargo existen diferentes lugares en los cuales una conexión Wi-Fi no está permitida o se encuentra limitada ya que puede afectar a otros dispositivos debido a las ondas electromagnéticas irradiadas, como es el caso de equipos médicos o equipos utilizados en aviones; es por esto que se ha estado evolucionando en cuanto a tecnología inalámbrica se refiere con una nueva que se encuentra en proceso de implementación conocida como Li-Fi, la cual se basa en el principio de transferencia de datos e información mediante la luz.

Hoy en día todas las aeronaves comerciales modernas cuentan con sistemas electrónicos vitales los cuales están compuestos por distintos dispositivos los cuales están diseñados y se encuentran configurados para permitir un desempeño óptimo de estas, desde el inicio hasta el final de sus recorridos. Dichos dispositivos al estar constituidos de partes electrónicas son sensibles a los efectos electromagnéticos, por ello estos se encuentran muy vulnerables a la radiación producida por las ondas electromagnéticas. Debido a esto ellos deben ser protegidos de cualquier interferencia que ponga en riesgo su correcto funcionamiento para así evitar fallas que puedan conllevar a un accidente.

Por tal motivo se quiere hacer un estudio con el cual se puedan comprender todos los factores que benefician o afectan de algún modo a la implementación de la tecnología Li-Fi aplicada en el sector aeronáutico, debido a que dicha tecnología funciona con señal de luz para efectuar la transferencia de información entre los entes

involucrados; lo cual tendría como finalidad proveer a las personas una conexión a internet durante los viajes aéreos sin que exista ningún tipo de inconveniente relacionado con las interferencias electromagnéticas generadas por las ondas de radio.

De acuerdo a la problemática antes descrita surgen las siguientes interrogantes ¿Cuáles son los problemas que pueden generarse en los equipos electrónicos de las aeronaves debido a las ondas electromagnéticas?, ¿Será posible estudiar los avances tecnológicos en las conexiones inalámbricas que permiten transmitir información mediante luz?, ¿Será factible la implementación de la tecnología Li-Fi en las aeronaves comerciales desde los aspectos técnicos, operativos y económicos?, ¿Cuál sería la alternativa de conexión a internet vía Li-Fi adecuada para la aeronave?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Estudiar la tecnología Li-Fi aplicada en el sector aeronáutico para permitir conexión a internet en el interior de las aeronaves comerciales.

Objetivos Específicos

Identificar los problemas que pueden generarse en los equipos electrónicos de las aeronaves debido a las ondas electromagnéticas.

Estudiar los avances tecnológicos en las conexiones inalámbricas que permiten transmitir información mediante luz led.

Evaluar la factibilidad de la implementación de la tecnología Li-Fi en las aeronaves comerciales.

Diseñar la estructura de conexión a Internet con tecnología Li-Fi adecuada a la infraestructura interna de la aeronave.

Justificación de la Investigación

Bien es sabido que para los seres humanos estar conectados a internet se ha convertido en una de sus necesidades principales puesto que la mayoría de nuestras

actividades están relacionadas con internet, es por ello que cada día existen diversos avances en cuanto a la tecnología de comunicación para así lograr satisfacer estas necesidades, y actualmente se está incursionando en una nueva forma de transmitir la información de manera inalámbrica mediante el uso de la luz.

Para el caso particular de la aeronaves se recomienda la utilización de la tecnología Li-Fi dado que al hacer uso el espectro electromagnético utilizando la luz visible como medio de transmisión se logran evitar todas las interferencias que son producidas por las ondas de radio, que en el caso del sector aeronáutico pueden afectar de forma negativa al funcionamiento diferentes equipos electrónicos presentes en las aeronaves, los cuales son de vital importancia para estas. También es relevante el hecho que el Li-Fi tiene una velocidad de descarga la cual puede llegar a ser hasta cien veces mayor que la proporcionada por la tecnología Wi-Fi, lo cual es de gran ventaja puesto que garantiza una conexión a internet mucho más rápida y eficiente.

La presente investigación según las normativas de la universidad Fermín Toro se ubica en la línea de investigación las redes y los sistemas de telecomunicaciones, identificada con el eje Sistemas de Telecomunicaciones con el propósito de enfocarse en el estudio de la tecnología Li-Fi buscando evaluar la factibilidad de su implementación en el sector aeronáutico y el polo o eje rector II correspondiente a Hombre – Ciudad – Territorio,

Alcances y Limitaciones

Alcance

De acuerdo al Manual de Normas actualizado para la presentación de trabajo de grado de la Universidad Fermín Toro (2016) este aspecto abarca todo lo relacionado con “las proyecciones que pudiera tener el estudio, para qué, para quién, debe estar en relación con los objetivos y los resultados” (p. 23). Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) el alcance de una investigación indica el resultado lo que se obtendrá a partir de ella y condiciona el método que se seguirá para obtener dichos resultados.

La propuesta planteada se basa en realizar un estudio de la tecnología Li-Fi con el fin de analizar cómo se transmite la información por medio de la luz para evitar generar problemas debidos a la radiación de las ondas electromagnéticas y que así esto pueda ser aplicado en el sector aeronáutico. Así mismo los beneficios de la alternativa propuesta es proporcionar una estructura de comunicación de internet vía Li-Fi para las aeronaves comerciales.

Limitaciones

De acuerdo al Manual de Normas para la presentación de trabajo de grado de la UFT (2016) “las limitaciones son los obstáculos o restricciones enfrentadas en cualquiera de las etapas del desarrollo de la investigación, que sea relevante para los resultados. Son referidas a la investigación y no al investigador” (p. 23). El presente estudio se ve limitado debido a que existe poca documentación referencial en cuanto a la implementación de la tecnología Li-Fi en Venezuela, ya que la misma se encuentra en pleno desarrollo y aun no se ha dado a conocer plenamente en el territorio nacional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

Los antecedentes de un trabajo de investigación están orientados con bases de investigaciones relacionadas que contribuyen incorporando información proveniente de distintas fuentes. En este apartado se presentan los antecedentes y fundamentos teóricos de la investigación, resaltando los aspectos más importantes de trabajos previos realizados sobre la temática en estudio, aspectos conceptuales y definiciones de términos básicos.

De acuerdo al Manual de Normas para la presentación de trabajo de grado de la UFT (2016), los antecedentes pueden ser: “trabajos de grado, postgrado, trabajos de ascenso, resultados de investigaciones institucionales, ponencias, conferencias, congresos, revistas especializadas, que guarden relación con la investigación a desarrollar”, tomando en consideración este orden de ideas se describen los siguientes antecedentes que se tomaron como referencia y soporte a la presente investigación:

Delgado (2019), realizó el trabajo titulado “**Diseño de un sistema de comunicaciones con tecnología Light Fidelity aplicado a la empresa mobilshop**”, para obtener el título de Ingeniero de Telecomunicaciones, en la Universidad Fermín Toro, Cabudare - Estado Lara, Venezuela, el cual tiene como finalidad realizar un diseño con tecnología Li-Fi aplicado a la empresa MOBILSHOP de un sistema de comunicación inalámbrico para acceso a internet con el fin de poder relacionar las características físicas de la oficina y las necesidades de los usuarios, para realizar una propuesta que potencie los beneficios de esta tecnología y su coexistencia con otras como Wi-Fi, así como también el uso de esta tecnología permitirá ofrecer acceso a internet a los usuarios sin comprometer el trabajo de los empleados.

El aporte de este trabajo a esta investigación, está relacionado con los aspectos, instrumentos y métodos de implementación que se planificaron para la empresa MOBILSHOP, lo cual puede ser un punto de referencia para idear y planificar la manera correcta la aplicación de la tecnología Li-Fi en el sector aeronáutico, enfocado en las aeronaves comerciales.

Machado (2016), realizó el trabajo titulado **“Estudio para la implementación de la tecnología Li-Fi para el uso de comunicación VOIP aplicado al Instituto de Ferrocarriles del Estado, Estación Barquisimeto”**, para obtener el título de Ingeniero de Telecomunicaciones, en la Universidad Fermín Toro, Cabudare, Estado Lara, Venezuela, que tiene como finalidad realizar un estudio para la implementación de tecnología Li-Fi en se desglosen los parámetros y características que necesite el escenario en estudio para el uso en comunicaciones VoIP, dado que la empresa estatal utiliza el servicio de CANTV para sus comunicaciones, y a su vez maneja internamente una central telefónica analógica que maneja un determinado número de oficinas y áreas, y asimismo pocas extensiones, por lo que ha dejado desprovistas de comunicaciones a diversas áreas por colapso de dichas extensiones.

El proyecto presenta un esquema final que toma en cuenta los parámetros establecido en los cálculos, que integra las dos tecnologías con la finalidad de garantizar la compatibilidad operativa. Dado lo expuesto, la contribución de este trabajo está inmersa en la metodología de cálculo y en la integración de la tecnología existente con la tecnología Li-Fi.

Salinas (2016), en su trabajo de grado titulado **”Estudio de la implementación de un prototipo para la aplicación de un sistema óptico de comunicación inalámbrica (Tecnología Li-Fi(Light Fidelity))”**, para obtener su titulación de Licenciado en Sistemas de información, en la Universidad de Guayaquil - Ecuador, tiene por objeto establecer el funcionamiento del modelo de un prototipo con tecnología LI-Fi, para el cual realizó el levantamiento de la información necesaria con respecto a la tecnología en estudio, además de la implementación de un modelo para la transmisión de datos en entre dos computadores, y por último analizo la eficiencia de la tecnología. En relación a esto analiza la problemática actual de las

redes inalámbricas, específicamente para el solapamiento entre canales provocado por la gran proliferación de estas, y las diversas bandas que la soportan, por este motivo se produce saturación y provocando la lentitud de las comunicaciones. El prototipo se basó en la emisión de luz de un diodo led como medio de comunicación, y para las pruebas de transmisión y recepción utilizo el programa Hyperterminal DOCKLIGHT.

