

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR

**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, GESTIÓN
EMPRESARIAL E INFORMÁTICA**



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA TECNOLOGÍA WIFI Y LIFI
PARA LA SELECCIÓN ADECUADA EN LA FACULTAD DE
CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, GESTIÓN EMPRESARIAL E
INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR,
AÑO 2016 – 2017.**

AUTOR

OLGA MARIEL NÚÑEZ MELÉNDEZ.

DIRECTOR:

ING. DARWIN CARRIÓN BUENAÑO

PARES ACADÉMICOS:

ING. JUAN CARLOS SANTILLÁN

DR. HENRY VALLEJO BALLESTEROS

GUARANDA, MAYO 2017

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	14
2.	REVISION DE LA LITERATURA.....	16
2.1	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	16
2.1.1	Origen.....	16
2.1.2	Concepto.....	16
2.2	REDES INALÁMBRICAS.....	16
2.2.1	Ventajas de las Redes Inalámbricas	17
2.2.2	Desventajas de las Redes Inalámbricas	17
2.2.3	Tipos de red inalámbrica	17
2.2.4	Aplicaciones	19
2.3	LIFI (802.15.7).....	19
2.3.1	Historia de Lifi	19
2.3.2	¿Qué es LiFi?.....	20
2.3.3	Funcionamiento de LiFi	20
2.3.4	Estándar IEEE802.15.7	21
2.3.5	Arquitectura 802.15.7.....	24
2.3.6	Parámetros de las ondas LiFi.....	28
2.3.7	Ventajas y Desventajas de Lifi.....	30
2.3.8	Lifi y el medio ambiente	32
2.3.9	Diseño de red Lifi.....	33
2.3.10	Aplicaciones Lifi	33
2.3.11	Dispositivos Lifi	34
2.4	WIFI (802.11n).....	39
2.4.1	Historia de Wifi	39
2.4.2	¿Qué es Wifi?	40
2.4.3	Conceptos básicos en Wifi:	40
2.4.4	Funcionamiento Wifi.....	41
2.4.5	Norma 802.11 o Wifi.....	41
2.4.6	Estándares Certificados por Wifi (802.11).....	42

2.4.7	Arquitectura 802.11n.....	47
2.4.8	Parámetros de Ondas Wifi.....	48
2.4.9	Ventajas y Desventajas de 802.11n.....	53
2.4.10	Sistemas de Seguridad de las Redes Wifi.....	54
2.4.11	Wifi y el medio ambiente	55
2.4.12	Diseño de red Wifi	56
2.4.13	Aplicaciones Wifi.....	56
2.4.14	Tipos de hardware Wifi	57
3.	MÉTODO.....	59
3.1	ANÁLISIS COMPARATIVO	60
3.1.1	Parámetros de Transmisión	60
3.1.2	Parámetros de Propagación	66
3.1.3	Parámetros de Atenuación.....	72
3.1.4	Parámetros de Dispersión.....	77
3.1.5	Parámetros de Modulación.....	82
3.2	Análisis de la entrevista.....	88
4.	RESULTADOS	89
4.1	Base legal	89
4.2	Análisis de la tecnología Lifi (802.15.7) y Wifi (802.11n) mediante el análisis FODA ..	90
4.2.1	FODA Lifi (802.15.7)	91
4.2.2	FODA Wifi (802.11n)	91
4.2.3	Variantes Lifi y Wifi	95
4.3	Parámetros de transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación.	91
4.3.1	Descripción de Resultados	91
4.4	Comprobación de la hipótesis	96
4.4.1	Determinación de las variables.....	96
4.4.2	Operacionalización de variables.....	97
4.4.3	Valorización de las variables.....	97
4.4.4	Comprobación de la Hipótesis	99
4.5	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA	101
4.5.1	Tecnología LiFi	101

4.5.2	Tecnología WIFI	119
4.6	INVERSIÓN DEL PROYECTO.....	122
5.	DISCUSIÓN.....	123
6.	REFERENCIAS, BIBLIOGRAFÍA.....	125
7.	APÉNDICES	130

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotófono Bell - Tainter, 1880.....	16
Figura 2: Tipos de red inalámbrica	18
Figura 3: Funcionamiento de Lifi.....	21
Figura 4: Espectro de luz visible.....	21
Figura 5: Topologías de red en 802.15.7	23
Figura 6: Arquitectura 802.15.7	25
Figura 7: Modulación OOK	27
Figura 8: Modulación VPPM.....	27
Figura 9: Modulador de transmisión Lifi	28
Figura 10: Dispersión de la luz	30
Figura 11: Diseño de red Lifi	33
Figura 12: Focos LED Lifi.....	34
Figura 13: Tubos LED Lifi.....	35
Figura 14: Luces LED Lifi Empotrables	35
Figura 15: Ampolletas LED Lifi.....	36
Figura 16: Placas LED Lifi.....	36
Figura 17: Driver LBS	37
Figura 18: Driver de alta tensión.....	37
Figura 19: Driver para ampolletas	38
Figura 20: Driver para tubos T8.....	38
Figura 21: Llave Lifi para GeoLifi	39
Figura 22: Conector USB portátil ONEWAY	39
Figura 23: Funcionamiento Wifi.....	41
Figura 24: Diagrama de MIMO.....	45
Figura 25: Arquitectura 802.11n	48
Figura 26: Arquitectura 802.11n	49
Figura 27: Propagación de ondas Wifi.....	49
Figura 28: Reflexión de ondas Wifi	50
Figura 29: Reflexión de ondas Wifi	52

Figura 30: Diagrama de red Wifi	56
Figura 31: Adaptadores inalámbricos.....	58
Figura 32: Gráfico de porcentajes de Transmisión en Lifi y Wifi.....	64
Figura 33: Gráfico de porcentajes de transmisión de Lifi y Wifi	66
Figura 34: Porcentajes de propagación en Lifi y Wifi.....	70
Figura 35: Gráfico de porcentajes de propagación en Lifi y Wifi.....	72
Figura 36: Gráfico de porcentajes de atenuación en Lifi y Wifi.....	75
Figura 37: Gráfico de porcentajes de atenuación de Lifi y Wifi.....	76
Figura 38: Gráfico de porcentajes de Transmisión en Lifi y Wifi.....	80
Figura 39: Gráfico de porcentajes de dispersión de Lifi y Wifi.....	81
Figura 40: Gráfico de porcentajes de Modulación en Lifi y Wifi.....	86
Figura 41: Gráfico de porcentajes de modulación de Lifi y Wifi	87
Figura 42: Acceso a Internet según el area	90
Figura 43: Análisis FODA Lifi (802.15.7)	91
Figura 44: Análisis FODA Wifi (802.11n).....	95
Figura 45: Comparación de resultados totales	94
Figura 46: Comprobación de hipótesis	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Grado de atenuación en algunos materiales	53
Tabla 2: Rango de operación de los parámetros de transmisión en Lifi y Wifi	60
Tabla 3: Valoración para la confiabilidad en función de frecuencia	62
Tabla 4: Valoración al rango de velocidad	62
Tabla 5: Valoración al rango de ancho de banda.....	63
Tabla 6: Calificación a los parámetros de transmisión.	63
Tabla 7: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes.....	64
Tabla 8: Valores y porcentajes finales de transmisión	65
Tabla 9: Rango de trabajo de parámetros de propagación.....	67
Tabla 10: Valoración al rango de Alcance	68
Tabla 11: Valoración al rango de velocidad de propagación	69
Tabla 12: Valoración al rango de potencia de transmisión	69
Tabla 13: Calificación a los parámetros de propagación.	69
Tabla 14: Valor de los parámetros y porcentaje parcial en propagación.....	70
Tabla 15: Valores y porcentajes finales de propagación	71
Tabla 16: Rango de operación de los parámetros de transmisión en Lifi y Wifi	72
Tabla 17: Valoración al rango de distancia	73
Tabla 18: Valoración al rango del grado de atenuación por obstáculos.....	73
Tabla 19: Calificación a los parámetros de atenuación.....	74
Tabla 20: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes.....	75
Tabla 21: Valores y porcentajes finales de transmisión	76
Tabla 22: Rango de operación de los parámetros de dispersión en Lifi y Wifi.....	77
Tabla 23: Valoración para el índice de refracción	78
Tabla 24: Valoración al rango de longitud de onda.....	78
Tabla 25: Calificación a los parámetros de dispersión	78
Tabla 26: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes.....	79
Tabla 27: Valores y porcentajes finales de dispersión	81
Tabla 28: Modulación en 802.11n y 802.15.7.....	82
Tabla 29: Modulaciones en Wifi (802.11n)	83

Tabla 30: Modulaciones en Lifi (802.15.7).....	83
Tabla 31: Rango de operación de los parámetros de modulación en Lifi y Wifi	83
Tabla 32: Valoración para el Data rate.....	84
Tabla 33: Valoración al FEC	84
Tabla 34: Calificación a los parámetros de transmisión.	85
Tabla 35: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes.....	85
Tabla 36: Valores y porcentajes finales de transmisión	87
Tabla 37: Variantes Lifi y Wifi.....	96
Tabla 38: Resultados Parciales	92
Tabla 39: Puntuación total	93
Tabla 40: Operacionalización de las variables	97
Tabla 41: Recopilación de Resultados.....	98
Tabla 42: Comparación de Routers LIFI	102
Tabla 43: Comparación de Focos Modulares LIFI (1-2).....	103
Tabla 44: Comparación de Focos Modulares LIFI (2-2).....	104
Tabla 45: Comparación de Tubos Led T8 LIFI.....	105
Tabla 46: Comparación de Panel de Luces LED LIFI.....	106
Tabla 47: Comparación de Foco Empotrado LIFI (1-2)	107
Tabla 48: Comparación de Foco Empotrado LIFI (2-2)	109
Tabla 49: Comparación de GeoLIFI XS.....	110
Tabla 50: Comparación de GeoLIFI SPOT.....	112
Tabla 51: Comparación de GeoLIFI CW12 REDONDO.....	114
Tabla 52: Comparación de GEOLiFi CW10 CUADRADO.....	116
Tabla 53: Comparación de Drivers LIFI.....	117
Tabla 54: Comparación de Receptores LIFI.....	118
Tabla 55: Comparación Routers WiFi (1-2).....	120
Tabla 56: comparación de Switch.....	120
Tabla 57: comparación de Access Point.....	122
Tabla 58: Detalle de gastos personales	122

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Atenuación	51
Ecuación 2: Longitud de onda	60
Ecuación 3: Frecuencia	61
Ecuación 4: Porcentaje parcial Lifi	63
Ecuación 5: Porcentaje parcial Wifi.....	63
Ecuación 6: Porcentaje final	65
Ecuación 7: Porcentaje total del parámetro de transmisión	65
Ecuación 8: Pérdidas en el espacio libre	67
Ecuación 9: Velocidad de propagación (v).....	68
Ecuación 10: Porcentaje final	75
Ecuación 11: Porcentaje total del parámetro de transmisión	76
Ecuación 12: Porcentaje final	86
Ecuación 13: Porcentaje total del parámetro de transmisión	87

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACK: ACKNOWLEDGMENT (ACUSE DE RECIBO)

AP: ACCESS POINT

CCA: CLEAR CHANNEL ASSESSMENT

CC: CONVOLUTIONAL CODE (CODIGO CONVULUCIONAL)

CSK: COLOR-SHIFT KEYING

CSMA/CA: CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS WITH COLLISION AVOIDANCE (ACCESO MULTIPLE CON ESCUCHA DE PORTADORA Y DETECCION DE ERRORES)

DC: DIRECT CURRENT (CORRIENTE CONTINUA)

DME: DEVICE MANAGMENTE ENTITY (ENTIDAD DE GESTION DE DISPOSITIVOS)

FEC: FORMARD ERROR CONNECTION (CORRECCION DE ERRORES HACIA ADELANTE)

ISM: INDUSTRIAL SCIENTIFIC AND MEDICAL (INDUSTRIAL CIENTÍFICO Y MÉDICO)

LDs: LASER DIODES (DIODOS LASER)

LED: LIGHT-EMITTING DIODE (DIODO EMISOR DE LUZ)

LIFI: LIGHT FIDELITY (FIDELIDAD DE LA LUZ)

LLC: LOGICAL LINK CONTROL (CONTROL DE ENLACE LOGICO)

MAC: MEDIA ACCESS CONTROL (CONTROL DE ACCESO AL MEDIOS)

MCPS: MEDIUM ACCESS CONTROL COMMON PART
SUBLAYER (MEDIANO CONTROL DE ACCESO SUBLAYER)

MLME: MEDIUM ACCESS CONTROL LINK-MANAGEMENT ENTITY (ENTIDAD DE GESTION DE ENLACE DE CONTROL DE ACCESO MEDIO)

MSC: MODULATION AND CODING SCHEME (ESQUEMA DE MODULACION Y CODIFICACION)

OFDM: ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING
(MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIAS ORTOGONALES)

OOK: ON-OFF KEYING

PAN: PERSONAL AREA NETWORK (AREA DE TRABAJO PERSONAL)

PD: PHYSICAL-LAYER DATA (DATOS DE LA CAPA FISICA)

PHY: PHYSICAL LAYER (CAPA FISICA)

PLME: PHYSICAL-LAYER MANAGEMENT ENTITY

PPM: PULSE-POSITION MODULATION (MODULACION DE POSICION DE PULSO)

PSK: PHASE SHIFT KEYING (MODULACION POR DESPLAZAMIENTO DE FASE)

PWM: PULSE-WITH MODULATION (MODULACION POR ANCHO DE PULSOS)

QAM: QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION (MODULACION DE AMPLITUD EN CUADRATURA)

RF: RADIO FREQUENCY (FRECUENCIA DE RADIO)

RGB: RED GREEN BLUE (ROJO VERDE AZUL). COMPOSICION DEL COLOR EN TERMINOS DE INTENSIDAD DE LOS COLORES PRIMARIOS.