Del trabajo antes descrito se toma como aporte a la presente investigación los aspectos fundamentales de adaptación de la tecnología Li-Fi en las redes de comunicación inalámbricas los cuales nos permitirán entender y estudiar de una manera más precisa como se adaptaría la tecnología Li-Fi en las aeronaves comerciales.

Peñañiel (2015), realizo el trabajo titulado **“Análisis de la Tecnología Li-Fi: Comunicaciones por luz visible como punto de acceso a internet, una alternativa a la transmisión de datos en las comunicaciones inalámbricas”** para optar al título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana. El objetivo general de esta investigación se basó en el análisis de la tecnología Li-Fi, presentando 3 modelos como alternativa a las comunicaciones inalámbricas y no como reemplazo, a fin que el usuario sea el que pueda escoger la tecnología que considere la adecuada para la función o trabajo que realice. Las alternativas presentadas para la tecnología Li-Fi son: modulación ACO-OFDM (recortado óptico asimétrico), NDCO-OFDM (sin componente DC), y DCO-OFDM (adición de una señal óptica DC), que son los sistemas que trabajan con modulaciones espaciales, además de utilizar técnicas ópticas, que satisfagan las dos grandes condiciones de la tecnología, que la información tenga valores reales, y que estos sean solamente positivos.

El aporte de este trabajo, a la presente investigación se enfoca en las técnicas de modulación que ofrece, la codificación y decodificación para que el transmisor pueda recuperar la información, puesto que conocer dicha información es de vital importancia para poder realizar el estudio del Li-Fi tanto en las aeronaves comerciales como en cualquier otro lugar donde este se desee implementar.

Bases Teóricas

Comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado, esta sección puede dividirse en función de los tópicos que integran la temática tratada o de las variables que serán analizadas; resulta importante conocer el fundamento teórico necesario para poder llevar a cabo la presente investigación y para que los futuros lectores puedan comprenderla, es necesario definir los aspectos teóricos que servirán como sustento para este estudio.

Aeronave Comercial

Una aeronave es un avión, generalmente grande, usado para transportar pasajeros y su equipaje (ver figura 1). Estos aviones están operados por aerolíneas. Aunque la definición puede cambiar de país a país, un avión de línea se define típicamente como un avión para transportar múltiples pasajeros o carga en servicio comercial. Los aviones comerciales con mayor capacidad son los aviones de fuselaje ancho. Estos aviones generalmente contienen un doble pasillo que recorre todo el aparato desde el morro hasta la cola. El uso de este tipo de aeronaves está normalmente reservado a vuelos de larga distancia entre centros de conexión.



Figura 1. Airbus A340-600
Fuente: Airbus (2008)

Estructura de una Aeronave

Alas

En aeronáutica se denomina ala a un cuerpo aerodinámico formado por una estructura muy fuerte estructuralmente, compuesta por un perfil aerodinámico o perfil alar envolviendo a uno o más largueros y que es capaz de generar una diferencia de presiones entre su cara superior (extradós) y su cara inferior (intradós) al desplazarse por el aire lo que produce la fuerza ascendente de sustentación que mantiene al avión en vuelo.

Motores

Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje.

Tren de Aterrizaje

El tren de aterrizaje, es la parte de cualquier aeronave encargada de absorber la energía cinética producida por el contacto entre la aeronave y la pista durante la fase de aterrizaje y despegue.

Fuselaje

Es uno de los elementos estructurales principales de un avión; en su interior se sitúan la cabina de mando, la cabina de pasajeros y las bodegas de carga, además de diversos sistemas y equipos que sirven para dirigir el avión. También sirve como estructura central a la cual se acoplan las demás partes del avión, como las alas, los motores y el tren de aterrizaje.

Cabina de Mando

La cabina de mando o cabina de vuelo es un área o un habitáculo que la tripulación técnica de una aeronave o de una nave espacial (piloto y copiloto, principalmente) utiliza para controlar y dirigir el vehículo. La cabina de una aeronave

contiene el instrumental y los controles que permiten al piloto hacer volar, dirigir y aterrizar el aparato. En la mayoría de las aeronaves comerciales, una puerta separa la cabina de vuelo de la cabina de pasajeros.

Cabina de Pasajeros

Es la sección de este en la que viajan los pasajeros. En altitudes de crucero la atmósfera es demasiado tenue para que los pasajeros y la tripulación puedan respirar sin máscara de oxígeno, por lo que las cabinas están presurizadas a una presión mayor. En el transporte aéreo comercial, sobre todo en aviones, las cabinas se pueden dividir en varias partes. Pueden incluir secciones de clase de viaje, áreas para los asistentes de vuelo, cocina y espacios de almacenamiento para el servicio a bordo. Los asientos están dispuestos por lo general en filas. Cuanto mayor sea la categoría o clase del sector, se proporciona más espacio. Las cabinas de las diferentes clases a menudo se separan mediante cortinas o divisores rígidos.

Sistema Electrónico de instrumentos de vuelo

Un sistema electrónico de instrumentos de vuelo, o EFIS por sus siglas en inglés (Electronic Flight Instrument System), es un sistema de instrumentos de la cabina de vuelo en el que la tecnología de visualización utilizada es electrónica en lugar de electromecánica. Un EFIS como se ilustra en la figura 2 normalmente consta de una pantalla principal de vuelo (PFD), pantallas multifunción (MFD) y una pantalla para el sistema de indicación de motor y aviso a la tripulación (EICAS).



Figura 2. EFIS en un Airbus A380

Fuente: Airbus (2010)

Primary Flight Display (PDF)

En la cabina de vuelo, las pantallas de presentación son las partes más visibles de un sistema EFIS, y son sus características las que le dan lugar al nombre de "Cabina de Cristal". La pantalla de presentación que toma el lugar del ADI se llama pantalla principal de vuelo Primary Flight Display "PFD"). Si una pantalla separada sustituye a la HSI, se llama pantalla de navegación. El PFD muestra toda la información crítica para el vuelo, incluida la velocidad aerodinámica, altitud, rumbo, actitud, velocidad vertical y guiñada. La PFD está diseñada para mejorar la conciencia de la situación de un piloto, mediante la integración de esta información en una sola pantalla en lugar de seis diferentes instrumentos analógicos, reduciendo la cantidad de tiempo necesario para controlar los instrumentos.

La PFD también aumentar la conciencia situacional de la tripulación del avión al alertar de condiciones inusuales o potencialmente peligrosas - por ejemplo, de baja velocidad, alta tasa de descenso cambiando el color o la forma de la pantalla o alertas de audio.

Multi-Function

El MFD (Multi-Function Display) muestra la navegación y la información en tiempo real de múltiples sistemas. Las pantallas multifuncionales con frecuencia se idearon como cartas centralizadas o cartas digitales, donde las tripulaciones pueden superponer informaciones diferentes sobre un mapa o un gráfico. Ejemplos de información de superposición MFD incluir plan de ruta actual de la aeronave, información del tiempo provista en el radar de a bordo o bien por los radares meteorológicos en tierra, por ejemplo, NEXRAD, el espacio aéreo restringido y el tráfico de aeronaves. Los equipos multifuncionales también pueden ser usados para ver otro tipo de recubrimiento de los datos (por ejemplo, el plan de ruta actual) y se calcula superposición de datos de tipo, por ejemplo, el deslizamiento de radio de la aeronave, dada la situación actual sobre el terreno, los vientos, y la velocidad de la aeronave y de altitud.

Sistema de Comunicación de una Aeronave Comercial

Las comunicaciones se realizan mediante enlaces de radio y mediante cables de comunicación. Las primeras son comunicaciones de “ida y vuelta” entre tripulación y controladores, y entre aviones entre sí. Las comunicaciones mediante cable pueden ser de “ida y vuelta” para el caso en que sea entre la tripulación y la tripulación de cabina de pasajeros y suele ser solo de “ida” para el caso en que la tripulación se comunica con los pasajeros. Los enlaces de radio son mediante comunicaciones VHF (Very High Frequency) cuando se trata de comunicaciones de distancias cortas y HF (High Frequency) para comunicaciones de largo alcance. Para la lograr comunicaciones claras y efectivas, las aeronaves poseen un Sistema Integrado de Audio (AIS–Audio Integrated System) desde el cual la tripulación puede organizar sus comunicaciones según sea necesario.

Radar Primario

Este radar solo detecta el eco del objeto pero este no permite identificar de que se trata.

Radar Secundario

Antes de realizar un despegue, los controladores aéreos asignan un código a los pilotos, que introducen en el transpondedor, de modo que el radar secundario puede identificar en todo momento del vuelo.

ACARS

Sistema de enlace digital por radio o satélite, para la transmisión de mensajes cortos. Este sistema permite las comunicaciones de estaciones en tierra y las aeronaves y estas entre sí. Funciona con frecuencias VHF y con el mismo se pueden enviar 220 caracteres por mensaje en un tiempo menor a 1 segundo.

GPS

Permite que los pilotos conozcan la posición del avión en todo momento pero este no transmite datos.

SATCOM

Este es el encargado de las comunicaciones de datos y de voz con tierra.

Sistema Integrado de Audio (AIS – Audio Integrated System)

El sistema integrado de audio es un sistema donde se integran todos los sistemas de comunicación y algunos sistemas de navegación de la aeronave. Es un sistema que varía sus características en función de la aeronave donde se encuentra instalada. Una aeronave de gran porte de transporte de pasajeros tendrá un sistema mucho más completo que una aeronave de menor porte.

Comunicación VHF (Very High Frequency)

La comunicación VHF se realiza principalmente mediante onda directa (línea visual). El equipo del avión está compuesto principalmente por un receptor Superhet (sistema de preparación del equipo para una frecuencia particular), un transmisor AM (amplitud modulada), un equipo de control (sintonizador de frecuencias y manejo de volúmenes) y una antena transmisora / receptora. El sistema de VHF está compuesto por tres partes: la unidad de control, el transceptor y la antena, además de los audífonos que se conectan en el AIS. El transceptor está montado en el rack de los equipos de comunicaciones y que contiene la electrónica para el correcto funcionamiento. Así mismo, la antena puede ser de diferentes formas, ya sea forma de varilla, pala o bien suprimida. Suelen ser antenas omnidireccionales de polarización vertical.

Comunicación HF (High Frequency)

Las comunicaciones HF se utilizan principalmente para rutas internacionales gracias a su largo alcance de aproximadamente 2.500 kilómetros. El principio de su funcionamiento se basa en la reflexión de onda en la ionósfera, llamadas ondas ionosféricas. Las frecuencias de uso son de 2 a 30 MHz para lograr una menor atenuación por causa de la reflexión de las ondas. Funciona principalmente con método de AM. El equipo está compuesto por un Transceptor (Receptor, Transmisor,

Amplificador de Potencia y Suministro de Energía), Controlador, Unidad de Sintonía y Antena.

Espectro Electromagnético

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas (ver figura 3). Referido a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a digital. Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitir ver el espectro, permiten realizar medidas sobre el mismo, como son la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

El espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la radiación ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.

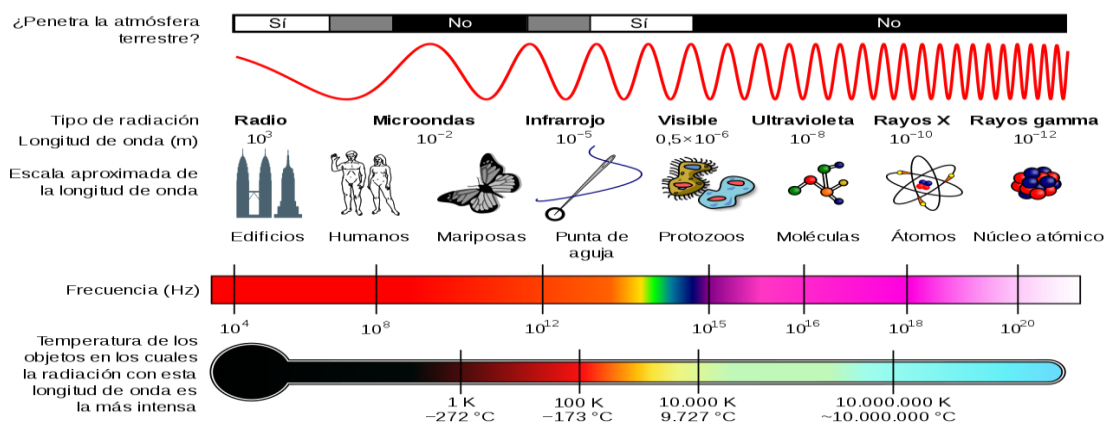


Figura 3. Diagrama del Espectro Electromagnético

Fuente: Cavanillas (2015)

Espectro Visible

Se llama espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir (ver figura 4). A la radiación electromagnética en

este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible: el ojo humano típico responderá a longitudes de onda de 390 a 750 nm, aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 hasta 780 nm.

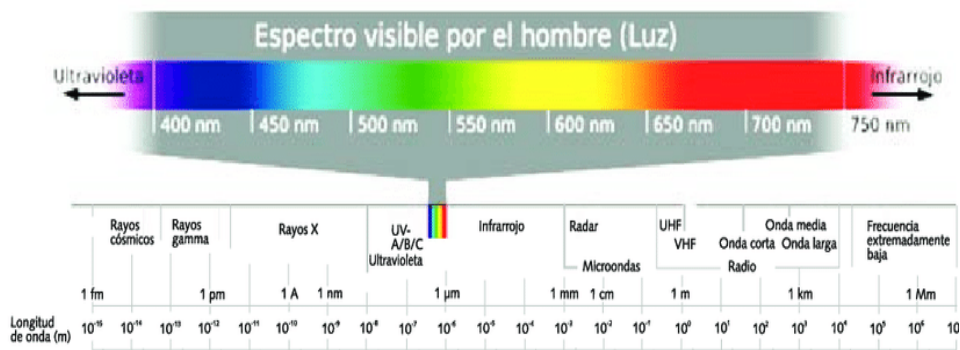


Figura 4. Espectro Visible por el ojo humano

Fuente: Jiménez-Builes (2009)

Sistema de Comunicación

En telecomunicaciones, un sistema de comunicación es una colección de redes de comunicación individuales, sistemas de transmisión, estaciones de retransmisión, estaciones tributarias y equipos de terminal de datos (DTE) generalmente capaces de interconexión e interoperación para formar un todo integrado. Los componentes de un sistema de comunicaciones tienen un propósito común, son técnicamente compatibles, utilizan procedimientos comunes, responden a los controles y operan en forma conjunta.

Elementos de un Sistema de Comunicación

Es evidente que los campos de actividad, para las telecomunicaciones, son innumerables e incluso podríamos decir, sin ningún riesgo a equivocarnos, que no existe campo en donde las tecnologías que nos ocupan no sean determinantes en la actividad. Esto representa, sin duda, mayor implantación de tecnologías. Las telecomunicaciones significan, para la empresa, comunicación, actualización y, en definitiva, progreso. La empresa se enfrenta al reto de satisfacer y agilizar las

soluciones internas, dentro de la propia empresa y satisfacer y agilizar las soluciones externas, con sus clientes y proveedores, dentro de unas nuevas propuestas de comunicación y servicios. Comienzan pues a sucederse la aparición de tecnologías que propicien la solución a las necesidades, internas y externas, mencionadas. No se trata de implementar la mejor tecnología, sino la más adecuada para los intereses de la aplicación, para solucionar las necesidades existentes. Los elementos que integran un sistema de comunicación son:

1. Emisor, es el sujeto que envía el mensaje. Es el que prepara la información para que pueda ser enviada por el canal, tanto en calidad (adecuación a la naturaleza del canal) como en cantidad (amplificando la señal).
2. Receptor, es la entidad a la cual el mensaje está destinado, puede ser una persona, grupo de personas, un dispositivo artificial, etc.
3. Lenguaje o protocolos de transmisión, son el conjunto de códigos, símbolos y reglas que gobiernan la transmisión de la información. Por ejemplo, en la transmisión oral entre personas se puede usar el español, el inglés.
4. Mensaje, es la información que tratamos de transmitir, puede ser analógica o digital. Lo importante es que llegue íntegro y con fidelidad.
5. Medio, es el elemento a través del cual se envía la información del emisor al receptor.

Comunicación Inalámbrica

La comunicación inalámbrica o comunicación a distancia, es aquella capaz de enviar una cantidad de datos de un punto a otro (emisor y receptor) sin la necesidad de un agente o un hardware que conecte ambos puntos físicamente (ver figura 5). Principalmente el componente que logra el funcionamiento de dicha comunicación es la programación (software). El hardware que se utiliza para el correcto funcionamiento son antenas, alambres conductores de energía a distancia, etc. La tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada, para transmitir entre dispositivos.



Figura 5. Comunicación Inalámbrica
Fuente: Alamy (2017)

Técnicas de Modulación

En Telecomunicaciones el término modulación engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que permitirá transmitir más información simultáneamente o proteger la información de posibles interferencias y ruidos. Entre las técnicas más utilizadas tenemos:

La Modulación Digital de Amplitud, también conocida como Modulación Binaria Sencilla y como OOK (acrónimo en inglés de On-Off Keying, Manipulación Encendido-Apagado) denota a la forma más sencilla de modulación ASK que representa datos digitales como la presencia o ausencia de una señal portadora. Tradicionalmente, la Modulación Digital de Amplitud se ha usado para transmitir código morse sobre radiofrecuencias, técnica que también se conoce como onda continua, debido a que cuando se transmite la portadora, esta mantiene amplitud, frecuencia y fase constantes. Esta modulación suele ser utilizada en las bandas ISM para transferir datos entre computadores.

También está la Modulación por Posición de Pulso, o en inglés, Pulse Position Modulation (PPM) en donde la Amplitud y el ancho son fijos y la posición es variable, consiste en desplazar los pulsos desde una posición de referencia hasta otra, en función del valor de la señal $f(t)$. El mínimo desplazamiento de pulso se usa para

designar el mínimo valor de $f(t)$ y el cambio de posición es proporcional a la señal moduladora $f(t)$.

Otra técnica de modulación es la PWM, Modulación por Ancho de Pulsos (por sus siglas en inglés de pulse-width modulation) la cual es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

Por otro lado existe otra técnica de modulación llamada CSK, modulación por cambio de color (Colour shift keying) está basada en la IEEE 802.15.7 en la cual las señales son codificadas en intensidad de colores emitidas por el rojo, verde y azul de los LEDS. Los bits son mapeados en las cromaticidades instantáneas de los colores que emiten los LEDS, la ventaja de esta modulación es que garantiza una transmisión constante de datos a pesar de la presencia de un parpadeo (flicker) de la lámpara en las frecuencias del espectro de luz, lo cual afecta las frecuencias de transmisión.

Light Fidelity (Li-Fi)

Es el término usado para etiquetar a los sistemas de comunicaciones inalámbricas rápidas y de bajo costo, Li-Fi es un tipo de conexión a Internet que usa tecnología que se caracteriza por transmitir información a través de la luz led que podría llegar a los 10 Gbps de velocidad. Esto porque la luz se enciende y apaga hasta 10 mil millones de veces por segundo, lo que hace que se transforme la información en forma binaria (0 y 1); se aprovecha esta característica para poder enviar la información a través de la onda de la luz.