RLL: RUN-LENGTH LIMITED (LARGO DE CARRERA LIMITADO)

RS: REED-SOLOMON

SAP: SERVICE ACCESS POINT (PUNTO DE ACCESO DE SERVICIO)

SSID: SERVICE SET IDENTIFICATION (IDENTIFICACION DEL SET DE SERVICIO)

SSCS: SERVICE-SPECIFIC CONVERGENCE SUBLAYER (CAPA DE CONVERGENCIA DE SERVICIO)

VLC: VISIBLE-LIGHT COMMUNICATION (COMUNICACION CON LUZ VISIBLE)

VPAN: PERSONAL AREA NETWORK

VPPM: PULSE VARIABLE POSITION MODULATION (MODULACION DE POSICION VARIABLE DE PULSO)

WDS: WIRELESS DISTRIBUTION SYSTEM (SISTEMA DE DISTRIBUCION INALAMBRICO)

WIFI: WIRELESS FIDELITY

WMAN: WIRELESS METROPOLITAN AREA NETWORK (RED INALAMBRICA DE AREA METROPOLITANA)

WPAN: WIRELESS PERSONAL AREA NETWORK (RED INALAMBRICA DE AREA PERSONAL)

WQI: WAVELENGTH QUALITY INDICATOR (INDICADOR DE CALIDAD DE LONGITUD DE ONDA)

WWAN: WIRELESS WIDE AREA NETWORK (RED INALAMBRICA DE AREA AMPLIA)

RESUMEN

Análisis comparativo de la tecnología WiFi y LiFi para la selección adecuada en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática de la Universidad Estatal de Bolívar.

Para realizar el presente trabajo de titulación se utilizó el método descriptivo, analítico y comparativo, con el método analítico y comparativo se determinó la tecnología con mejores prestaciones y transmisión eficiente de información, además del costo/beneficio que cada tecnología presenta para lo cual se determinó sus ventajas y desventajas y la tecnología con mayor factibilidad para ser implementada.

Se realizó la comparación de los siguientes indicadores: Parámetros de transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación, dando como resultado que Lifi tiene 80% de eficacia y Wifi 77,10% estableciéndose una diferencia del 2,9% entre las dos tecnologías inalámbricas.

Se concluyó que la tecnología inalámbrica más eficiente para ser implementada es LiFi, debido a la velocidad de transmisión, y la mayor seguridad que brinda.

Se recomienda la utilización de la tecnología Lifi por mayor velocidad y mayor seguridad.

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de comunicaciones inalámbricas hoy en día desempeñan un rol muy importante en la vida de las personas, es por eso que surge el interés de realizar un análisis comparativo entre 802.11n (WIFI) y 802.15.7 (LIFI), con el fin de determinar la tecnología que brinde mejor rendimiento y factibilidad al transmitir información.

Los parámetros a tomar en cuenta para realizar este estudio son transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación. Todos estos parámetros son importantes para determinar el mejor rendimiento en comunicaciones inalámbricas.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo primordial, seleccionar la tecnología más adecuada para los sistemas de comunicación inalámbrica en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e informática de la Universidad Estatal de Bolívar, y como objetivos específicos:

- Analizar los estándares IEEE 802.11n y IEEE 802.15.7.
- Estudiar los parámetros de velocidad de transmisión, seguridad, modulación, propagación, dispersión de la señal, ancho de banda y consumo de energía de los estándares 802.11n y 802.15.7.
- Determinar el costo – beneficio en la implementación de las tecnologías
- Comparar los parámetros de los estándares IEEE 802.11n y IEEE 802.15.7 para determinar la tecnología con más prestaciones, mejor rendimiento

Mediante el desarrollo del proyecto de investigación se logró medir la factibilidad de una óptima selección de las tecnologías inalámbricas para la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática.

Se detallaron las definiciones conceptuales WIFI (802.11n) y LIFI (802.15.7), características, arquitecturas, diseños de red, ventajas, desventajas y costo de los dispositivos de cada tecnología.

En los resultados, se enfoca al análisis comparativo entre las tecnologías 802.11n y 802.15.7 que a través de investigaciones científicas se llegue a conocer los beneficios y carencias de cada una de las tecnologías. Al finalizar la comparación se obtendrá los resultados los mismos que serán de uso para seleccionar la tecnología más adecuada para sistemas de comunicaciones inalámbricas.

Finalmente, se emiten las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó luego de realizar el presente trabajo de investigación. Adicionalmente, se encuentran en los anexos la información adicional utilizada para la realización del estudio comparativo. El trabajo realizado, servirá en el futuro para la toma de decisiones, al elegir entre las dos tecnologías mencionadas anteriormente, y decidir cuál brinda mejor rendimiento al transmitir información inalámbricamente.

2. REVISION DE LA LITERATURA

2.1 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

2.1.1 Origen

Las redes inalámbricas aparecen en el año 1880 cuando Graham Bell y Summer Tainter inventaron el primer aparato de comunicación sin cables, el fonógrafo, que permitía la transmisión del sonido por medio de una emisión de luz, como se muestra en la **Figura 1** se muestra el esquema de funcionamiento de un fonógrafo. (Contreras, 2010).

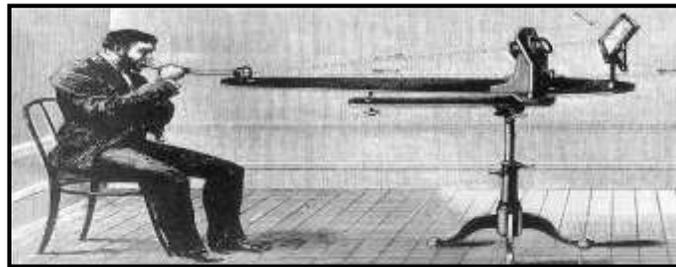


Figura 1: Fonógrafo Bell - Tainter, 1880.

Fuente: (Contreras, 2010), Recuperado de <http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-dredes-inalambricas/>

En 1888 el físico alemán Rudolf Hertz realizó la primera transmisión sin cables con ondas electromagnéticas mediante un oscilador que usó como emisor y un resonador como receptor. En 1899 Guillermo Marconi consiguió establecer comunicaciones inalámbricas a través del canal de la Mancha, entre Dover y Wilmereux y, en 1907, se transmitían los primeros mensajes completos a través del Atlántico.

2.1.2 Concepto

La comunicación inalámbrica utiliza la modulación de ondas electromagnéticas de baja potencia y una banda específica de uso libre o privada para transmitir entre dispositivos, con la necesidad de compartir información entre ellos sin necesidad de una red cableada. (Tomasi, W. 2003)

2.2 REDES INALÁMBRICAS

La red inalámbrica es el conjunto de dos a más dispositivos de los cuales destacan computadoras portátiles, celulares, entre otros la idea es que se puedan comunicar sin la

necesidad de estar conectados por cables, allí es donde intervienen el termino de movilidad permitiendo a los usuarios mantenerse conectado a la red dentro de una determinada área geográfica. Mismas que se enlazan mediante ondas electromagnéticas. (Moya J & Huidobro J., 2006)

Las redes inalámbricas no requieren de ningún cambio significativo en la infraestructura por la compatibilidad que existe entre los equipos.

2.2.1 Ventajas de las Redes Inalámbricas

- **Movilidad:** los usuarios conectados a una red inalámbrica tienen acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar donde este desplegada la red.
- **Instalación rápida, simple y flexible:** la instalación es rápida y elimina la necesidad de colocar cables a través de paredes y techos.
- **Costos reducidos:** la inversión inicial para una red inalámbrica puede ser elevada que el costo de una red estructurada, pero sin embargo la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior.
- **Escalable:** las redes inalámbricas se pueden configurar utilizando diferentes topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas.

2.2.2 Desventajas de las Redes Inalámbricas

- Sufren pérdidas de señal e interferencias dependiendo del ambiente en el que se encuentre.
- Existe pérdida de velocidad y transmisión en comparación con las redes cableadas.
- Al ser una red abierta puede ocasionar problemas de seguridad.
- La señal puede verse interrumpida por objetos como árboles y condiciones climáticas. (Sánchez, J., & Martínez, J. 2012).

2.2.3 Tipos de red inalámbrica

Según su cobertura, las redes inalámbricas se pueden clasificar en diferentes tipos como se muestra en la **Figura 2:**

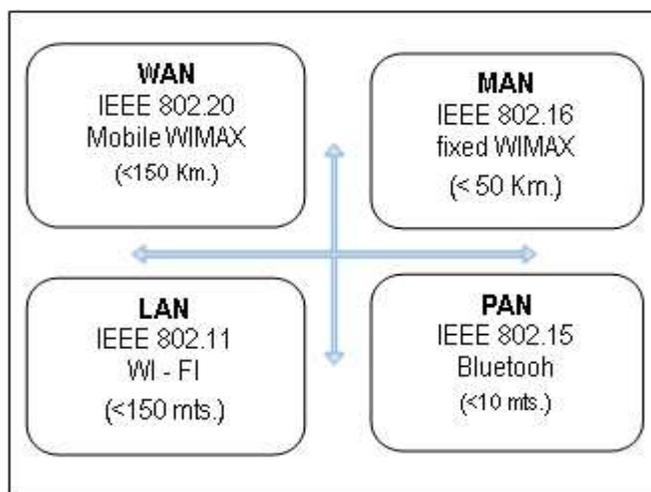


Figura 2: Tipos de red inalámbrica

Realizado por: Mariel Nuñez

2.2.3.1 WPAN: Wireless Personal Area Network.

La red de área personal tiene una configuración básica que son utilizadas en el entorno personal y local ya sea en la casa, trabajo, parque, centro comercial, etc. Permite establecer una comunicación de manera rápida y eficaz con los dispositivos. En la actualidad las tecnologías que permiten su desarrollo son la tecnología inalámbrica Bluetooth y la tecnología de infrarrojos. El alcance de la red es de alrededor 10 metros máximo.

2.2.3.2 WLAN: Wireless Local Area Network.

La red de área local es el conjunto de equipos que pertenecen a la misma organización y se encuentran conectados en un área pequeña. Se utilizan para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en las oficinas de una empresa y de fábricas para compartir recursos por ejemplo impresoras e intercambiar información.

2.2.3.3 WMAN: Wireless Metropolitan Area Network.

Red de área metropolitana, está conformada por la conexión de varias LAN cercanas en un área de 50 Km a una alta velocidad. La red MAN está compuesta por routers conectados entre sí generalmente con cables de fibra óptica.

2.2.3.4 WWAN: Wireless Wide Area Network.

Red de Amplia Cobertura o Red de Area Extensa. Está compuesta por la conexión de múltiples LAN entre sí a través de grandes distancias geográficas. La velocidad disponible varía de acuerdo a la distancia entre redes. (Belmonte, 2016)

2.2.4 Aplicaciones

- Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación y submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).
- Mediante las microondas terrestres, existen aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos u otros. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares (detección de velocidad de objetos remotos) y televisión digital terrestre.
- Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas.
- Los infrarrojos tienen aplicaciones como la comunicación a corta distancia de los ordenadores con sus periféricos. (Amaya, J. 2010).

2.3 LIFI (802.15.7)

2.3.1 Historia de Lifi

La historia de la utilización de la luz como medio de traspaso de información remonta al año 1880, cuando Alexander Graham Bell realizó por primera vez en la historia, la transmisión de un mensaje de voz utilizando las ondas de la luz solar como medio de transporte, a una distancia de 213 metros. A pesar de ese gran descubrimiento, las investigaciones siguieron con respecto a las ondas electromagnéticas, que son ampliamente utilizadas por todos los medios inalámbricos en todo el mundo, produciendo no solo una gran congestión y saturación del rango de frecuencia utilizado, sino también una alta polución electromagnética que afecta a seres vivos y equipos.

Es por este motivo, que científicos de la Universidad de Versalles en Francia, pionera en el desarrollo de esta tecnología desde hace más de 5 años, desarrollaron de forma comercial el uso del LiFi, formando la primera y única compañía en el mundo llamada OLEDCOMM,

capaz de ofrecer soluciones reales a los requerimientos de la industria y personas. En la actualidad ya hay empresas distribuyendo productos Lifi como son Oledcomm, PureLifi, América Lifi y Sisoft de México entre las principales. (Bermeo Sarmiento & Fajardo Calle, 2013)

2.3.2 ¿Qué es LiFi?

Light Fidelity o Fidelidad de la Luz, es una nueva tecnología que cambiara el mundo de las telecomunicaciones, ya que puede iluminar un espacio de trabajo, una oficina entre otros y al mismo tiempo proporciona internet móvil para cualquier dispositivo que se encuentre al alcance de la luz. (Hass & Yin, 2016)

LiFi fue inventado por el Profesor Harald Haas quien lo llama como "los datos a través de la iluminación", esta idea surgió de la transmisión de datos por fibra óptica, lo que Haas hizo fue utilizar la luz como medio transmisor de datos, pero sin un cable conductor, sino por medio de un LED (Light- Emitting Diode) que va variando su intensidad y de esta manera generando 1s y 0s lógicos. Esta tecnología difiere de las maneras convencionales de transmisión, ya que no usa el espectro radiológico, ni el de luces infrarrojas o ultravioletas, sino que utiliza el espectro de luz visible para el ojo humano, usa las frecuencias de (385-789) Thz. (Ruíz & Cervantes, 2015)

2.3.3 Funcionamiento de LiFi

Para su funcionamiento se necesita un modulador en la parte transmisora que apagará y encenderá el foco de luz rápidamente (imperceptible para los humanos), creando así los ceros y unos binarios, y un fotodiodo en la parte de recepción que recogerá los cambios de luz y los pasará otra vez al dominio eléctrico. Comúnmente se utiliza el "uno" como foco encendido, y el "cero" como foco apagado. Para la comunicación dual, uno de ida y otro de regreso, se debe usar un led emisor en el dispositivo que recibió anteriormente los datos, ahora los envía, y en la bombilla de led, que ahora se convertiría también en receptora, llegaría el código para ser decodificado y entendido como información. (Khandal & Jain, 2014). Como se muestra en la **Figura 3**.