Li-Fi es una tecnología inalámbrica móvil que utiliza luz en lugar de frecuencias de radio para transmitir datos. La tecnología está respaldada por un ecosistema global de compañías que impulsan la adopción de Li-Fi, la próxima generación de tecnología inalámbrica que está lista para una integración perfecta en el núcleo 5G. Esta tecnología inalámbrica contiene la clave para resolver los desafíos que enfrenta 5G. Li-Fi puede transmitir a múltiples gigabits, es más confiable,

prácticamente libre de interferencias y es excepcionalmente más seguro que la tecnología de radio como Wi-Fi o celular.

Con respecto a las velocidades y la banda ancha del Li-Fi puede ofrecer múltiples velocidades de Gbps en dispositivos móviles. Esta tecnología de próxima generación impulsará la tecnología inalámbrica más allá de cualquier capacidad actual, abriendo un ancho de banda sin precedentes. Además de esto proporciona una confiabilidad mejorada que permite comunicaciones sin interferencias y 1000 veces la densidad de datos, mejorando dramáticamente la experiencia del usuario.

La tecnología Li-Fi cuenta con una alta seguridad en el resguardo de la información puesto que la luz puede ser contenida, y asegurada en un espacio físico. Li-Fi permite un control adicional, ya que Li-Fi ofrece una localización precisa para el seguimiento de activos y la autenticación del usuario.

La RF es vulnerable a la interferencia de una amplia gama de dispositivos, como teléfonos inalámbricos, microondas y redes Wi-Fi cercanas. Las señales Li-Fi pueden definirse por el área de iluminación, lo que significa que la interferencia es mucho más sencilla de evitar e incluso detenerse por completo. Esto también significa que Li-Fi puede usarse en zonas hostiles de RF, como hospitales, centrales eléctricas y aviones.

Los principales componentes de este sistema de comunicación son LED blanco con alto brillo que actúa como fuente de comunicación, y un fotodiodo de silicio que muestra una buena respuesta a la región de longitud de onda visible. El LED se enciende o se apaga para generar cadenas digitales de 1's y 0's respectivamente. La iluminación del LED, mediante la modulación de la luz, puede usarse como fuente de transmisión, debido a que la tasa de parpadeo sea tan alta, por eso, el ojo humano tiene la percepción de una salida del LED constante.

El modo de funcionamiento de esta tecnología, se analiza partiendo de una corriente constante que se aplica a un bombillo de luz LED, de este modo, el flujo de fotones constante es emitido de manera que se observa como luz visible, si la corriente se varía lentamente, la intensidad de salida de la luz se atenúa, ya que LED son dispositivos semiconductores, y por lo tanto, la salida óptica (corriente), pueden

ser moduladas a velocidades extremadamente altas que pueden ser detectadas por un dispositivo fotodetector y convertidas de nuevo a la corriente eléctrica.

Funcionamiento de la Tecnología Li-Fi

Como se puede apreciar en el diagrama ilustrado en la figura 6, con la integración de los tres parámetros principales de todo proceso de comunicación, transmisor, canal y receptor, caracterizados para la tecnología Li-Fi, y descritos a continuación.

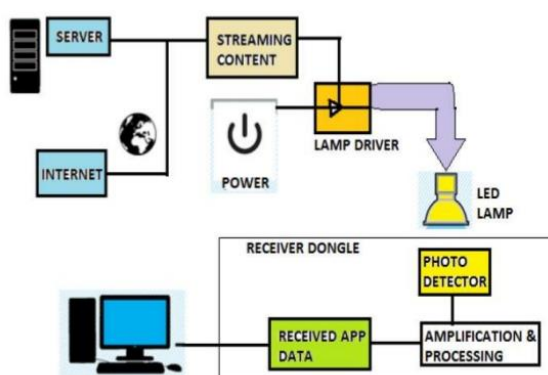


Figura 6. Funcionamiento de la Tecnología Li-Fi
Fuente: Tecnológikos-Web 2.0 (2019)

Bases Legales

Las bases legales son las leyes, reglamentos y normas necesarias que sustentan de forma legal el desarrollo de un proyecto.

Ley Orgánica de Telecomunicaciones

Artículo 1. Esta Ley tiene por objeto establecer el marco legal de regulación general de las telecomunicaciones, a fin de garantizar los derechos humanos de las personas a la comunicación y a la realización de las actividades económicas de telecomunicaciones necesarias para lograrlo, sin más limitaciones derivadas de la Constitución y las Leyes.

Se excluye del objeto de esta Ley la regulación del contenido de las transmisiones y comunicaciones cursadas a través de los distintos medios de

telecomunicaciones, la cual se regirá por las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias correspondientes.

Artículo 4. Define como telecomunicaciones toda transmisión, emisión o recepciones de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos, u otros medios electromagnéticos afines, inventados o por inventarse.

Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación (ob.cit)

Artículo 1º: “Las actividades científicas, tecnológicas y de innovación son de interés público y de interés general”. (p.2).

Artículo 2º: Forman parte del Sistema Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación, las instituciones públicas o privadas que generen y desarrollen conocimientos científicos y tecnológicos y procesos de innovación, y las personas que se dediquen a la planificación, administración, ejecución y aplicación de actividades que posibiliten la vinculación afectiva entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. A tal efecto, forman parte del Sistema: Las personas que, a título individual o colectivo, realicen actividades de ciencias, tecnología e innovación (p.3).

Definición de Términos Básicos

Aeronáutica: Es la disciplina que se dedica al estudio, diseño y manufactura de aparatos mecánicos capaces de elevarse en vuelo, así como el conjunto de las técnicas que permiten el control de aeronaves.

Ancho de banda: Extensión del espectro o gama de frecuencias comprendidas en cierta banda. En el contexto de una transmisión digital de datos, es la medida de datos y recursos de comunicación disponible o consumida expresados en bit por segundo o múltiplos de él.

Cabina de Vuelo: Es un área o un habitáculo que la tripulación técnica de una aeronave utiliza para controlar y dirigir el vehículo.

Codificador: Es un circuito combinacional con $2N$ entradas y N salidas, cuya misión es presentar en la salida el código binario correspondiente a la entrada activada.

Decodificador: Es un circuito combinacional, cuya función es inversa a la del codificador, es decir, convierte un código binario de entrada (natural, BCD, etc.) de N bits de entrada y M líneas de salida (N puede ser cualquier entero y M es un entero menor o igual a $2N$), tales que cada línea de salida será activada para una sola de las combinaciones posibles de entrada.

Dispositivo Electrónico: Consiste en una combinación de componentes electrónicos organizados en circuitos, destinados a controlar y aprovechar las señales eléctricas.

Foto-receptor: Dispositivo capaz de convertir la energía óptica de la luz que incide sobre una superficie sensora en energía eléctrica, mediante un proceso que se denomina transducción.

Internet: Es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen, formen una red lógica única de alcance mundial.

Led: Los led (lexicalización del acrónimo inglés LED que significa light-emitting diode o lo que es lo mismo, diodo emisor de luz) son aquellas que son capaces de producir luz gracias a la utilización de un diodo semiconductor.

Luz: Es la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano.

Ondas Electromagnéticas: Son aquellas ondas que no necesitan un medio material para propagarse. Incluyen, entre otras, la luz visible y las ondas de radio, televisión y telefonía.

Tecnología: La tecnología es el conjunto de conocimientos con las que el hombre desarrolla un mejor entorno, más saludable, agradable y sobre todo cómodo para la optimización de la vida.

Transmisión: Es el proceso de envío y propagación de una señal de información analógica o digital sobre un medio de transmisión físico punto a punto o punto a multipunto, ya sea por cable, fibra óptica o inalámbricamente.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Naturaleza de la Investigación

La presente investigación se encuentra enmarcada dentro de proyecto factible, apoyado en una investigación documental ya que presenta una solución posible a un problema determinado; en este sentido el Manual de Normas para la Realización de Trabajo de Grado de la Universidad Fermín Toro, define el proyecto factible como:

“Una propuesta basada en la factibilidad para la resolución de un problema dado. Puede apoyarse tanto en la investigación de campo como documental o de diseño, que incluye ambas modalidades. Puede referirse a formulación de políticas, programas, técnicas, métodos y procesos”. (p.6).

Esto hace referencia a una propuesta sustentada con lo que se puede definir como un modelo operativo viable tanto económicamente, como orientado a la solución de un problema específico de tipo práctico en el área de trabajo a utilizar o para satisfacer las necesidades humanas y mejorar su calidad de vida.

Este trabajo se orienta principalmente al estudio de la tecnología Li.Fi aplicada en el sector aeronáutico para permitir conexión a internet en el interior de las aeronaves comerciales, se realizara de manera progresiva, siguiendo cada una de las fases que enmarca el desarrollo de un diseño factible, basado en los lineamientos teóricos formulados, se realizará una compilación documental, con la finalidad de sintetizar y analizar una estrategia dirigida a desarrollar el diseño en cuestión.

Es de suma importancia mencionar que se realizará una investigación de campo donde a través de recolección de datos (encuestas, entrevistas verbales no estructuradas, entre otros) se determinará la necesidad real y la viabilidad del proyecto de investigación a realizar. El desarrollo de la presente se basará diferentes fundamentaciones teóricas e instrumentos provenientes de diversas fuentes que sustentaran el estudio en general.

También se debe hacer referencia a la definición que el Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), realiza con respecto a la investigación de campo:

“...El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad...”

Por otra parte, también es de relevancia indicar lo citado sobre proyecto factible definido por el autor Arias (2006), donde señala que: “...se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización”.

Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación de campo de carácter descriptivo tal como ha sido propuesto por Amau (2008) como un plan estructurado de acción que en función de unos objetivos básico está orientado a la obtención de función o datos relevantes a los problemas planteados. Consiste en que los datos deben ser tomados de la realidad donde ocurren los hecho sin manipular ni controlar variables.

Según Tamayo (1996) la investigación de campo es cuando los datos se recogen directamente de la realidad por lo cual los denominaremos primarios, su valor radical en que permite cerciorarse de verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos lo cual facilita su revisión y modificación.

Fases de la Investigación

Este proyecto se encuentra bajo la modalidad de proyecto factible sustentándose en una investigación de campo tipo descriptiva por lo cual se indagaran fundamentaciones teóricas que permitan el desarrollo, se diagnosticaran las

situaciones actuales y a través de los resultados se determinaran las condiciones en que se encuentra el objeto de estudio.

Según Hurtado (2003), denomina fases de la investigación “al conjunto de pasos y procesos que comprenden el recorrido dentro de la dimensión metodológica, estas representan una constante a lo largo del proceso, independientemente del tipo de investigación que se desarrolla, las fases constituyen sinergias del proceso metodológico” (p.56). La investigación de tipo proyecto factible se desarrolla en tres fases denominadas diagnóstico, factibilidad y diseño.

Cada fase comprenderá un análisis de diferentes etapas que se deberán para el estudio de esta tecnología, empezado por la identificación de los problemas que pueden generarse en los distintos equipos electrónicos presentes en las aeronaves debido a la irradiación de las ondas electromagnéticas, luego se procederá a la investigación de los avances tecnológicos en las conexiones inalámbricas que permitan transmitir información mediante el uso de la luz con el fin de empezar determinar los parámetros de viabilidad.

Se determinará la factibilidad de este sistema planteado desde el punto de vista tanto técnico, operativo como económico buscando arrojar de forma clara respuestas que darán un indicio de viabilidad. Por último a través del estudio se describirá la aplicación de la tecnología Li-Fi en el sector aeronáutico para permitir conexión a internet dentro de las aeronaves comerciales.

Fase I: Diagnóstico

En esta fase, se debe recopilar la información necesaria y requerida para lograr acceder a la realización de la investigación, en ella se procede a realizar estudios sobre los hechos, situaciones y características relevantes del proyecto de investigación. Para Labrador, (2002) “El diagnóstico es una reconstrucción del objeto de estudio y tiene por finalidad, detectar situaciones donde se ponga de manifiesto la necesidad de realizarlo”. (p.186).

En base a lo anterior, el diagnóstico se hará con la finalidad de recolectar información necesaria para dar a conocer cuál es la situación que se presenta

actualmente, es decir, el problema, y así determinar la solución. Se deberá recolectar información referente a la tecnología Li-Fi y su aplicación en la aviación comercial.

Población y Muestra

La población es definida por Arias (2012), como “el conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan, es decir, los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación” (p.12). En esta investigación la población es de tipo finita, debido a que se conocen cuantos elementos tiene una población. Por otra parte, Hernández, Fernández y Baptista (2014), conceptualizan la muestra “como un subgrupo de la población” (p. 204). Para el presente trabajo de investigación no aplican la delimitación de estos conceptos.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica para recolectar los datos es la forma como se obtiene la información y el instrumento se refiere al “medio material que se emplea para recoger y almacenar la información” Arias (1997). Ahora bien, para el desarrollo del presente estudio de investigación se consideró, como expresa Ramírez (1999), la técnica de la encuesta que utilizar como instrumento un cuestionario cual según, cañales (1998): “Es el método que utiliza un instrumento o formulario impreso, destinado a obtener respuesta sobre el problema en estudio y que el investigado o consultado llena por sí mismo” (p. 43).

Asimismo Tamayo y Tamayo (1999), indica que la entrevista es la relación directa entre él y el fenómeno investigado a través de sus individuos obteniendo de estos testimonios orales. Para sabino (1992), la entrevista estructurada o formalizada “Es la forma la forma de recolección de datos más adecuada para el diseño encuesta” (p. 68). La entrevista estructurada será utilizada en esta investigación para recabar información directamente de los usuarios que interactuaran con el sistema, perteneciente a la población señalada. Con ello se lograra. Mediante una serie de preguntas, conocer el grado de satisfacción en cuanto al apego de los requerimientos del sistema.

El procedimiento de investigación más primitivo o antiguo y a la vez el más moderno es la observación directa. Por otra parte, es el procedimiento que se utiliza en la vida diaria y cotidiana, para adquirir conocimiento, permanentemente se observa algo, una situación o fenómeno, pero rara vez hace científicamente. La observación se convierte en técnica en la medida en que, según Peña y Guzmán (1996): Es tanto planificado como controlado sistemáticamente, está sujeta a comprobaciones de validez y fiabilidad, es encesta y tiene una entrevista no estructurada.

Uno de los métodos más utilizados en las investigaciones debido a que permite obtener amplia información de fuentes primarias se le conoce como entrevista no estructurada. Es la técnica más significativa que dispone el analista para recabar datos. Según Silva y Planchano (1979) “es una relación directa entre personas por la vía oral, que se plantea unos objetivos claros y prefijados, al menos por parte del entrevistador, con una asignación de papeles diferenciales, entre el entrevistador y el entrevistado” (p. 4).

La revisión bibliográfica Es la etapa donde se fundamentó la búsqueda de información técnica sobre el problema planteado, para lograr el cumplimiento de los objetivos y alcanzar bases teóricas necesarias. Se recopiló información centrada en los siguientes tópicos: Problemas presentados en los equipos electrónicos causados por las ondas electromagnéticas, tecnología Li-Fi y sus aplicaciones, activos que conforman el sistema objeto de estudio. La indagación se apoyó en consultar libros, revistas científicas, documentos técnicos, guías, presentaciones técnicas, normas e Internet.

Fase II. Factibilidad

Con el objetivo de conocer si es viable o no este sistema se debe realizar esta etapa de la investigación la cual contempla la factibilidad técnica, factibilidad operativa y factibilidad económica de la investigación. La factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados.

En referencia a lo anterior, se desarrollaran estudios necesarios para llevar a cabo los objetivos señalados. Realizando análisis de los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, entre otras, que son necesarios para efectuar las actividades o procesos para determinar la viabilidad del diseño propuesto como solución a la situación actual.

Factibilidad Técnica

Según Hernández y otros (2000), explica que el análisis de factibilidad técnica evalúa si el equipo y software están disponibles (o, en el caso del software, si puede desarrollarse) y si tienen las capacidades técnicas requeridas por cada alternativa del diseño que se esté considerando. Los estudios de factibilidad técnica también consideran las interfaces entre el sistema actual y nuevo.

Factibilidad Operativa

Esta factibilidad comprende la determinación de la probabilidad de que el nuevo sistema se use como se supone que es su funcionamiento, según Hernández (2000). Si el sistema de comunicaciones planteado puede funcionar en la institución, va a depender de la capacitación y entrenamiento que se les den a los trabajadores de la entidad que serán los gestores y usuarios del sistema, por lo que deben tener los conocimientos suficientes y agilidad en el manejo del mismo.

Factibilidad Económica

Chasi N. (2010), define la factibilidad económica como: “se refiere a que se dispone del capital en efectivo o de los créditos de financiamiento necesario para invertir en el desarrollo del proyecto, mismo que deberá haber probado que sus beneficios a obtener son superiores a sus costos en que incurrirá al desarrollar e implementar el proyecto o sistema”.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA PROPUESTA

En esta fase se describen los pasos o actividades a seguir para desarrollar la propuesta, obtenidos los resultados de las fases anteriores se procederá a elaborar o diseñar la propuesta, donde, según Arias “se trata de una propuesta de acción para resolver un problema práctico”. (p.43). en este caso, el estudio de la tecnología Li-Fi aplicada en el sector aeronáutico para permitir conexión a internet en el interior de las aeronaves comerciales, se deberán realizar un conjunto de actividades que permitirán la descripción de pasos que se deberán tomar en cuenta para la elaboración de la estructura propuesta:

1. Identificación de los problemas que pueden generarse en los equipos electrónicos de las aeronaves debido a las ondas electromagnéticas.
2. Determinar los avances tecnológicos en las conexiones inalámbricas que permiten transmitir información mediante luz.
3. Estudiar los principios de operación de la tecnología Li-Fi para ser aplicada en el sector aeronáutico para permitir conexión a internet en el interior de las aeronaves comerciales.
4. Diseño de la estructura de conexión a Internet con tecnología Li-Fi adecuada a la infraestructura interna de la aeronave

Objetivo de la Propuesta

El objetivo de esta propuesta es presentar la forma en la cual se van a colocar todos los elementos necesarios para que se tenga un sistema de conexión que permita dar comunicación a través de la tecnología Li-Fi, para así de esta manera lograr proporcionar internet dentro de las cabinas de la aeronave comercial durante todo el vuelo.

Fundamentación

Problemas generados en los equipos electrónicos por ondas electromagnéticas

En nuestra vida diaria en las ciudades y en los hogares las interferencias de los teléfonos móviles son inapreciables o sólo causan pequeñas molestias de interferencia en los radiorreceptores; sin embargo, en un avión sí pueden llegar a causar grandes problemas, incluso un desastre de consecuencias fatales e incalculables pérdidas materiales y humanas.

Todos los aviones modernos de pasajeros basan su control durante el despegue, tiempo de vuelo y aterrizaje, en el funcionamiento de diferentes dispositivos que envían y reciben constantemente señales de radio hacia y desde la Tierra, así como de un conjunto de satélites con los cuales mantiene también constante comunicación. Entre esos sofisticados dispositivos de control se encuentra un transmisor que envía ininterrumpidamente a las computadoras de ATC (Air Traffic Control / Control de Tráfico Aéreo) instaladas en los aeropuertos en Tierra, la posición que va llevando el avión, segundo a segundo, en cualquier punto donde éste se encuentre volando.