Figura 3: Funcionamiento de Lifi

Fuente: (Khandal & Jain, 2014)

2.3.4 Estándar IEEE802.15.7

2.3.4.1 Introducción

VLC o Comunicación por Luz Visible son las comunicaciones ópticas que se investigan por más de 100 años, usa las longitudes de onda de (380-780) nm, es decir, usa el espectro visible, el mismo que se muestra en la **Figura 4**.

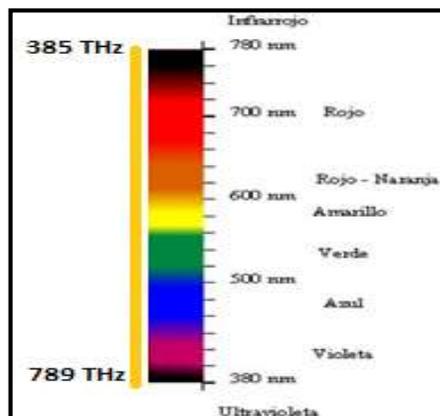


Figura 4: Espectro de luz visible

Fuente: (Moresco, 2012), Recuperado de

<http://ticylamejorasocial.blogspot.com/2012/04/estandar-redes-locales-inalambricas.html>

Transmite datos por la intensidad de modulación de fuentes ópticas tales como los diodos emisores de luz o LED y los diodos láser o LDs más rápido que la persistencia del ojo humano. VLC combina la iluminación y datos en aplicaciones tales como iluminación de un área, letreros, farolas, vehículos, señales de tráfico. (Peñafiel, 2015)

Este estándar define la capa física PHY y la capa MAC (Media Access Control) para comunicaciones ópticas inalámbricas de corto alcance usando luz visible en medios ópticos transparentes. El estándar es capaz de entregar velocidades de datos suficientes para soportar servicios multimedia de audio y video, también considera la movilidad del enlace visible, compatibilidad con infraestructuras de luz visible, alteraciones debido al ruido y interferencias de fuentes como la luz ambiente y la capa MAC que usa enlaces visibles, además se adhiere a las normas de seguridad del ojo.

2.3.4.2 Características

El estándar presenta las siguientes características principales para las comunicaciones de luz visible:

- Operación en tres topologías de red: estrella, peer-to-peer y broadcast.
- Direcciones de 16 bits cortos o 64 bits extendidos
- Transmisiones programadas o realizadas mediante Acceso Randómico Aleatorio con prevención de colisiones.
- Transferencias de datos fiables mediante el uso de tramas de confirmación.
- Indicación de la calidad de la longitud de onda (WQI)
- Soporte para el control del oscurecimiento.
- Soporte para la visibilidad.
- Soporte para la función del color.
- Soporte para el color-estabilización. (Franco, Suárez, & Aragundi, 2016)

2.3.4.3 Topologías de red

El estándar IEEE 80215.7 para Redes de Área Personal en Comunicaciones de Luz Visible posee tres topologías: punto a punto, estrella, y broadcast, como se muestra en la **Figura 5**.

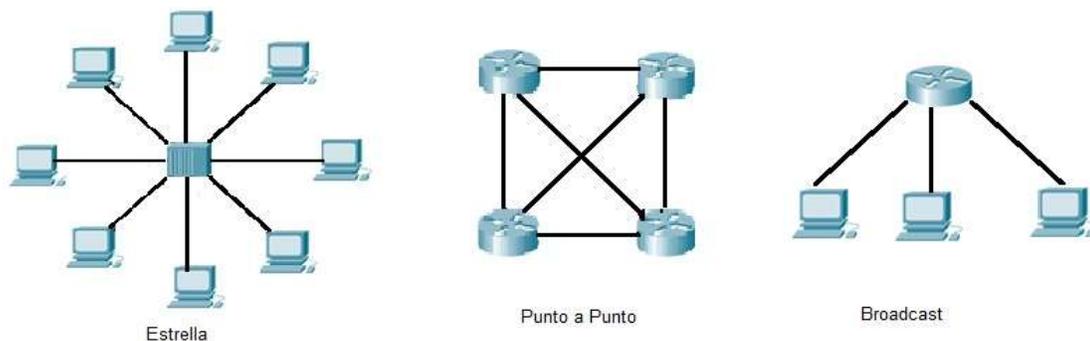


Figura 5: Topologías de red en 802.15.7

Fuente: por Mariel Nùñez

2.3.4.3.1 Topología punto a punto (peer-to-peer).

En esta topología uno de los dispositivos en una asociación se establece como coordinador, cada dispositivo es capaz de comunicarse con cualquier otro dispositivo dentro de su área de cobertura.

2.3.4.3.2 Topología Estrella (star).

En esta topología se establece la comunicación entre los dispositivos y un controlador central llamado coordinador. Todas las redes en esta topología operan independientemente de todas las demás redes en estrella actualmente en funcionamiento. Una vez elegido el identificador el coordinador permite que otros dispositivos se unan a su red. (Ponce, 2006)

2.3.4.3.3 Topología de transmisión (broadcast).

El dispositivo en modo de emisión puede transmitir una señal a otros dispositivos sin la formación de una red. La comunicación es unidireccional y no se requiere la dirección de destino.

Cada dispositivo o coordinador tiene una dirección única de 64 bits. Cuando un dispositivo se asocia con un coordinador se permite asignar una dirección abreviada de 16 bits. Se permite que cualquiera de las direcciones que se utilizará para las comunicaciones dentro de las VPAN sea gestionada por el coordinador. El soporte de visibilidad también se proporciona a través de todas las topologías para mantener la fuente de iluminación en ausencia, o recibir modos de funcionamiento, el propósito de este modo es mantener la iluminación y el parpadeo mitigado. (Pascual, 2007)

2.3.4.4 Modulaciones en 802.15.7

El estándar IEEE 802.15.7 presenta 3 alternativas para un sistema de comunicaciones por luz visible. Estas se basan principalmente en el principio de multiplexación división de frecuencia ortogonal (OFDM) y en técnicas de modulación como son: la modulación óptica y las modulaciones espaciales de luz.

Multiplexación División de frecuencia ortogonal (OFDM): esta técnica permite dividir un canal de frecuencias en varias bandas de frecuencias equidistantes, cada una de ellas lleva una cierta cantidad de información manteniendo la ortogonalidad en la frecuencia, que es un

punto muy importante ya que permite que la información no se sobre monte una con otra y que no haya interferencias.

2.3.5 Arquitectura 802.15.7

La arquitectura IEEE 802.15.7 se define en términos de capas y subcapas, cada capa es responsable de una parte del estándar y ofrece servicios a las capas superiores, esta arquitectura se observa en la **Figura 6**. La interfaz entre las capas sirve para definir los enlaces lógicos que se describen en esta norma. Un dispositivo WPAN se compone de una capa física (PHY) que contiene el transceptor de luz, junto con su mecanismo de control de bajo nivel y un control de acceso al medio (MAC), esta es una subcapa que proporciona acceso al canal físico para todas las transferencias.

Las capas superiores consisten en una capa de red, que proporciona la configuración de red, manipulación y enrutamiento de mensajes, y una capa de aplicación destinada a las funciones del dispositivo. Una capa de control de enlace lógico (LLC) puede acceder a la subcapa MAC a través de la subcapa de convergencia específica del servicio (SSCS). Una entidad de gestión de dispositivos (DME) también es compatible con la arquitectura. El DME puede hablar con el PLME y MLME para los fines de interfaz entre MAC y PHY con un regulador de intensidad. El DME puede acceder a ciertos atributos relacionados con la intensidad de MLME y PLME con el fin de proporcionar información de intensidad a la MAC y PHY. DME también puede controlar el interruptor de la capa física utilizando PLME para la selección de las fuentes ópticas y fotodetectores.

La interfaz de conmutación de la capa física se conecta con el SAP óptico a los medios de comunicación óptica que pueden ser uno o múltiples fuentes ópticas y fotodetectores. Múltiples fuentes y fotodetectores ópticos son compatibles con la capa física estándar para PHY III, así como para la movilidad celular VLC. El PLME controla el conmutador físico con el fin de seleccionar una celda, la línea que va a la SAP óptica desde el conmutador de la capa física es un vector. El número de líneas que comprenden el SAP óptico tiene la dimensión de $n \times m$, donde "n" es el número de células y "m" es el número de distintos flujos de datos de la capa física. El valor de "m" es tres para PHY III. (IEEE, 2012)

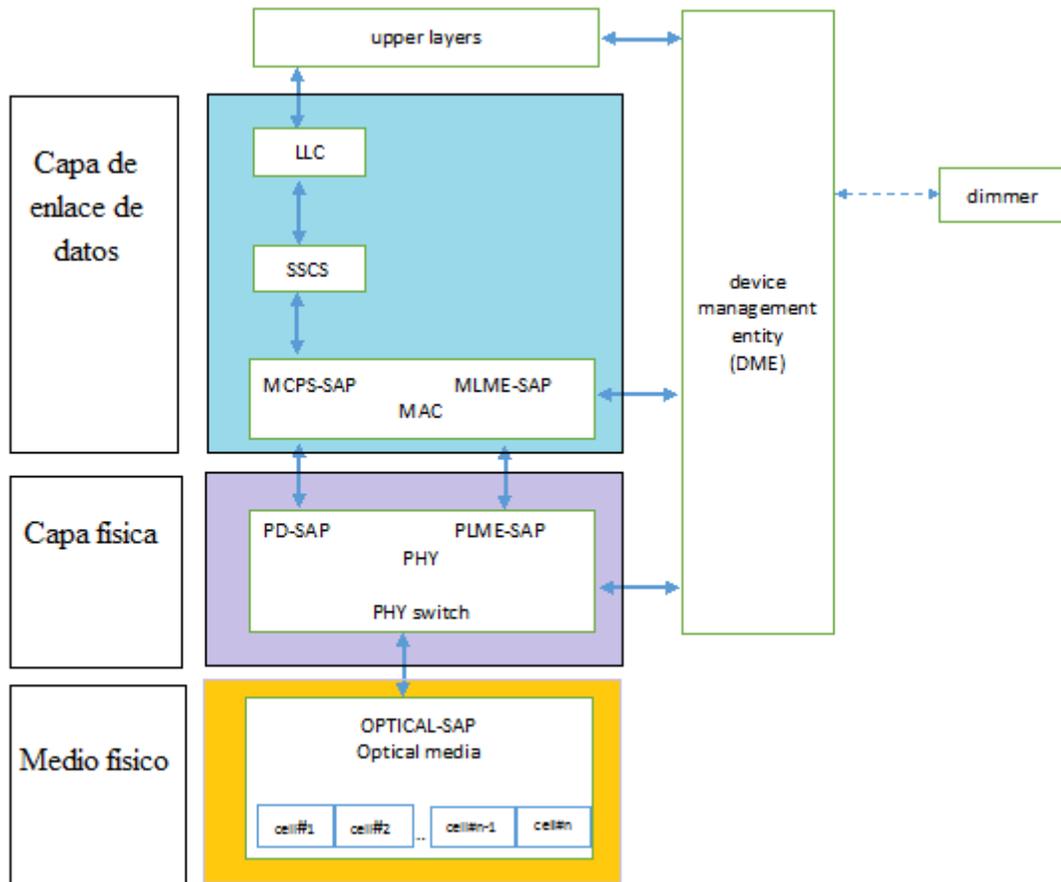


Figura 6: Arquitectura 802.15.7

Fuente: IEEE. (09 de Abril de 2012). *IEEE.org*. Obtenido de *IEEE.org*: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG7.html>

2.3.5.1 Capa Física

La capa física es responsable de las siguientes tareas:

- Activación y desactivación del tranceptor (**dispositivo** que cuenta con un transmisor y receptor que comparten parte de la circuitería se encuentran dentro de la misma caja) VLC
- WQI (Wavelength Quality Indication) para las tramas recibidas
- Selección de canal
- Transmisión y recepción de datos

- Corrección de errores
- Sincronización

2.3.5.1.1 Tipos de capa física

Se especifican tres tipos de capas:

PHY I.- está diseñado para aplicaciones de velocidad de datos al aire libre. Proporciona velocidades de datos que oscilaban entre 12 - 267 kbit/s. Los códigos convolucionales y Reed Solomen se utilizan para la corrección de errores, y para la modulación se usa OOK y VPPM.

PHY II.- está diseñado para el uso en interiores con velocidades de datos entre 1,25 - 96 Mbit/s. El código Reed Solomen se pueden utilizar para la corrección de errores, y OOK o VPPM se utilizan para la modulación.

PHY III.- está diseñado para aplicaciones donde las fuentes y detectores de RGB están disponibles. Proporciona velocidades de datos que oscilaban de 12 - 96 Mbit/s. El código Reed Solomen se pueden utilizar para la corrección de errores y esta vez CSK con constelaciones de color 4, 8 o 16 se utilizan para la modulación. (Tamayo Balas, 2016)

2.3.5.2 Subcapa MAC

La subcapa MAC se encarga de todos los accesos a la capa física y es responsable de lo siguiente: (Ruíz T., 2009)

- Generación de balizas (objeto señalizador, utilizado para indicar un lugar geográfico o situación de peligro potencial) de red si el dispositivo es un coordinador.
- Sincronización de balizas de red
- Soporta a la asociación y disociación VPAN
- Soporta la función de color
- Soporta la visibilidad
- Esquema de mitigación de parpadeo
- Soporta la indicación visual del estado de un dispositivo y calidad del canal
- Soporta la seguridad del dispositivo
- Proporciona un enlace fiable entre dos pares de entidades MAC
- Soporta la movilidad.