El lugar donde se halla el avión y la altura de vuelo, la controla el piloto por medio de un GPS diferencial (Sistema de Posicionamiento Global) que recibe señales constantes de radio de por lo menos cuatro satélites durante todo el tiempo que se mantiene en el aire. El radar que también lleva instalado el avión, constituye otro recurso radioelectrónico más para mantener informado a los pilotos de cualquier aeronave que vuele cerca de su trayectoria de vuelo y de las condiciones climatológicas reinantes. Y así sucesivamente ocurre con otros dispositivos que funcionan a diferentes frecuencias de radio, con la salvedad de que todos están concebidos y protegidos de forma tal que no se interfieren unos con los otros durante su funcionamiento en pleno vuelo, incluyendo el servicio telefónico de abordaje y la conexión a Internet que se brindan como servicio adicional a los pasajeros.

Si durante el despegue, vuelo o aterrizaje mantenemos encendido el teléfono móvil sin utilizarlo o recibimos una llamada en el caso que exista cobertura para ello en el lugar y altura a la que se encuentre volando el avión, la señal de radio que emite

el transmisor del teléfono móvil puede llegar a interferir alguno de los sofisticados dispositivos o instrumentos electrónicos de navegación.

Cuando el teléfono móvil se mantiene encendido, aunque no se utilice, produce los mismos efectos de una llamada, pues normalmente cada cierto período de tiempo su circuito electrónico envía ráfagas de datos por la antena, bien para tratar de no perder la cobertura, o bien para tratar de recuperarla cuando la ha perdido. En el caso que durante el vuelo la computadora u ordenador de abordo que controla el rumbo del avión introdujera un error de cálculo y cambiara el rumbo verdadero que tiene fijado para llegar a su destino, el piloto o el copiloto tienen tiempo de percatarse del error e introducir las correcciones pertinentes para solucionar el problema, incluso si ese error se produce porque algún pasajero haya estado tratando de establecer una llamada, conectarse mediante datos o mantenga encendido su teléfono móvil.

Existe un momento riesgoso para que se produzca una interferencia de ese tipo es durante el despegue y sobre todo cuando el avión se aproxima a la pista para efectuar la maniobra de aterrizaje. Si en el momento de aterrizar a un pasajero se le ocurre llamar a la casa para avisar que ya está llegando y se produce una interferencia en el altímetro que controla los metros que faltan para tocar tierra alterando la altura verdadera a que se encuentra de la pista, lo más probable es que ocurra un desastre y que ni ese pasajero, ni el resto de los que lo acompañan, lleguen a su destino.

Avances tecnológicos en las conexiones inalámbricas

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que la comunicación no se encuentra unida por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio.; en este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal. Los tipos de conexión inalámbrica más conocidos y utilizados son el Wi-Fi y el Bluetooth, sin embargo actualmente se está desarrollando una nueva tecnología de comunicación inalámbrica mediante el uso de la luz para transmitir información, esta tecnología es Li-Fi. En el cuadro que se muestra a continuación vemos los aspectos más relevantes de dichas tecnologías.

Cuadro No 1**Aspectos más relevantes del Bluetooth, el Wi-Fi y el Li-Fi**

Bluetooth	Wi-Fi	Li-Fi
<p>Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) creado por Bluetooth Special Interest Group, Inc. que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz. Los principales objetivos a conseguir son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles. • Eliminar los cables y conectores entre estos. • Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales. <p>Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, ordenadores portátiles, impresoras, o cámaras digitales.</p>	<p>Es una tecnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi, como computadoras personales, teléfonos, tablets, pueden conectarse entre sí o a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al ser redes inalámbricas, ofrecen más comodidad que las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un espacio lo bastante amplio. • Una vez configuradas, las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples dispositivos sin ningún problema ni gasto en infraestructura, ni gran cantidad de cables. <p>La Alianza Wi-Fi asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wi-Fi es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología Wi-Fi con una compatibilidad absoluta.</p>	<p>Li-Fi es el término usado para etiquetar a los sistemas de comunicaciones inalámbricas rápidas y de bajo costo, la tecnología de transmisiones de datos bidireccionales más rápidas que el óptico Wi-Fi. Hasta el momento, las mediciones realizadas muestran que es 100 veces más rápido que algunas tecnologías Wi-Fi, alcanzando velocidades de hasta 224 gigabits por segundo. Consiste en una comunicación inalámbrica que utiliza la luz visible o ultravioleta cercana e infrarroja cercana del espectro electromagnético, parte de la tecnología de comunicación inalámbrica óptica, que transporta mucha más información, y está previsto que sea la solución a las limitaciones de ancho de banda.</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de transmisión de datos es muy alta puede ir desde los 15 Mb/s hasta los 20 Gb/s.

Fuente: Mejia (2019)

Cuadro No 1**Aspectos más relevantes del Bluetooth, el Wi-Fi y el Li-Fi (Continuación)**

	<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una de las desventajas que tiene el sistema Wi-fi es una menor velocidad en comparación a una conexión cableada, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear. • La desventaja fundamental de estas redes reside en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su tarjeta Wi-Fi en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella. Las claves de tipo WEP son relativamente fáciles de conseguir con este sistema. • Esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, U MTS, etc. <p>La potencia de la conexión del Wi-Fi se verá afectada por los agentes físicos que se encuentran a nuestro alrededor, tales como: árboles, paredes, arroyos, una montaña, etc. Dichos factores afectan la potencia de compartimiento de la conexión Wi-Fi con otros dispositivos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No existe la interferencia con elementos de radio frecuencia ya que su medio de transmisión es la luz, por lo que se puede usar en lugares. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las ondas de luz visible no traspasan objetos, como sí lo hacen las ondas de radio, por lo que sí existe una interferencia se pierde la señal. • El alcance del haz de luz de los led no es muy amplio, pues sólo alcanza 5 ó 10 metros.
--	---	---

Fuente: Mejia (2019)

Criterios que rigen el funcionamiento de la tecnología Li-Fi

Li-Fi hace referencia al término Light Fidelity en inglés, o lo que sería lo mismo en español Fidelidad de la Luz, es la comunicación mediante luz visible. Esta luz lo que hace es transmitir datos ultra-rápidos de luz que son recibidos por un router óptico y todo esto se logra haciendo uso del espectro de luz visible, en el siguiente cuadro se muestran los parámetros más relevantes de la tecnología Li-Fi.

Cuadro No 2
Parámetros de la tecnología Li-Fi

Parámetro	Descripción
Velocidad	Va desde los 15 Mb/s hasta los 20 Gb/s (podría llegar hasta los 100 Gb/s a futuro)
Confiabilidad	Permite comunicaciones sin interferencias y 1000 veces la densidad de datos.
Latencia	Actualmente ofrece la latencia en un factor tres veces menor que el Wi-Fi y puede permitir radicalmente la innovación, la automatización y aplicaciones como Realidad Virtual (VR) Y Realidad Aumentada (AR).
Seguridad	La luz puede ser contenida, y asegurada en un espacio físico. Li-Fi permite un control adicional, ya que Li-Fi ofrece una localización precisa para el seguimiento de activos y la autenticación del usuario.
Banda de Frecuencia	Funciona de una forma completamente independiente, y no adolece de las interferencias que dan problemas a la conectividad Wi-Fi, en cuanto a bandas de frecuencia saturadas se refiere. Este tiene como campo de aplicación el espectro de la luz visible, el cual va desde 400nm hasta 750nm.

Fuente: Mejia (2019)


Estructura de la Propuesta

A continuación se describen los dispositivos y la distribución de todos los elementos que conforman la estructura del sistema lo cual que va a permitir una conexión a internet mediante la tecnología Li-Fi en el interior de las aeronaves comerciales, tanto en las cabinas de pasajeros como en las cabinas de vuelo, entre estos elementos tenemos el punto de acceso, el transmisor (driver), la lámpara LED y el transmisor/receptor, además son necesarios un enrutador y/o switch para la conexión a Internet.

Equipos del Sistema

Uno de los dispositivos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema con tecnología Li- Fi, es el punto de acceso y cuyas características se presentan en el cuadro No. 3


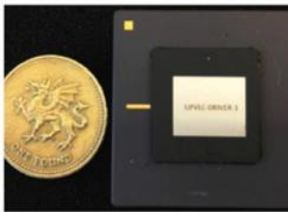

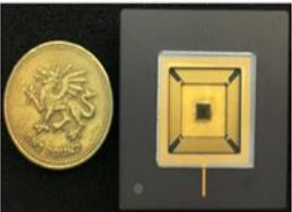
Cuadro No. 3
Punto de Acceso

Dispositivo	Parámetros
 <p>Este consta de 5 puertos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un puerto para la gestión de control de luces, este es un puerto que utiliza el protocolo propietario Digital Addressable Lighting Interface, en caso de que algún dispositivo lo requiera, no aplica para la red propuesta. • Un puerto para la alimentación DC • Un puerto Ethernet • Un puerto de control • Un puerto para TX Driver (conectado a la lámpara) 	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de alimentación: 27-57 V • Interfaz de datos: Puerto Gigabit Ethernet • Conector del driver: Tipo 10-way MicroFit 3.0 • Conector para la alimentación: Tipo 2-way MicroFit 3.0 • Consumo en tiempo de espera: 4W • Consumo máximo de potencia en actividad: 8W • Gestión remota: Software TR-069, SNMW v3 • Indicadores de estado de los LEDS: Tres estados (Rojo, naranja y verde) • Tamaño de la unidad: 88 x 88 x 20mm • Peso: 200g • Temperatura de operación: 0 a 35 °C

Fuente: Mejia (2019)

En el cuadro No 4 se muestra el transmisor driver, el cual es un dispositivo interfaz que conecta la lámpara LED con la bombilla LED. Este dispositivo constituye el elemento importante en la red, debido a que está provisto de un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) el cual es el encargado de gestionar la transferencia y recepción de la información a través del espectro de luz. El transmisor funciona tal como si fuese cualquier otro transmisor conocido en RF, sin embargo, con la variante que, en vez de modular una señal en radiofrecuencia, hará lo propio al espectro de luz visible, para ello el transmisor aplica las siguientes técnicas OOK, PWM, PPM y CSK.

Cuadro No. 4
Transmisor Driver

Dispositivo	Parámetros
  <p>Chip ASIC para transmisión (Tx driver) de la lámpara</p>   <p>Chip ASIC para la recepción (Tx driver) de la lámpara</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje mínimo de la lámpara: 2VDC • Voltaje máximo de la lámpara: 55VDC • Máxima corriente de salida: 700mA • Interfaz del punto de acceso: Conector 10-way MicroFit 3.0 • Conector de la lámpara: De 3 vías • Área transversal del cable de la lámpara: $0.05 \text{ A } 1.31\text{mm}^2$ • Calibre del cable de la lámpara: 30–16 AWG • Consumo en reposo (excluyendo la lámpara): 4W • Consumo de potencia máxima: 4.2W • Medidas de la unidad: 74 x 55 x 32mm • Peso: 124g • Temperatura de operación: -10 a 45 °C

Fuente: Mejia (2019)


En la siguiente figura se puede ver la lámpara LED integrada con el transmisor driver.



Figura 7. Lámpara LED con Transmisor driver
Fuente: PureLiFi (2016)

En cuanto al transmisor/receptor para los dispositivos tendremos diversas opciones dado que la compañía PureLiFi ha desarrollado dispositivos con conexión mediante USB (estación dongle), así como dispositivos que pueden venir integrados directamente en algunos dispositivos electrónicos y accesorios integrados para teléfonos móviles.

Cuadro No. 5
Estación Dongle

Dispositivo	Parámetro
	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaz de datos: USB 2.0 • Consumo de potencia máximo: 2.5W • Tamaño de la unidad: 85 x 29.4 x 10.2mm • Peso: 42g • Temperatura de operación: 0 – 35 °C • Humedad (sin condensación): 20% - 95%

Fuente: Mejia (2019)

Los dispositivos de conectividad Li-Fi integrada de la empresa PureLi-Fi se compone de dos bloques principales:

El primero de estos bloques es la banda base, que convierte los datos en una señal para ser transmitida, y viceversa. El otro bloque es el extremo frontal óptico (OFE), funciona como una “antena de luz” análoga a la radio cadena en un sistema de RF como celular o Wi-Fi, en extremo frontal óptico es donde ocurre la magia de Li-Fi. La OFE actúa como una antena de luz, capturando y transmitiendo luz para convertir la luz en datos, y los datos en luz. En la siguiente figura se puede ver el transmisor/receptor.

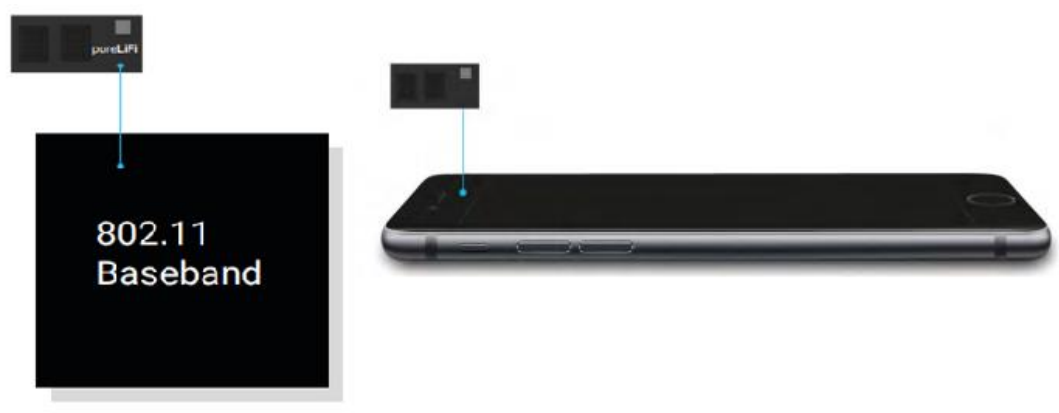


Figura 8. Transmisor/Receptor de conectividad Li-Fi integrada
Fuente: PureLiFi (2016)

Se han desarrollado dispositivos de conectividad que pueden venir adaptados a diversos accesorios con el fin de que cualquier teléfono móvil pueda contar con una conectividad Li-Fi a través de sus respectivos puertos de conexión (ver figura 9).



Figura 9. Accesorio para teléfonos móviles integrado con conectividad Li-Fi
Fuente: PureLiFi (2016)

Con respecto al enrutador y/o switch, Li-Fi implementa una arquitectura de conectividad que es compatible con los sistemas de iluminación actuales, la razón es porque el punto de acceso Li-Fi soporta PoE/PoE+ y además ofrece compatibilidad con dispositivos CISCO que generalmente son los más comunes en las instalaciones de red.

Fuente de Conexión a Internet

Para que un avión pueda ofrecer a sus pasajeros conexión inalámbrica a internet, debe tener una antena receptora o una que le permita conectarse a algún satélite, así como contar con un punto de emisión de la conexión. Para ello debe tener instalado un sistema de cableado que conecta la antena del avión. Para conseguir todo esto, ello existen tres métodos los cuales serán descritos en el siguiente cuadro.

Cuadro No 6.

Métodos para conexión a internet en las aeronaves

Air-to-Ground	Conexión por bandas “Ku” y “Ka”	Excede
También conocido como ATG o aire-tierra. Utiliza las antenas de emisión dirigidas a los ciudadanos que ya existen alrededor de los pueblos y ciudades. Están orientadas hacia el suelo, debe tener instalada una antena receptora en la parte inferior del aparato que apunte hacia esas antenas “de suelo” para amplificar la recepción.	Estas dos tecnologías solo se distinguen por la velocidad de conexión, es aceptable en ambas, la banda “Ka” es algo más rápida. En estos métodos, el avión se conecta a un satélite que, a su vez, se encarga de conectarlo a una antena en tierra dedicada exclusivamente a la conexión de los aviones.	Este método también utiliza un satélite que conecta el avión con una antena ubicada en tierra. La velocidad es menor que la de las bandas “Ku” y “Ka”.

Fuente: Mejía (2019)

Para la implementación de este diseño de un sistema de conexión inalámbrica mediante el uso de la tecnología Li-Fi, se recomienda como fuente de internet de la

aeronave el método de conexión por bandas “Ku” y “Ka” puesto que es el que ofrece mayores velocidades de conexión (ver figura 10).

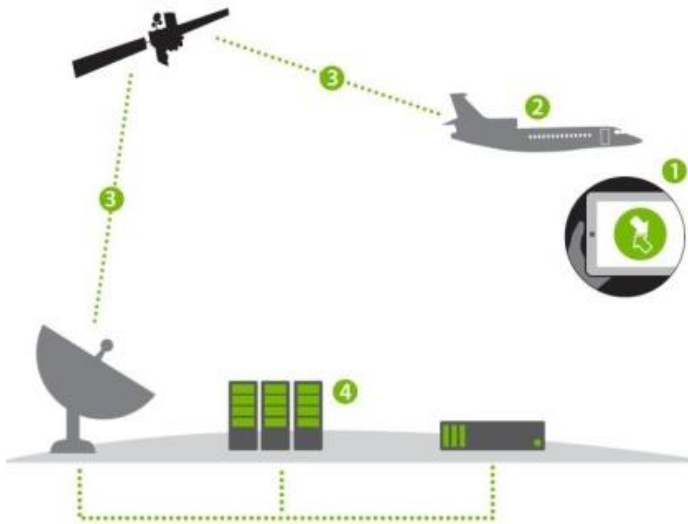


Figura 10. Conexión por bandas “Ku” y “Ka”
Fuente: Mejia (2019)

Diagramas del Sistema

En la siguiente figura se observa como está estructurado el sistema de conexión a internet vía Li-Fi.

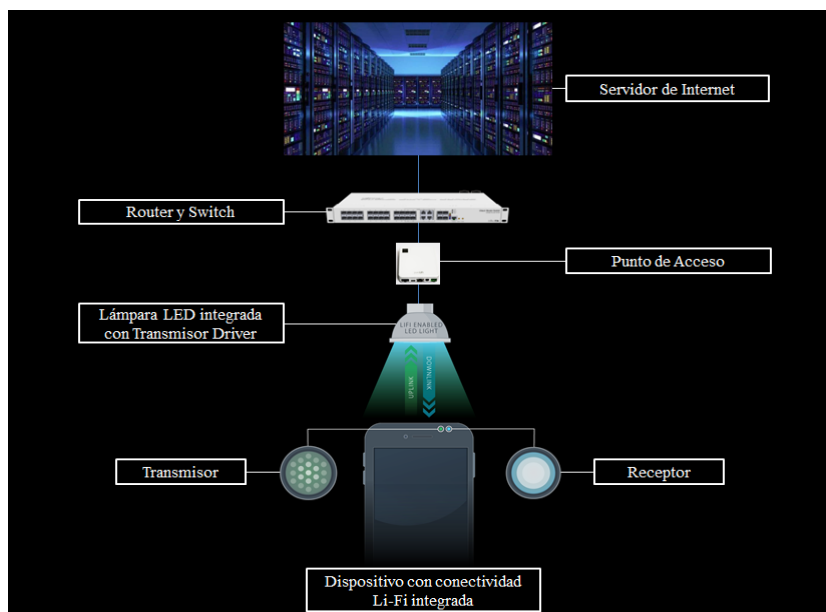


Figura 11. Estructura del Sistema Li-Fi
Fuente: Mejia (2019)

En el siguiente cuadro se describirá el funcionamiento de cada uno de los dispositivos que conforman la estructura del sistema Li-Fi.