2.3.5.3 Esquemas de Modulación de Datos

2.3.5.3.1 OOK con codificación Manchester

On-off keying (OOK): Como su nombre indica los datos son transportados cuando se enciende y se apaga el LED. El dígito '1' está representado por la luz en estado "encendido" y un dígito '0' está representado por la luz en estado "apagado". El estándar 802.15.7 utiliza la codificación Manchester para garantizar el periodo de que los pulsos positivos sean los mismos que los negativos, lo que implica que se duplica el ancho de banda requerido para la transmisión OOK, esta modulación se observa en la **Figura 7**. (IEEE, 2012)

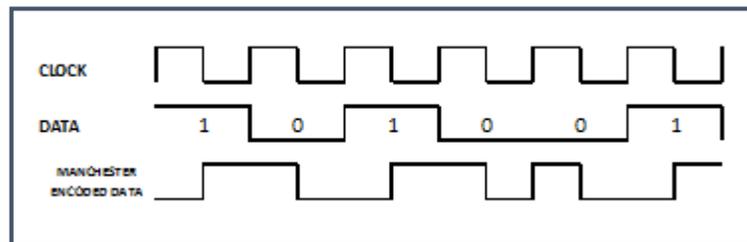


Figura 7: Modulación OOK

Fuente: IEEE. (09 de Abril de 2012). *IEEE.org*. Obtenido de *IEEE.org*: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG7.html>

2.3.5.3.2 Pulso Variable Position Modulation (VPPM)

Modulación Variable de Posición de Pulso (VPPM): Modulación de la Posición de Pulsos (PPM) codifica los datos utilizando la posición del pulso en un período de tiempo establecido. El período que contiene el pulso debe ser lo suficientemente grande para permitir diferentes posiciones para ser identificados. VPPM es similar a PPM, pero permite que el ancho de pulso pueda ser controlado por el apoyo de atenuación de luz como se observa a continuación en la **Figura 8**.

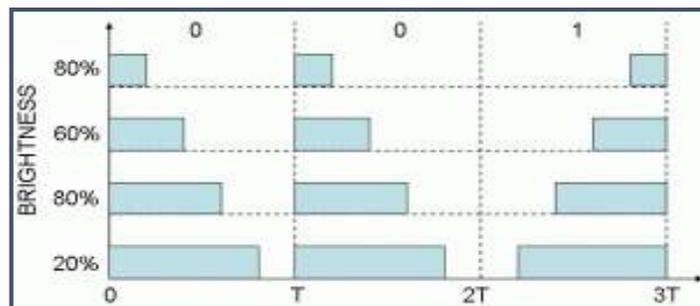


Figura 8: Modulación VPPM

Fuente: Mariel Núñez

2.3.6 Parámetros de las ondas LiFi.

2.3.6.1 Transmisión

Esta tecnología para transmitir utiliza las ondas de luz visible que viajan por el espacio libre. Utiliza las frecuencias de 385-789 Thz, y su velocidad teóricamente es de 1 Gbps. Para la emisión de la señal es necesario instalar un modulador junto a las bombillas LED, que se encargue de ir cambiando la señal para transmitir los datos. Por parte del dispositivo receptor necesitamos un fotodiodo receptor como otros emisores para que se pueda establecer una comunicación bidireccional. Además, presenta un ancho de banda ilimitado. Utiliza las modulaciones: OOK, VPPM, CSK y para hacer uso de estas dependen del tipo de capa física que se está utilizando. En la **Figura 9** se muestra un modulador Lifi que se utiliza para la transmisión de información. (Peñañiel, 2015)



Figura 9: Modulador de transmisión Lifi

Fuente: (PureLiFi, 2014), Recuperado de: http://purelifi.com/what_is_li-fi/

2.3.6.2 Propagación

Para la propagación de las ondas Lifi se toma en consideración la luz ya que es el medio de transmisión. Para analizar este parámetro se toma en cuenta la reflexión, difracción, refracción y absorción. La luz es una onda electromagnética que no requiere medio material para su propagación, consiste en una forma de energía, emitida por los cuerpos. La velocidad de propagación de la luz depende del medio, en el vacío es de 300 000 km/s; en cualquier otro medio su valor es menor. La propagación rectilínea de la luz forma sombras y penumbras que proyectan los objetos al ser iluminados. (Aravena, 2013)

2.3.6.3 Reflexión

La luz se refleja cuando incide sobre un medio material. Se distingue dos tipos de reflexión:

Reflexión especular: la luz se refleja sobre una superficie pulimentada, como un espejo.

Reflexión difusa: la luz se refleja sobre una superficie rugosa y los rayos salen rebotados en todas direcciones.

2.3.6.4 Difracción

Se define como la modulación o redistribución de energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. Es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas.

2.3.6.5 Refracción

La refracción de la luz consiste en el cambio de dirección que experimenta el rayo luminoso al pasar de un medio a otro. Si la luz pasa de un medio a otro disminuyendo su velocidad, el rayo refractado se acerca a la normal, si es al contrario se aleja.

2.3.6.6 Absorción

Cuando la absorción se produce dentro del rango de la luz visible, recibe el nombre de absorción óptica. Esta radiación, al ser absorbida, puede, bien ser reemitida o bien transformarse en otro tipo de energía, como calor o energía eléctrica. En general, todos los materiales absorben en algún rango de frecuencias. Aquellos que absorben en todo el rango de la luz visible son llamados materiales opacos, mientras que si dejan pasar dicho rango de frecuencias se les llama transparentes.

2.3.6.7 Atenuación

Como se transmite por medio de la luz no existe atenuación ya que la transmisión es directa y siempre tiene que estar bajo la luz, caso contrario no habrá transmisión de información, además la luz no traspasa paredes es por eso que no hay atenuación.

2.3.6.8 Dispersión

Es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material, siendo estos más o menos dispersivos, y la dispersión afecta las ondas de la luz que atraviesa el agua, el vidrio o el aire. La dispersión de la luz consiste en la separación de la luz en sus colores componentes por efecto de la refracción, se observa en la **Figura 10** la dispersión de la luz.

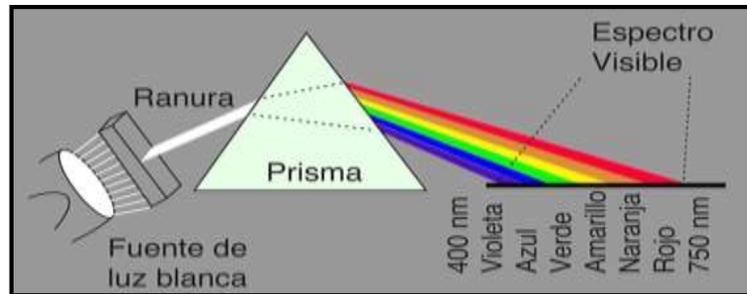


Figura 10: Dispersión de la luz

Fuente: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/vision/specol.html>

2.3.7 Ventajas y Desventajas de Lifi

Ventajas

- Lifi transmite datos a alta velocidad al mismo tiempo que ilumina un espacio.
- La información llega por el haz de luz de los LEDs, con lo que podemos crear un haz disperso que proporcione una cobertura amplia o un haz muy fino que ilumine pequeñas regiones y transmita datos de forma más direccional.
- También se puede usar para transmitir grandes volúmenes de datos entre equipos a dispositivos multimedia. Por ejemplo, si queremos enviar un vídeo del móvil a un televisor bastaría con apuntar el teléfono a la tele durante unos segundos.
- Cualquier bombilla o farola puede convertirse en un hotspot o router luminoso de forma barata y sencilla, poniéndole un simple emisor Lifi.
- **Seguridad.** - al estar bajo el mismo haz de luz para transmitir datos hace segura la comunicación entre emisor y receptor, evitando así el hackeo de la señal Lifi.
- **Sin interferencias.** - puesto que no utiliza el espectro radioeléctrico, evita las interferencias con otros dispositivos de diferentes sistemas de comunicación ya que utiliza el espectro visible.
- **Descongestión de la red.** - al usar ondas luminosas para la transmisión de datos ofrece un nuevo canal de distribución de la información sin congestión.
- Genera nuevas oportunidades de negocio
- **Conexión a internet de alto rendimiento.** - una conexión Lifi a internet podría enfocarse en un nicho de mercado con necesidades de un alto ancho de banda.
- **Aplicaciones empresariales.** - Actualmente la empresa mexicana Sisoft ha puesto en

práctica cuartos iluminados que son capaces de transmitir audio, video e internet a través de la luz a todos los dispositivos que se encuentran dentro del rango luminoso, Oledcomm ya ofrece tecnología Lifi.

Desventajas

- **Sin luz no hay Lifi.** -no hay transmisión de datos cuando la luz está apagada.
- **No atraviesan paredes.** - las ondas luminosas no atraviesan las paredes, por lo que es imposible tener una red Lifi con un solo emisor. Por lo tanto, si se quiere acceder desde diversos espacios de la casa, serán necesarios tantos emisores como receptores.
- **Precio.** - la lámpara de uso doméstico y los moduladores cuestan entre US\$ 38 y US\$ 550.
- **Compatibilidad de dispositivos.** - Solo funciona con aquellos dispositivos (tablets, móviles, etc.) que tengan un receptor para tal tecnología, es decir, que cuenten con un receptor capaz de decodificar la señal luminosa. (Román, W., Vera, C. & Córdova, J. 2016).

2.3.8 Sistemas de seguridad de las redes LiFi

Desde una perspectiva de seguridad, para redes visibles de área personal, VPAN, es ligeramente diferente de otras redes inalámbricas, por la direccionalidad y la visibilidad debido al espectro óptico visible. Puesto que la direccionalidad y la visibilidad, si un receptor no autorizado está en el camino de la señal de comunicación, puede ser reconocido. Además, la señal no viajara a través del medio, como paredes, a diferencia de las otras redes inalámbricas basadas en radiofrecuencia.

Los algoritmos de seguridad se siguen prestando en el estándar para las características tales como:

Confidencialidad de datos.

Autenticación.

Protección de Repetición.

Estas restricciones limitan la elección de los algoritmos y protocolos criptográficos e influyen en el diseño de la arquitectura de seguridad debido a que el establecimiento y mantenimiento de relaciones de sesión entre los dispositivos deben abordarse con cuidado.

El mecanismo criptográfico en esta norma se basa en la criptografía de clave simétrica y utiliza claves que son proporcionados por los procesos de capas superiores.

2.3.9 Lifi y el medio ambiente

El espectro de radiofrecuencia está muy utilizado por sistemas de comunicaciones, por ese motivo Lifi tiene el potencial de reemplazar el Wifi debido al uso del espectro de luz visible. Una ventaja adicional del Lifi es que puede utilizar las líneas eléctricas existentes, por lo que no se necesita nueva infraestructura.

Lifi es una tecnología que al usar ondas de luz visible no afecta a la salud de las personas ni tampoco el ambiente ya que no usa el espectro radioeléctrico el mismo que emite ondas electromagnéticas que perjudican a la salud de las personas, es por eso que esta tecnología usa la luz visible para transmitir inalámbricamente información, y para conectarse a internet. (Areitio B., 2013).

Lifi no causa daños al medio ambiente ya que presenta los siguientes beneficios:

- **Ahorro de energía.** -consume del 50% al 90% menor que la energía tradicional.
- **Amigable con el medio ambiente.** -las luces LED ayudan a la reducción de su huella de carbono.
- **Reducción de la contaminación electromagnética.** -debido al uso de la luz visible evita la propagación de ondas radioeléctricas hacia las personas y así se mantienen saludables.
- **Bajo mantenimiento.** - suele durar entre 3500 y 50000 horas, con un uso de 6 horas por día, son más de 20 años de vida.

2.3.10 Diseño de red Lifi

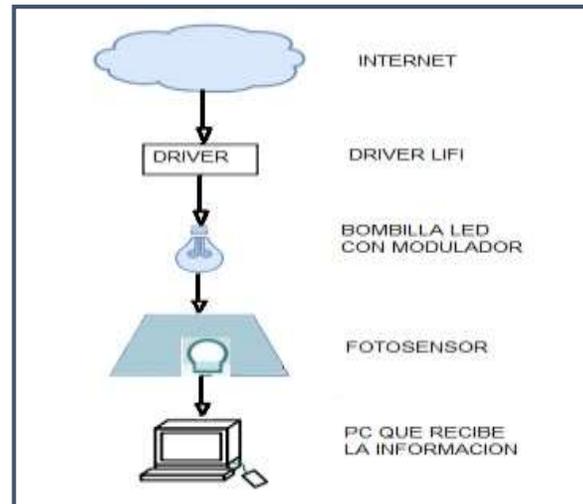


Figura 11: Diseño de red Lifi

Fuente: PureLiFi. (2014). Obtenido de PureLiFi: <http://purelifi.com/>

En la **Figura 11** se muestra una red Lifi en la que consta del proveedor de servicios de Internet(ISP), drivers Lifi y una bombilla Led con un chip modulador en la parte de la transmisión, de un fotosensor y un receptor de información que puede ser una computadora, dispositivos móviles, entre otros en la parte de recepción.