Cuadro No 7.
Función de los Elementos de la Estructura Li-Fi

Dispositivo	Función
Router / Switch PoE	Establecer la conexión con el proveedor de servicio.
Punto de acceso	Conecta la lámpara LED a la red Li-Fi.
Lámpara LED + Transmisor	Habilita la transmisión y recepción de datos en la lámpara LED implementando modulación, conversión analógica a digital y foto detección.
Estación (Transmisor/Receptor)	Transmite y recibe los datos provenientes de la lámpara LED, para brindar acceso a Internet en los diferentes dispositivos.
Cables de red cat5 o cat6	Necesaria para la conexión entre el modem y el punto de acceso.

Fuente: Mejia (2019)

De acuerdo al diseño propuesto para un sistema de conexión a internet via Li-Fi dentro de la cabina de vuelo de una aeronave comercial podemos ver en la siguiente figura cuál sería su estructura.

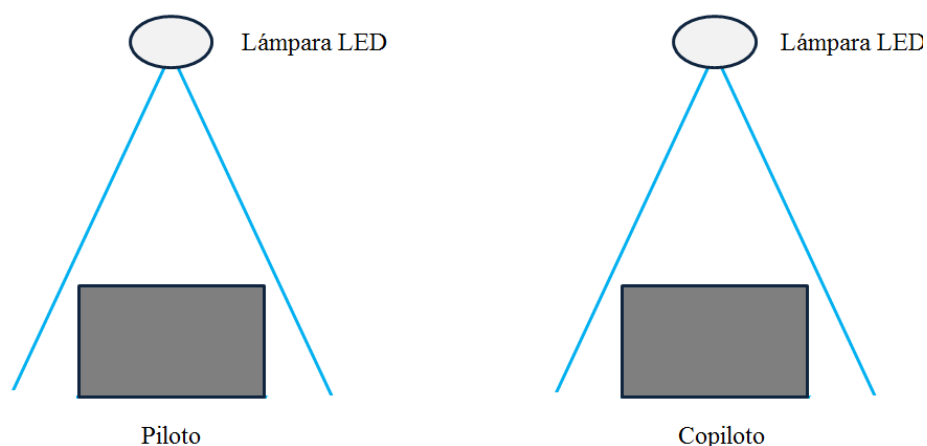


Figura 12. Diagrama de diseño para la Cabina de Vuelo
Fuente: Mejia (2019)

En lo que respecta al diseño del sistema para la cabina de pasajeros, la cual se toma como referencia una cabina que tenga una distribución de asientos de la siguiente manera, 3 filas en la parte derecha, 3 filas en la parte central y 3 filas en la parte izquierda, podemos observar en la siguiente figura la estructura del diseño.

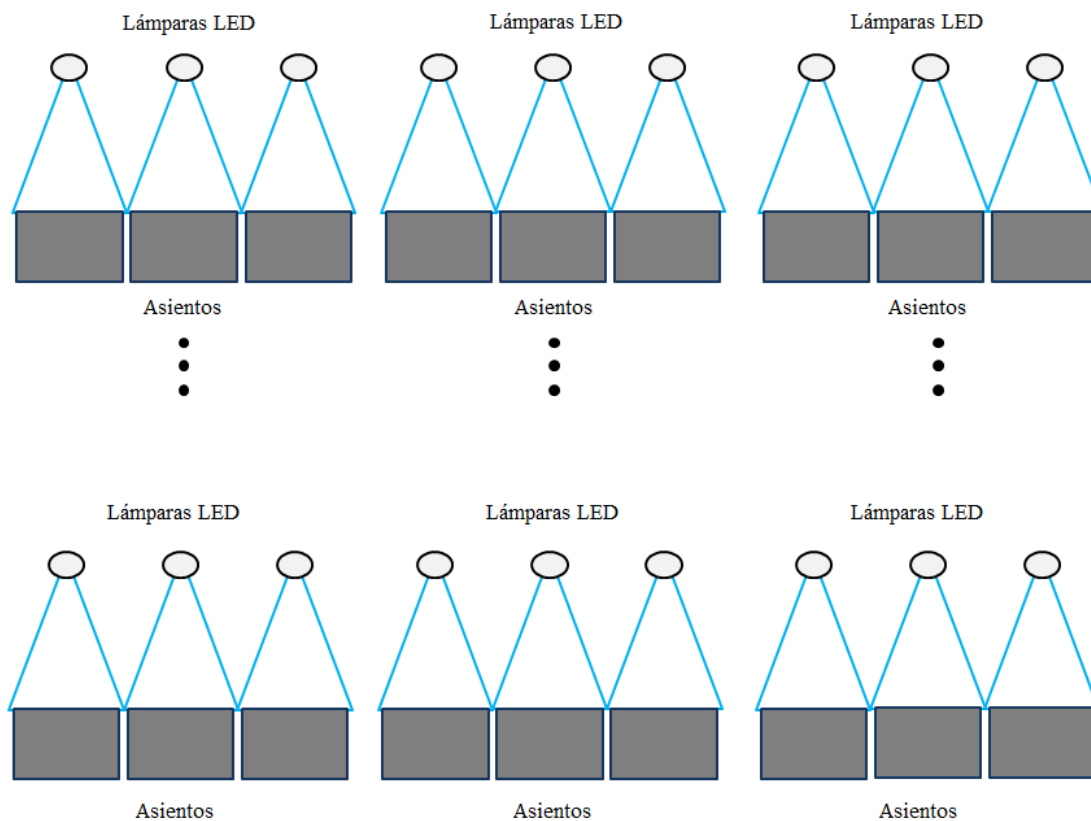


Figura 13. Diagrama de diseño para la Cabina de Pasajeros
Fuente: Mejia (2019)

El diseño de la estructura de un sistema de conexión vía Li-Fi cuenta con ciertas características de desempeño como lo es la tasa máxima de transmisión de datos en canal de bajada con un valor nominal de 43Mbps, una tasa máxima de transmisión de datos en canal de subida de 43Mbps, su distancia máxima de operación es de 6m mientras que su distancia mínima de operación es de 1m con una cantidad máxima de 8 usuarios concurrentes.

El sistema puede soportar Roaming, es decir un handover entre puntos de acceso, cuenta con un diámetro de la atto-celda igual a 2.8m a un rango de 2.5 m de

altura, para el caso de nuestro diseño la altura de la lámpara dependerá del diseño de cada avión, sin embargo la distancia máxima que se podría tener entre la lámpara y el usuario es de 1m por lo tanto el tamaño del diámetro de la atto-celda sería adecuado para cubrir todo el espacio del asiento del usuario.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis e interpretación se realizó de acuerdo a los objetivos de la investigación y al procedimiento metodológico para estudios documentales, permitiendo poder elegir los equipos adecuados que pueden ser utilizados en el diseño, así como también la fuente de internet con la que se debe contar para el correcto funcionamiento de los mismos, para lograr esto se debieron alcanzar una serie de pasos y a continuación se exponen los mismos:

1. Se lograron identificar todos aquellos problemas que afectan directamente al correcto desempeño de los equipos electrónicos que conforman los diferentes sistemas de vuelo de las aeronaves comerciales debido a las interferencias producidas por las ondas electromagnéticas.
2. Se determinaron todos aquellos avances tecnológicos que se han venido dando a lo largo de los últimos años en lo que respecta a las conexiones inalámbricas para lograr transmitir información mediante la luz.
3. Seguidamente se realizó un estudio en el cual se pudieran comprender los principios de operación de la tecnología Li-Fi con el fin de aplicarla en el sector aeronáutico, específicamente en el interior de las aeronaves comerciales para de esta manera permitir una óptima conexión a internet.
4. Finalmente al tener todos estos conocimientos y haber logrado elegir los equipos y la fuente de internet, se procedió a realizar el respectivo diseño de la estructura de conexión a Internet con tecnología Li-Fi adecuada a la estructura interna de las aeronaves comerciales.

Evaluar el comportamiento las fuentes que proveen internet en conjunto con la tecnología LI Fi como estrategia de distribución inalámbrica.

Seguir evaluando la implementación de la tecnología LI Fi en otras áreas.

REFERENCIAS

- Arias F. (1999). *El Proyecto de Investigación Documental. Guía para su Elaboración.*
- Behrouz Forouzan. (2002). *Transmisión y Redes de Comunicación.* España. Editorial: Mc Graw Hill.
- Briceño J. (2005). *Transmisión de Datos.* Mérida - Venezuela.
- Hernández Sampieri, R. Metodología de la investigación. McGraw-Hill interamericana editores, S.A. de C.V.
- Hurtado de Barrera, J. (1999). Metodología de la investigación Holística Tercera edición.
- Hernández. (2000). *El Proyecto Factible como Modalidad de Investigación Educativa.*
- Manual UFT (2016). *Manual de Normas para la Presentación del Trabajo de Grado.* Universidad Fermín Toro, Cabudare.
- Wayne T. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.* México. Editorial: Prentice Hall.
- Salinas, F (2016). *Estudio e implementación de un prototipo para la aplicación de un sistema óptico de comunicación inalámbrica (tecnología Li-Fi (Light-Fidelity)).* Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Ecuador.
- Peñañiel, J (2015). *Análisis de la tecnología Li-Fi: Comunicaciones por luz visible como punto de acceso a internet, una alternativa a la transmisión de datos en las comunicaciones inalámbricas.* Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Colombia.