2.3.11 Aplicaciones Lifi

Esta tecnología se puede encontrar en los siguientes lugares:

- **Planteles Educativos.** - reemplazará al WiFi ya que dará un acceso más rápido a los estudiantes de todo el mundo y mejorando la eficacia de la educación.
- **Aplicaciones Submarinas.**- puede dar lugar a investigaciones submarinas que hasta el día de hoy no han podido ser concretadas por la falta de recursos de comunicación.
- **Área Médica.** - como se sabe en los quirófanos y algunos hospitales está prohibido el Wifi puesto que interfiere con algunos instrumentos médicos, con Lifi al no interferir con ningún aparato electrónico se podrían realizar cirugías con la ayuda de robótica.
- **Aplicaciones Aéreas.**-al ser un medio de transmisión de datos seguro, puesto que no cruza las paredes, puede ser utilizado en aviones sin la preocupación de que hackers puedan acceder a sus servidores.

- **Mejoran las Plantas de Energía.-** por lo general en las grandes plantas de energía están prohibidas las zonas Wifi por lo que al ser una onda de radio frecuencia y al utilizarse diferentes químicos en estos lugares se debe tener cuidado, además de que en estos lugares se necesita una transmisión de datos increíblemente rápida.
- **Incrementan la Seguridad en las calles.** - se podría utilizar para transmitir datos de video cámaras colocadas en las calles hacia los servicios de emergencia y policía.
- **Gestión de Desastres.-** sería una excelente herramienta para los desastres naturales como huracanes, tormentas y etc. porque en varios casos se ha visto que las personas quedan atrapadas en zonas muertas donde no hay cobertura o no tienen manera de comunicarse.
- **Evitar Radio Frecuencias.** - existen algunas personas con hipersensibilidad a la radio frecuencia, Lifi sería una solución para este tipo de personas.
- **Juguetes.-** en la actualidad muchos juguetes utilizan luces LED, las cuales mediante Lifi pueden ser utilizadas para interacción entre juguetes para niños. (Oledcomm, 2014)

2.3.12 Dispositivos Lifi

A continuación, se describen dispositivos que dispone la empresa América Lifi como Focos, tubos, ampollas LED Lifi, Luces LED Lifi empotrables y Placas LED Lifi, además se detallan los drivers que utilizan cada uno de estos dispositivos, y una llave Lifi que es un receptor Lifi compatible para tablets, celulares.

Focos LED LiFi



Figura 12: Focos LED Lifi

Fuente: América Lifi

Este dispositivo tiene las siguientes características:

Potencia: 7-30 W

Material: Aluminio + Metal

Economía de energía: +80%.

Tubos LED LiFi



Figura 13: Tubos LED LiFi

Fuente: América Lifi

Este dispositivo presentas las siguientes características:

Potencia: 10-32W

Tamaño: 60 – 150 cm

Temperatura (color): 3000-6000K

Luces LED LiFi Empotrables



Figura 14: Luces LED LiFi Empotrables

Fuente: América Lifi

Este dispositivo entre sus características presenta:

Potencia: 3-30W

Dimensiones: de 93 – 250 mm

Angulo de iluminación: 25°/45°/60°

Economía energética: +80%

Ampolletas LED LiFi



Figura 15: Ampolletas LED LiFi

Fuente: América LiFi

Este dispositivo tiene las siguientes especificaciones:

Potencia: 1-5W

Temperatura (color): 3000-6000K

Placas LED LiFi

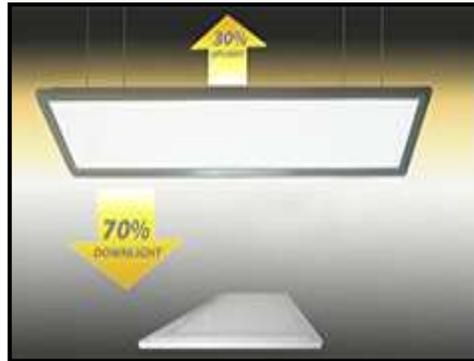


Figura 16: Placas LED LiFi

Fuente: América LiFi

Entre sus características se menciona:

Potencia: 48W

Dimensiones: 120×30, 60×60, 60×30 cm,

Diseño: Up/Down, diseño de conducción de la luz, distribuyendo un 70% hacia abajo y un 30% hacia arriba, creando una iluminación armoniosa de luz indirecta y directa en el espacio que se instale sin encandilamiento.

Driver para conexión con Lifi

A continuación, se describen los drivers compatibles con los dispositivos anteriormente mencionados, ya que permiten la conexión a los transformadores de corriente continua, es intermediario entre la fuente de energía y los dispositivos Lifi.

Driver LBS



Figura 17: Driver LBS

Fuente: América Lifi

Especificaciones:

Potencia: 150W Max.

Voltaje entrada: 12-95V.

Corriente: 0-5 A

Driver LBS de alta tensión



Figura 18: Driver de alta tensión

Fuente: América Lifi

Especificaciones:

Potencia: 120W Max.

Voltaje entrada: 24-220V.

Corriente: 0-2 A

Driver LBS para ampolletas



Figura 19: Driver para ampolletas

Fuente: América Lifi

Características:

Potencia: 0-5W Máx.

Voltaje de entrada: 5-15 V.

Corriente: 0-1 A.

Driver LBS para tubos T8

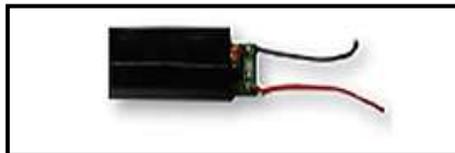


Figura 20: Driver para tubos T8

Fuente: América Lifi

Características:

Potencia: 100W Máx.

Voltaje de entrada: 12-95V

Corriente: 0-4 A.

Llave LiFi para GEOLiFi

Esta llave Lifi es el primer receptor en el mundo de Lifi, está diseñado para Smartphones y tablets EDGE o 3G, este presenta la característica de tener el conector tipo Jack de audífono para la conexión y la velocidad de recepción es menor a 100Kbits/s.



Figura 21: Llave Lifi para GeoLifi

Fuente: América Lifi

Conector USB portátil ONEWAYLiFi

Este conector USB sirve para intercambiar información digital usando su sistema de iluminación a una velocidad de 1 Mbit/s, la capacidad es mayor a 100 Kbit/s.

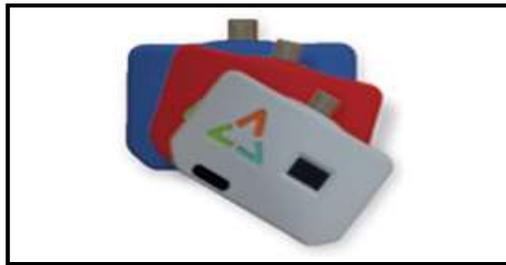


Figura 22: Conector USB portátil ONEWAY

Fuente: América Lifi

2.4 WIFI (802.11n)

2.4.1 Historia de Wifi

El origen y desarrollo de esta tecnología inalámbrica se remonta al año 1880 cuando Alexander Graham Bell y Charles Summer Tainter inventaron el fonógrafo, el primer aparato de transmisión de sonido mediante luz sin necesidad de utilizar cables, tan solo 8 años después el físico alemán Rudolf Hertz utilizó ondas de radio para realizar la primera comunicación inalámbrica.

En 1971 un grupo de investigadores americanos diseñaron la primera red de área local inalámbrica bautizándola con el nombre de ALOHAnet, esta primera WLAN utilizaba ondas de radio para comunicar diversos ordenadores ubicados en las distintas islas de Hawái.

Las bases del wifi actual datan del año 1985 cuando la comisión de comunicaciones de los Estados Unidos estableció las características que tenía que disponer una red inalámbrica asignando las frecuencias en las que trabajan esta tecnología conocidas como bandas ISM

(Industrial, Scientific, Medical) destinadas al uso en redes inalámbricas en el campo industrial, científico y médico.

En 1997 se lanza el estándar 802.11 por parte del IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos). Posteriormente en el año 1999 varias empresas como la finlandesa Nokia en aquella época fabricante líder de teléfonos móviles y la americana Symbol Technologies especialista en el desarrollo de soluciones inalámbricas o la especialista en fabricación de semiconductores Intersil entre otras crearon la asociación sin ánimo de lucro WECA con la finalidad de fomentar el desarrollo de dispositivos electrónicos que sean compatibles con el estándar IEEE 802.11, posteriormente en el año 2003 se rebautizó con el nombre **Wi-Fi Alliance**.

Wi-Fi Alliance es una asociación compuesta por diversas empresas tecnológicas cuyo objetivo principal es fomentar, mejorar y garantizar la calidad de todos los dispositivos que utilizan esta tecnología como medio de comunicación inalámbrica, Wifi es una marca registrada por la Wi-Fi Alliance que es concedida a todos aquellos dispositivos que han sido certificados bajo el estándar IEEE 802.11. (Gutiérrez K., 2010)

2.4.2 ¿Qué es Wifi?

Wi-Fi (Wireless Fidelity), es un sistema de conexión de ordenadores completamente inalámbrico, que permite a sus usuarios compartir y transferir información utilizando ondas de radio, es decir, sin utilizar cableado alguno. Las redes Wifi por lo general son de libre acceso, a menos que estén protegidas mediante contraseñas, lo cual, indicaría que son unas redes privadas utilizadas para conexiones con redes locales (LAN). Wifi presenta mayor aceptación y uso en la mayoría de dispositivos electrónicos como Smartphones, tablets, ordenadores de sobremesa y portátiles, cámaras digitales o consolas de videojuegos gracias al cual podemos disponer de una red de comunicación entre varios dispositivos y con acceso a Internet.

2.4.3 Conceptos básicos en Wifi:

Punto de acceso (AP): dispositivo que interconecta equipos de comunicación inalámbricos. Permiten dar acceso a la red en zonas donde no llega la señal inalámbrica.

Cientes Wifi: Equipos portátiles (PDAs, Portátiles) con tarjetas Wifi (PCMCIA, USB o MINI-PCI), y equipos de sobremesa con tarjetas Wifi (PCI, USB)

SSID (Service Set Identification): Este identificador suele emplearse en las redes Wireless. Se trata de un conjunto de servicios que agrupan todas las conexiones de los clientes en un solo canal.

Roaming: Propiedad de las redes Wifi por la cual los clientes pueden estar en movimiento e ir cambiando de punto de acceso de acuerdo a la potencia de la señal. (Gralla, 2007)

2.4.4 Funcionamiento Wifi

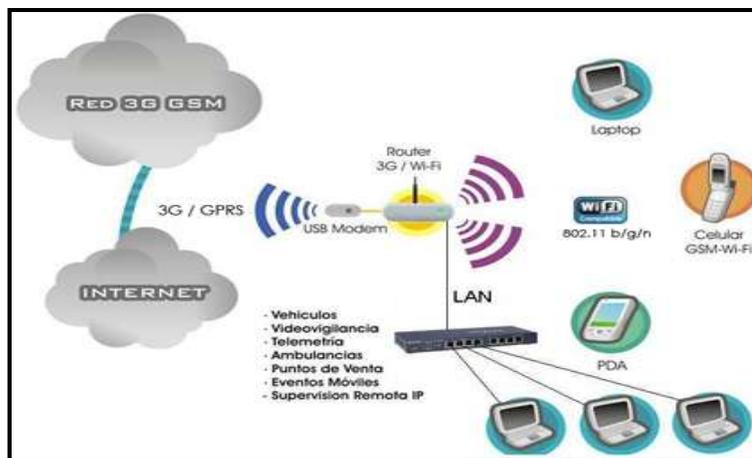


Figura 23: Funcionamiento Wifi

Fuente: (Gralla, 2007), Recuperado de: <http://culturacion.com/que-es-una-conexion-wifi-ii/>

En la **Figura 31** se puede ver el esquema de una red Wifi en la que se tiene un router que está físicamente conectado a internet mediante un cable, este router se ocupa de transformar la información digital binaria (unos y ceros) en ondas de radio que son transmitidas a lo largo de un área y que son captadas por decodificadores que tienen nuestro Smartphone, dichos decodificadores vuelven a transformar las ondas de radio en información la digital inicial la cual es interpretada por el microprocesador y el software alojado en nuestro Smartphone. (Andrade T. 2009)

2.4.5 Norma 802.11 o Wifi

La norma 802.11 define las capas del modelo OSI para un enlace inalámbrico utilizando ondas electromagnéticas, así tenemos: la capa física (PHY), la que ofrece 3 tipos de códigos de información; la capa de enlace de datos, constituida de dos subcapas: El control de enlace lógico (Logical Link Control, o LLC) y El control de acceso al medio (Media Access Control, o MAC). (Salinas F. 2016)

El estándar 802.11 define dos modos operativos:

Modo Infraestructura. - la configuración típica requiere de un punto de acceso conectado a un segmento cableado de red, bien sea Ethernet, token ring, coaxial, cable óptico. A veces la conexión acaba en un módem router para conexión con un operador de cable o ADSL.

Modo Ad Hoc. -las redes “Ad hoc”, no requieren un punto de acceso. En este modo de funcionamiento los dispositivos interactúan unos con otros, permitiéndose una comunicación directa entre dispositivos. En algunas ocasiones se las denomina redes “peer to peer” inalámbricas.

Hay 5 categorías de antenas de 2,4 GHz comerciales utilizadas por los usuarios de WIFI, los radioaficionados entre estas: dipolo, de barra exterior, de panel, parabólica y guía de onda ranurada.

2.4.6 Estándares Certificados por Wifi (802.11)

El estándar actual que utilizan las diferentes redes Wifi es el IEEE 802.11, que a su vez se puede subdividir en:

- ❖ IEEE 802.11b
- ❖ IEEE 802.11a
- ❖ IEEE 802.11g
- ❖ IEEE 802.11n

2.4.6.1 IEEE - 802.11b

Este estándar es aprobado por la IEEE en septiembre 1999. Emplea la modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), alcanza una velocidad de 11 Mbps operando dentro de la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) 2,4 GHz, esta no necesita licencia. Presenta una potencia máxima de 100 mW y puede soportar hasta 32 usuarios por AP (Punto de Acceso).

Carece de QoS (Calidad de servicio), presenta varios inconvenientes al trabajar en la banda 2,4 GHz, ya que presenta interferencias debidas al uso de la misma banda por varios equipos electrónicos (teclados y ratones inalámbricos, teléfonos, etc.).802.11b ha ganado la aceptación en el mercado a pesar de sus desventajas. Esto se debe a su coste bajo, su velocidad aceptable y la compatibilidad ganada al ser certificado por la WiFi Alliance. Utiliza el mismo método de acceso CSMA/CA definido en el estándar original. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad

máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbit/s sobre TCP y 7.1 Mbit/s sobre UDP.

802.11b se usa en configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican con una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentran ubicados en un área de cobertura alrededor del AP. El rango típico en interiores es de 32 metros a 11 Mbit/s y 90 metros a 1 Mbit/s. Con antenas de alta ganancia externas puede ser utilizado en arreglos fijos punto a punto típicamente rangos superiores a 8 Km incluso en algunos casos de 80 a 120 km siempre que haya línea de visión.

2.4.6.2 IEEE - 802.11a

Estandarizado por el IEEE en julio de 1999 pero no llega a comercializarse hasta mediados del 2002, alcanzando 54Mbps en la banda de 5 GHz denominada UNII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) con modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que ayuda a minimizar las interferencias y aumenta el número de canales sin solapamiento. Una desventaja es que limita el radio de alcance a 50 m debido a un mayor índice de absorción, lo que implica instalar más puntos de acceso para cubrir la misma superficie que si se utilizase 802.11b. Esta norma no es compatible con los productos de 802.11b, ya que no utilizan el mismo rango de frecuencias.

El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original y utiliza 52 subportadoras OFDM con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales no solapados, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos), el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; Esto significa

también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

2.4.6.3 IEEE - 802.11g

Compatible con los productos 802.11b y utiliza la misma frecuencia de trabajo, puede alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps soportando modulaciones DSSS y OFDM, consiguiendo las mismas características de propagación que el estándar 802.11b y manteniendo la fiabilidad de transmisión con la reducción de la tasa de transmisión. Este estándar se ratificó en junio del 2003, este utiliza la banda de 2.4 GHz pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, o cerca de 24.7 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b. Muchos de los productos de banda dual 802.11a/b se convirtieron de banda dual a modo triple soportando a (a, b y g) en un solo adaptador móvil o AP. A pesar de su mayor aceptación 802.11g sufre de la misma interferencia de 802.11b en el rango ya saturado de 2.4 GHz por dispositivos como hornos microondas, dispositivos Bluetooth y teléfonos inalámbricos.

2.4.6.4 Estándar IEEE - 802.11n

IEEE 802.11n es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11-2007. Agregando Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar tramas a la capa MAC. También mejora significativamente en la velocidad de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600Mbps. Actualmente la capa física soporta una velocidad de 300Mbps, con el uso de dos flujos espaciales en un canal de 40 MHz. Dependiendo del entorno, esto puede transformarse a un desempeño visto por el usuario de 100Mbps. El estándar 802.11n hace uso simultáneo de las bandas, 2,4 GHz y 5,0 GHz y de todos los canales del Wifi a/b/g. Este estándar además cuenta con la tecnología MIMO, a continuación, una breve explicación.

2.4.6.5 MIMO

Este estándar tiene la ventaja de implementar MIMO. MIMO (Multiple Input Multiple Output) es una tecnología de radio comunicaciones que se refiere a enlaces de radio con

múltiples antenas en el transmisor y receptor. En la actualidad, no está estandarizada, pero está considerada en el estándar 802.11n de la IEEE. Permite una cobertura mayor en zonas de difícil acceso eliminando en lo posible la pérdida de paquetes de datos vía inalámbrica, también nos proporciona mayor velocidad inalámbrica por usar varias antenas de forma simultánea. (Martinez E. 2005)

En la **Figura 32** se muestra el diagrama que utiliza.

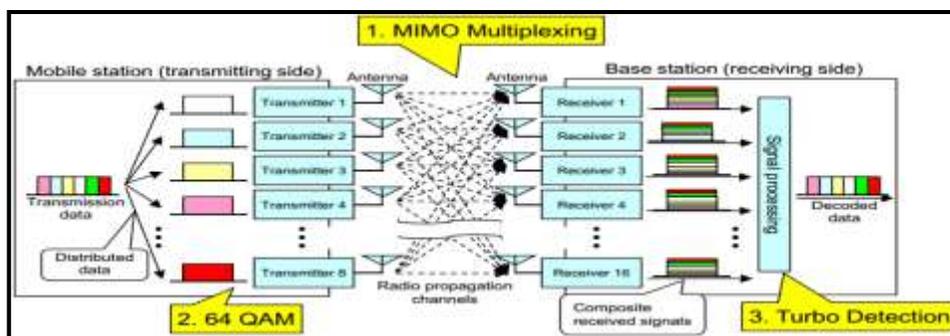


Figura 24: Diagrama de MIMO

Fuente: (Martinez Martinez, Noviembre 2005), Recuperado de:

<http://www.eveliux.com/mx/MIMO-la-proxima-generacion-de-la-tecnologia-Wi-Fi.html>.

La tecnología MIMO se consigue gracias al desfase de señal, de tal forma que los rebotes de la señal Wifi (reflexiones) en lugar de ser destructivas, sean constructivas y nos proporcionen mayor velocidad ya que al haber menor pérdida de datos, hacen falta menos retransmisiones. Gracias a este desfase, la señal inalámbrica nos podrá llegar por varias rutas (directa o rebotando contra paredes, por ejemplo) y la podremos utilizar para aumentar el rendimiento. Una característica de MIMO, es el conocido Three-Stream, que usa tres flujos espaciales para incrementar de manera notable la velocidad inalámbrica. También es muy importante el ancho de canal, 802.11n permite anchos de canal de 40Mhz usando dos canales separados (aunque contiguos) para conseguir mayor velocidad.

¿Cómo funciona MIMO?

La propagación multitrayectorias es una característica de todos los ambientes de comunicación inalámbricos. Usualmente existe una ruta o trayectoria principal desde un

transmisor en el punto “A” al receptor en el punto “B”. Desafortunadamente, algunas de las señales transmitidas toman otras trayectorias, irrumpiendo objetos, la tierra o capas de la atmósfera. Aquellas señales con trayectorias menos directas, llegan a los receptores desfasados y atenuados.

Una estrategia para negociar con señales débiles multitrayectoria es simplemente ignorarlas. Las señales multitrayectoria con mucha potencia pueden ser demasiado fuertes como para ignorarse, sin embargo, pueden degradar el desempeño de los equipos WLAN basados en los estándares actuales. MIMO toma ventaja de la propagación multitrayectorias para incrementar el caudal eficaz, cobertura y fiabilidad de las señales.

Más allá de combatir las señales multitrayectoria, MIMO pone señales multitrayectoria a trabajar acarreado y concentrando más información. Cada una de estas señales son moduladas y transmitidas por una serie antenas al mismo tiempo y en el mismo canal de frecuencia. El empleo de múltiples formas de onda constituye un nuevo tipo de radio comunicación, la cual es el único medio para mejorar los tres parámetros básicos del desempeño del enlace (cobertura, velocidad y calidad de la señal).

MIMO tiene la habilidad de multiplicar la capacidad, la cual es un sinónimo de velocidad. Una medida para medir la capacidad inalámbrica es conocida como la eficiencia espectral (EE). La EE es el número de unidades de información por unidad de tiempo por unidad de ancho de banda, denotada usualmente como bps/Hz (bits por segundo sobre Hertz). Si se transmiten múltiples señales, conteniendo diferentes ráfagas con información, sobre el mismo canal, se puede doblar o triplicar la eficiencia espectral. Más eficiencia espectral da como resultado más velocidad de información, más cobertura, más usuarios, una mejor calidad de la señal. (Sanchez S. 2013)

Características de 802.11n

a. Mejoras de radio

802.11n incluye unas mejoras en el uso del entorno radio con el fin de mejorar el caudal neto de la WLAN. Los cambios más importantes son:

- Incremento del canal de transmisión. - 802.11n usa canales con un ancho de banda de 20MHz y 40MHz. Un canal de 40MHz está formado por dos canales de 20MHz adyacentes.

- Alta tasa de modulación. -el estándar 802.11n usa la modulación OFDM al igual que 802.11a/g de 4 símbolos por microsegundo.
- Reducción de cabeceras (intervalo de guarda). - el intervalo de guarda es un periodo de tiempo usado para minimizar la interferencia entre símbolos. Este tipo de interferencia se debe a las señales con multitrayectoria, cuando el nuevo símbolo llega antes de que haya finalizado la recepción del símbolo que le precede.

b. Mejoras en la MAC

- Cada fragmento transmitido en un equipo 802.11 tiene un campo de cabecera fijo que le asocia el preámbulo radio y el campo de MAC, esto reduce el caudal efectivo.
- El estándar 802.11n define dos métodos de frame aggregation: Mac Service Data Unit (MSDU) aggregation y Message Protocol Data Unit (MPDU) aggregation. Con esta técnica, el tamaño de la trama aumenta de 4Kb a 64Kb y el número de colisiones se ve reducido de forma drástica. La limitación que tiene esta técnica es que las tramas agregadas en la transmisión tienen que tener el mismo destino. (Navarrete C. 2009)

2.4.7 Arquitectura 802.11n

En la arquitectura 802.11n se encuentran la capa de enlace de datos y la capa física. La capa física define las especificaciones eléctricas y el tipo de señal para la transmisión de datos, mientras que la capa de enlace de datos define la interfaz entre el bus de la máquina y la capa física, especialmente un método de acceso similar al utilizado en el estándar Ethernet. La capa de enlace de datos se subdivide en LLC y MAC. En la subcapa MAC se utiliza (CSMA/CA), ACK, la fragmentación, y la seguridad. En la capa física se utilizan las modulaciones DSSS, MIMO con OFDM. En la **figura 40** se observa dicha arquitectura.

Subcapa LLC

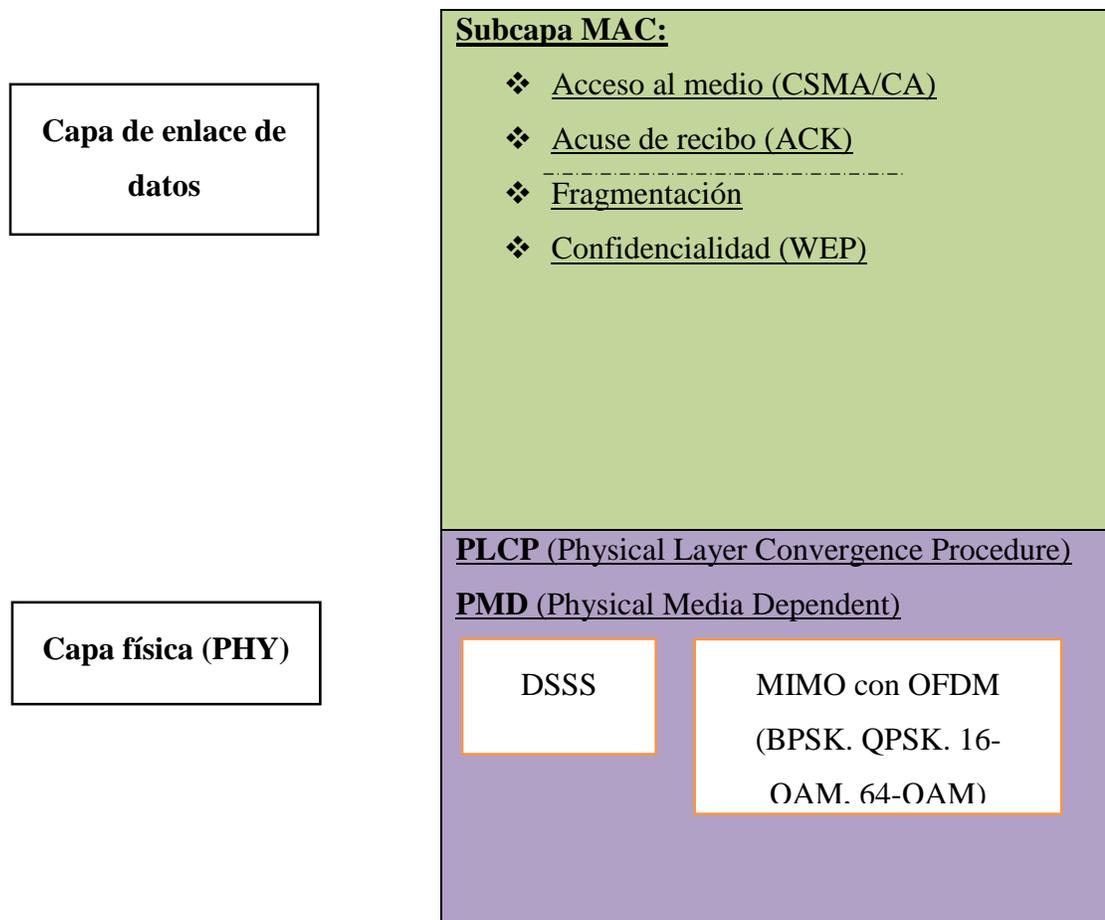


Figura 25: Arquitectura 802.11n

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

2.4.8 Parámetros de Ondas Wifi

2.4.9.1 Transmisión

La tecnología utiliza para la transmisión las ondas de radio que viajan por el espacio libre. Para transmitir utiliza la frecuencia de 2,4 GHz y 5GHz. Su velocidad es de 300 Mbps teóricamente. Además, permite un ancho de banda de 40 MHz. Para transmitir se requiere de un punto de acceso o access point y un dispositivo receptor que reciba señal Wifi (802.11n). Utiliza la técnica MIMO-OFDM y la modulación DSSS por motivos de compatibilidad con el estándar 802.11b. (Prado G. & Armijos E., 2015)

En la **Figura 41** se observa un esquema de transmisión de datos Wifi.



Figura 26: Arquitectura 802.11n

Fuente: (Prado Bermudez & Armijos De La Vera, 2015), Recuperado de:
<https://tecnologiadospuntocero.wordpress.com/category/wifi/>

2.4.8.2 Propagación

Para la propagación la onda tiene propiedades de reflexión, difracción, refracción y absorción. En la **Figura 42** se puede ver un ejemplo de la propagación de la señal Wifi (802.11n), las mismas que viajan a la velocidad de la luz.



Figura 27: Propagación de ondas Wifi

Fuente: (Prado Bermudez & Armijos De La Vera, 2015), Recuperado de:
<http://www.taringa.net/posts/info/16967697/Te-has-preguntado-como-se-ve-la-senal-WiFi.html>

- **Reflexión**

En la **Figura 43** se visualiza la reflexión de ondas Wifi. La reflexión afecta a todas las transmisiones inalámbricas. Cualquier elemento metálico actúa como un espejo a las ondas, lo cual tendrá un doble efecto: bloqueará la transmisión y producirá un reflejo. El bloqueo de la señal puede crear áreas sin cobertura, y por tanto sin acceso a la red Wifi. Los puntos de

acceso habitualmente emiten omnidireccionalmente, con cierta polarización en alguno de los sentidos. La señal, por tanto, se propagará en dirección al cliente, pero así mismo en el resto de direcciones.

Si en esas otras direcciones se encuentra con un material que no sea absorbente, si no que refleje la señal, puede resultar que al cliente le llegue una nueva señal producto de esa reflexión. El problema de dicha señal reflejada es que el camino recorrido no será igual en longitud y por tanto llegará con un cierto retraso con respecto a la señal directa y con un retraso o adelanto con respecto a otras señales reflejadas. El cliente detectará una señal que será la suma de las diversas señales que le llegan, tanto directas como reflejadas. Al estar estas retrasadas unas respecto a las otras, detectará una onda con una forma potencialmente muy diferente a la original. Se ve por tanto que las señales reflejadas se comportan como interferencias influyendo negativamente en el funcionamiento de la red inalámbrica.

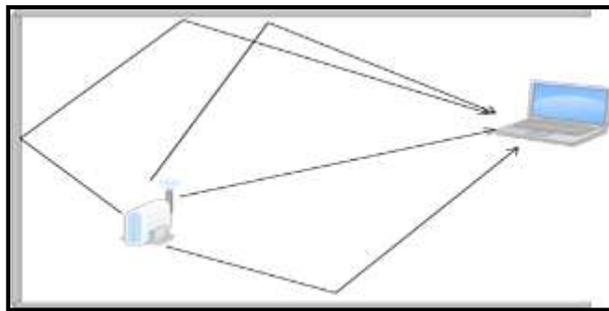


Figura 28: Reflexión de ondas Wifi

Fuente:<http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/fr/cajon-de-sastre/38-cajon-de-sastre/961-monografico-redes-wifi?start=1>

El efecto de recibir varias señales, causado por la suma de la señal directa más las reflejadas se denomina “multipath” y es un problema común a toda comunicación por radiofrecuencia, pero que el caso de redes Wi-Fi es más notorio dado que son redes que se desarrollan en entornos interiores donde existen gran cantidad de obstáculos tanto arquitectónico como objetos que pueden provocar estas reflexiones.

Con el objeto de evitar este problema la acción más inmediata es buscar una nueva ubicación para el punto de acceso, pues es su situación espacial la que determinara los distintos reflejos y caminos que puede tomar la señal. Un sistema que se ha popularizado y adoptado en la norma 802.11n, es la inclusión de sistemas MIMO, estos sistemas disponen de varias antenas (no siempre visibles externamente) que permiten emitir y recibir desde diversos puntos,

direcciones, lo cual, permite al sistema ser más robusto ante interferencias, rebotes de señal y alcanzar mayores distancias y velocidades.

Al respecto de las interferencias, y con carácter general, cualquier elemento que pueda provocar una chispa eléctrica, producirá una interferencia de amplio espectro. Así pues, motores eléctricos, frigoríficos, fotocopiadoras, aires acondicionados, etc. son fuentes de interferencia, sobre todo en el arranque de estos. Así mismos elementos de iluminación como los tubos fluorescentes en mal estado pueden provocar interferencias. Por definición, una onda de radio es susceptible de propagarse en varias direcciones. Después de reflejarse varias veces, una señal de origen puede llegar a una estación o punto de acceso después de tomar muchas rutas diferentes

- **Difracción**

Se define como la modulación o redistribución de energía dentro de un frente de onda, al pasar cerca de la orilla de un objeto opaco. Es el fenómeno que permite que las ondas luminosas o de radio se propaguen en torno a esquinas.

- **Refracción**

Las ondas de radio sufren una desviación en su trayectoria cuando atraviesa de un medio a otro con densidad distinta.

- **Absorción**

Cuando una onda de radio se topa con un obstáculo, parte de su energía se absorbe y se convierte en otro tipo de energía, mientras que otra parte se atenúa y sigue propagándose. Es posible que otra parte se refleje.

2.4.8.3 Atenuación

La atenuación se da cuando la energía de una señal se reduce en el momento de la transmisión. Por lo general, se usa los decibelios (dB) como unidad de medida y se representa por la **Ecuación 1**.

Formula de la Atenuación

$$A(dB) = 10 * \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

Ecuación 1: Atenuación

Cuando A es positivo, se denomina amplificación, y cuando es negativo se denomina atenuación. En los casos de transmisiones inalámbricas, la atenuación es más común, en la Figura 44 se muestra que la potencia de entrada es 100mW, pero al chocar con un obstáculo se reduce la potencia a la mitad.

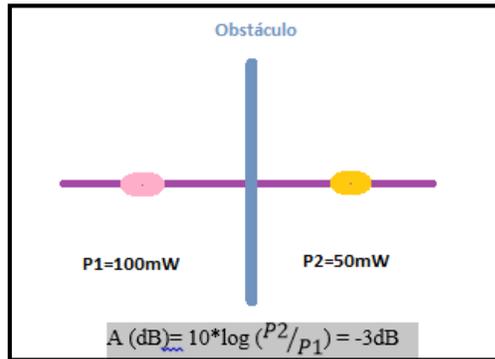


Figura 29: Reflexión de ondas Wifi

Fuente: Mariel Núñez

La atenuación aumenta cuando sube la frecuencia o se aumenta la distancia. Asimismo, cuando la señal choca con un obstáculo, el valor de atenuación depende considerablemente del tipo de material del obstáculo. Los obstáculos metálicos tienden a reflejar una señal, en tanto que el agua la absorbe. El debilitamiento de la señal se debe en gran parte a las propiedades del medio que atraviesa la onda. La **Tabla 12** muestra los niveles de atenuación para diferentes materiales.

Materiales	Grado de Atenuación
Aire	Ninguno
Madera	Bajo
Plástico	Bajo
Vidrio	Bajo
Vidrio teñido	Medio

Agua	Medio
Seres vivientes	Medio
Ladrillos	Medio
Cerámica	Alto
Papel	Alto
Concreto	Alto
Metal	Muy alto

Tabla 1: Grado de atenuación en algunos materiales

Realizado por: Mariel Núñez

2.4.8.4 Dispersión

Consiste en la separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a las ondas de radio que atraviesan el espacio interestelar.

2.4.9 Ventajas y Desventajas de 802.11n

Ventajas

1.- Las antenas WiFi 802.11n introducen varias mejoras a las capas 802.11 PHY (radio) y MAC que resultan en mejor throughput y confiabilidad para redes inalámbricas. Entre estas mejoras se incluye:

- **OFDM Mejorado:** Modulación OFDM nueva y más eficiente que provee anchos de banda más amplios y mayores velocidades de datos.
- **Canales de 40 MHz:** 802.11n duplica las velocidades de datos mediante el incremento del ancho de canal de transmisión. Hay que tener en cuenta que "802.11n" consigue el máximo de su capacidad bruta, siempre y cuando esté configurado con anchura de banda de 40 MHz en la banda de 5 GHz. Para aprovechar todas las capacidades del estándar, el AP tendrá que ser dual radio, de tal manera que soporte tanto la banda de 2.4 GHz como de 5 GHz. El modo de operación PCO (Phased Co-existence Operation) le permite a

802.11n cambiar dinámicamente el canal de operación de 40 MHz a 20 MHz mientras se comunica con una antena WiFi 802.11 a/b/g o un dispositivo 802.11n, lo cual se traduce en compatibilidad retroactiva.

- **Múltiple-Entrada / Múltiple-Salida:** Un sistema de radio (transreceptor) con múltiples entradas al receptor y múltiples salidas del transmisor capaz de enviar o recibir múltiples cadenas de datos simultáneamente.
- **Agregación de Tramas:** 802.11n mejora la capa MAC y reduce la transmisión de encabezados ya que permite que varias tramas de datos sean enviadas como parte de una sola transmisión. Adicionalmente reduce el espaciado entre tramas lo cual permite que la transmisión sea completada en menor tiempo, liberando el medio para su uso por otras transmisiones, y así incrementando la eficiencia y throughput de la red.

2.-Más canales disponibles para planificar. - Debido a que en la banda de 2,4 GHz sólo se pueden proveer 3 canales sin solapamiento, lo cual resulta insuficiente en algunas planificaciones radio, es interesante el salto cualitativo a la banda de 5 GHz pues dispone de un mayor ancho de banda.

3.-Garantiza altas tasas de transferencia. - hasta de 600mbps, pero Certifican hasta 300mbps estables siendo un gran ancho de banda. El Wifi n es compatible con los anteriores protocolos a/b/g. También es muy importante el receptor que usemos (Smartphone, Laptop, Pc) para garantizar una buena velocidad y estabilidad de conexión.

Desventajas

1.- Los clientes consumen más energía cuando se trabaja con antenas 802.11n MIMO. Algunos clientes, tales como lectores de código de barras, etiquetas de localización, están diseñados para funcionar durante largos períodos de tiempo entre recargas, por lo que esas empresas no querrán cambiar a MIMO para dar soporte a este tipo de clientes.

2.- Patrón de cobertura Irregular. - La cobertura de un punto de acceso 802.11n es más irregular que la cobertura de los puntos de acceso basados en 802.11 a/b/g. Esto puede dar lugar a agujeros de cobertura más alto y, posiblemente, interferencias en el mismo canal. (Navarrete C. 2009)

2.4.10 Sistemas de Seguridad de las Redes Wifi

Uno de los puntos sensibles de las redes WiFi, es el sistema de seguridad, ya que muchas veces los sistemas de protección de contraseña de este tipo de redes son fáciles de hackear,

lo que pone en riesgo de ser accedidas por cualquier atacante hábil. Entre los principales sistemas de seguridad se encuentran:

WEP: Sistema que se encarga de cifrar los datos con dos tipos de niveles de seguridad (64 y 128 bits).

WPA: Sistema de seguridad que presenta un cambio dinámico en la generación de contraseñas.

IPSEC: Estos sistemas también son conocidos como túneles IP y permiten gestionar la autenticación y autorización de acceso de usuarios a la red inalámbrica.

Filtrados MAC: Son sistemas que permiten filtrar el acceso a la red, a dispositivos cuyas direcciones MAC formen parte de dicha red.

Ocultamiento del AP: Esta técnica permite esconder el AP o punto de acceso a los usuarios que no formen parte de la red.

WPA2: Sistema WPA mejorado, pero requiere que los dispositivos de hardware sean compatibles con esta tecnología, en una sola dirección (más o menos abierta) en perjuicio de otras direcciones. (Butler, y otros, 2013)

2.4.11 Wifi y el medio ambiente

Cabe notar que la potencia emitida por los equipos WIFI (~100 mW) es cien veces menor que la emitida por los teléfonos móviles (~1 W). Además, por lo general el teléfono lo usamos cerca del cerebro, lo que no sucede con los equipos WIFI; a una decena de centímetros, la potencia de la señal ya es bastante atenuada. Por ello, incluso si las ondas emitidas por los teléfonos móviles fueran nocivas para la salud, los efectos de las señales WIFI serían despreciables. El taboo más grande ya había sido despejado por parte de los desarrolladores de la telefonía móvil, quienes han asegurado que para la transmisión de datos por medio de ondas electrosonido, no ocasionan ningún perjuicio para nuestra salud, y se hace este tipo de comparación debido a que la tecnología WiFi ha llegado a estos dispositivos móviles, pudiendo navegar por internet usando cada uno de estos dispositivos. (Escudero P. 2017)

2.4.12 Diseño de red Wifi

Para tener un esquema de red Wifi se requiere lo siguiente y su diagrama se muestra en la Figura 46:

- Conexión a Internet
- Router ADSL (siempre y cuando este dispositivo no disponga de una conexión WLAN se utiliza el access point sino no se utiliza)
- Access Point (se configura SSID, password, seguridad, DHCP, un servidor DNS, número de LANs y Wlans)
- Dispositivo receptor con Wifi 802.11n

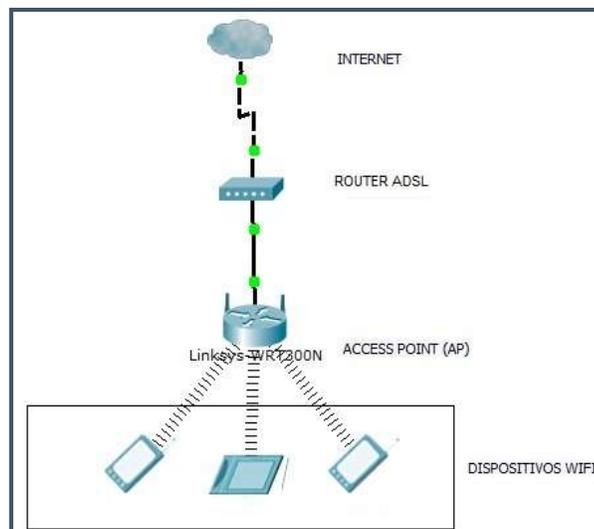


Figura 30: Diagrama de red Wifi

Fuente: Mariel Núñez

2.4.13 Aplicaciones Wifi

- **En el hogar.** -como una alternativa para el Home Networking, es decir permite la interconexión de diferentes dispositivos de forma inalámbrica bajo un mismo estándar y de forma sencilla y económica.
- **En la empresa.** -como una extensión inalámbrica de las Redes de Área Local. Una solución de Office Networking basada en WiFi presenta ventajas, como movilidad de equipos, ausencia de cableado, libertad en los cambios organizativos, acceso a la red independientemente del puesto de trabajo.

- **En el ambiente público.** - la aparición de los **PWLAN (Public Wireless Local Area Network)** representa una oportunidad de negocio tanto para los fabricantes como para aquellas empresas que desarrollan un servicio de acceso a Internet en lugares de uso público.
- **En el teletrabajo.** - un teletrabajador es una persona que emplea gran parte del horario de trabajo fuera de la oficina, y en muchas ocasiones desde el hogar donde realiza gran parte de su actividad laboral.
- **En los hoteles.** - En el caso de los hoteles, aparece como un valor añadido que ofrecer a sus clientes, pues posibilita la conexión a Wifi desde las habitaciones y espacios comunes.
- **En la Seguridad.** - permite la interconexión inalámbrica de dispositivos de seguridad como son sensores remotos, cámaras de vídeo vigilancia. Empresas de seguridad comienzan a desarrollar ofertas de vídeo vigilancia a través de conexiones de banda ancha.
- **En la universidad.** - es creciente la aparición de campus universitarios con cobertura Wifi. Esta cobertura alcanza elementos comunes como cafeterías, bibliotecas, ciertas salas y laboratorios, así como zonas exteriores. (Núñez C., Peña J., & Garzón C., 2009)

2.4.14 Tipos de hardware Wifi

Entre los tipos de hardware encontramos los adaptadores inalámbricos y los puntos de acceso.

Adaptadores inalámbricos

Los adaptadores inalámbricos o controladores de la interfaz de red (Network Interface Controller, abreviado NIC) son tarjetas de red que cumplen con el estándar 802.11 que permiten a un equipo conectarse a una red inalámbrica. Se encuentran como tarjetas PCI, tarjetas PCMCIA, adaptadores USB y tarjetas Compact Flash, en la **Figura 47** se observa este tipo de dispositivos.



Tarjetas PCI



Adaptadores USB



**Adaptadores
PCMCIA**

Figura 31: Adaptadores inalámbricos

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

Los puntos de acceso

Los puntos de acceso (abreviado PA y a veces denominados zonas locales de cobertura) pueden permitirles a las estaciones equipadas con Wifi cercanas acceder a una red conectada a la que el punto de acceso se conecta directamente. Una de las posibilidades que ofrecen los AP es el uso de diferentes modos de configuración. A continuación, los modos de funcionamiento que un AP pueden soportar:

- **Modo AP o infraestructura**

Permite establecer una red Wifi en la zona de cobertura del dispositivo. Esta es una configuración muy común en entornos profesionales donde es necesario proporcionar acceso Wifi en áreas extensas. Este modo de funcionamiento es totalmente interoperable, es decir, **funciona utilizando APs de diferentes fabricantes**. Lo importante es que todos los APs utilicen el mismo estándar Wifi y los mismos parámetros (SSID, tipo de seguridad y clave).

- **Modo WDS (Wireless Distribution System)**

Este modo de funcionamiento permite establecer una conexión directa inalámbrica entre dos APs. Es un modo utilizado para establecer puentes inalámbricos que permitirán conectar dos redes separadas. Útil cuando es necesario unir dos redes separadas físicamente, por ejemplo, en dos edificios cercanos, cuando el coste del tendido del cable es caro o simplemente no es posible.

- **Modo WDS con AP**

Este modo es una mezcla de los dos anteriores. Permite a un AP establecer un puente inalámbrico con otro AP y al mismo tiempo establecer una red Wifi. Para llevar a cabo esta

configuración es necesario que el AP soporte el modo WDS con AP. Dicha configuración permite establecer un puente inalámbrico y además constituir una red Wifi en uno de los extremos del puente (o en los dos). Esta solución sólo es recomendable cuando el número de dispositivos Wifi conectados es muy pequeño.

- **Modo Repeater (también denominado modo Range Extender)**

Este modo de funcionamiento se ha popularizado en los entornos residenciales ya que permite ampliar la cobertura de la red proporcionada por el router Wifi del ISP de forma fácil. La idea de este modo de funcionamiento es extender la cobertura de una red Wifi establecida desde otro AP (o desde un router Wifi). El AP en modo Repeater se conecta al AP principal como cliente Wi-Fi y genera una nueva área de cobertura Wi-Fi para que otros dispositivos se conecten a dicha red.

- **Modo Wireless Client**

Este modo permite que un AP se comporte como un cliente Wifi. Se utiliza para establecer un puente inalámbrico con APs de diferente fabricante, si uno de ellos soporta este modo, ya que dicho puente se establece utilizando las características del estándar Wifi.

3. MÉTODO

Mediante una investigación descriptiva se analizaron las características que presenta cada una de las tecnologías inalámbricas, y a través de una investigación prospectiva se estudió la tecnología Lifi y se tiene la perspectiva de que se use como nueva tecnología inalámbrica, también se aplicó una investigación analítica ya que se dará a conocer la tecnología con las mejores prestaciones para transmitir eficientemente los datos, al realizar la comparación mediante parámetros de transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación, además se analizó el costo/beneficio que presentan las tecnologías para ser implementadas y los aspectos teóricos de las dos tecnologías.

Se utilizó el método analítico para analizar la información obtenida de las tecnologías, y luego se concluyó con la mejor tecnología de comunicación inalámbrica. Además, se utilizó el método comparativo para realizar la comparación entre Lifi y Wifi.

La técnica que se empleó para el trabajo de titulación es de investigación documental, ya que se obtuvo información de libros, revistas, páginas web, artículos científicos.

3.1 ANÁLISIS COMPARATIVO

En esta sección se determina la tecnología con mayor prestación y se procedió a realizar la comparación de resultados obtenidos anteriormente en la sección de investigación. Para determinar los resultados se basa en los siguientes parámetros: transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación.

3.1.1 Parámetros de Transmisión

En la transmisión se tomó en cuenta las variables como frecuencia, velocidad y ancho de banda. Ver **Tabla 2**.

Parámetro de transmisión		
Indice	LIFI	WIFI
Frecuencia	385 – 789 THz	2.4 – 5 GHz
Velocidad	1 Gbps	300 Mbps
Ancho de banda	Ilimitado	40 MHz

Tabla 2: Rango de operación de los parámetros de transmisión en Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

En la **Ecuación 2** y **Ecuación 3** se encuentra la fórmula de la longitud de onda y frecuencia respectivamente, ya que con la fórmula de frecuencia se determinó el rango de frecuencia en el que trabaja Lifi, además las longitudes de onda de Wifi.

Formula de longitud de onda

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ecuación 2: Longitud de onda

Formula de longitud de onda

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Ecuación 3: Frecuencia

Lifi

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{380 \cdot 10^{-9}}$$

$$f = 789 \text{ Thz}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}$$

$$\lambda = 125 \text{ mm}$$

Wifi

$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{780 \cdot 10^{-9}}$$

$$f = 385 \text{ Thz}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^9}$$

$$\lambda = 60 \text{ mm}$$

3.1.1.1 Valoración

Para realizar el análisis y determinar cuál de las tecnologías es mejor que la otra se realizó una valoración a cada parámetro estudiado, por lo tanto, nos basamos en la ventaja que posee cada uno de los parámetros con respecto al otro de acuerdo al rango que este tenga dentro de su unidad de medida.

3.1.1.1.1 Confiabilidad de transmisión

Se proporcionó a este una valoración de 1 a 4, teniendo en cuenta que este es directamente proporcional al valor de la frecuencia de trabajo por lo tanto para la valoración de la confiabilidad de transmisión se tomó en cuenta la frecuencia, teniendo en cuenta que a menor frecuencia la confiabilidad de datos es mayor.

Frecuencia		
Rango	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
0 – 999 KHz	4	Alto
1 – 999 MHz	3	Medio
1 – 999 GHz	2	Bajo

Mayor a 1 THz	1	Muy Bajo
---------------	---	----------

Tabla 3: Valoración para la confiabilidad en función de frecuencia

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.1.1.2 Velocidad

Daremos a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta la rapidez con la que puede transferir la información.

Velocidad		
Rango	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
0 – 999 Kbps	1	Baja
1 – 999 Mbps	2	Medio
Mayor a 1 Gbps	3	Alto

Tabla 4: Valoración al rango de velocidad

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.1.1.3 Ancho de banda

Se dio a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta que, a mayor ancho de banda, mayor es la capacidad en el envío de información.

Ancho de banda		
Rango	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
0 – 999 KHz	1	Baja
1 – 999 MHz	2	Medio
Mayor a 1GHz	3	Alto

Tabla 5: Valoración al rango de ancho de banda

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.1.2 Calificación

Para realizar la calificación nos basamos en las tablas de valoración con respecto a la tabla que contiene la información de los parámetros de transmisión y el rango de trabajo de cada uno de ellos.

TRANSMISIÓN		
Indice	LIFI	WIFI
Confiabilidad	4	2
Velocidad	3	2
Ancho de banda	3	2

Tabla 6: Calificación a los parámetros de transmisión.

Realizado por: Mariel Núñez

Se determinó los porcentajes parciales (Pp) de los parámetros de la transmisión de cada tecnología utilizando las siguientes fórmulas:

Fórmula del porcentaje parcial LiFi

$$Pp(X) = \frac{Cn(X)}{Vm} * 100\%$$

Ecuación 4: Porcentaje parcial Lifi

Fórmula del porcentaje parcial WiFi

$$Pp(Y) = \frac{Cn(Y)}{Vm} * 100\%$$

Ecuación 5: Porcentaje parcial Wifi

Dónde:

Cn (X)= Valor parcial por parámetro en LiFi

Cn (Y)= Valor parcial por parámetro en WiFi

Vm = Valor máximo de índices es 10

X = Tecnología Lifi

Y = Tecnología Wifi

TRANSMISIÓN				
INDICE	LIFI		WIFI	
	Valor (X)	%Pp	Valor (Y)	%Pp
Confiabilidad	4	40	2	20
Velocidad	3	30	2	20
Ancho de banda	3	30	2	20

Tabla 7: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes

Realizado por: Mariel Núñez

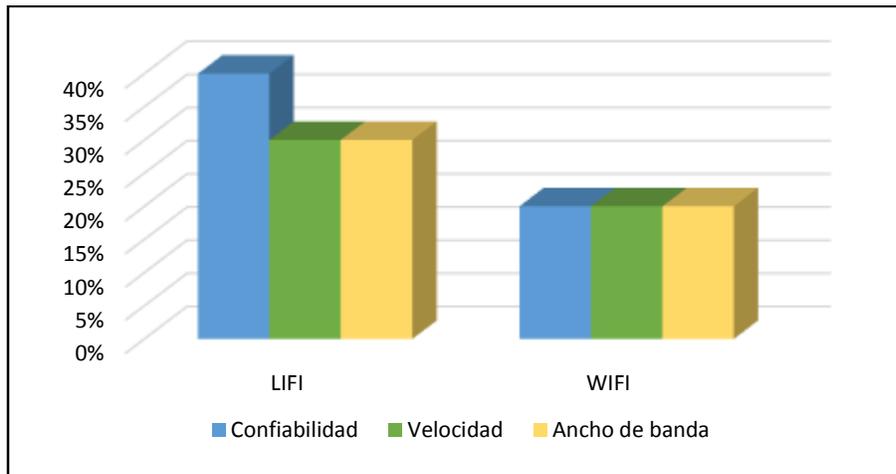


Figura 32: Gráfico de porcentajes de Transmisión en Lifi y Wifi

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

En la **Figura 32** se interpreta que Lifi presenta mayor velocidad y mayor ancho de banda, pero tiene la gran ventaja de tener mayor confiabilidad de datos, en cambio en Wifi la confiabilidad de datos, la velocidad y el ancho de banda son menores.

Para determinar el porcentaje final (**PT**) de cada tecnología se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula de Porcentaje final

$$Pa(X) = \sum C_1(X) + C_2(X) + C_3(X)$$

Ecuación 6: Porcentaje final

LiFi

$$Pa(X) = 4 + 3 + 3$$

$$Pa(X) = 10$$

WiFi

$$Pa(Y) = \sum C_1(Y) + C_2(Y) + C_3(Y)$$

$$Pa(Y) = 2 + 2 + 2$$

$$Pa(Y) = 6$$

Fórmulas del Porcentaje total del parámetro de transmisión

$$PT(X) = \frac{Pa(X)}{Vm} * 100\%$$

Ecuación 7: Porcentaje total del parámetro de transmisión

LiFi

$$PT(X) = \frac{10}{10} * 100\%$$

$$PT(X) = 100\%$$

WiFi

$$PT(Y) = \frac{6}{10} * 100\%$$

$$PT(Y) = 60\%$$

Dónde:

Pa(X)= Valor total de los índices en tecnología LiFi

Pa (Y)= Valor total de los índices en tecnología WiFi

Transmisión		
Tecnologías	Pa	% PT
Lifi (X)	10	100
Wifi (Y)	6	60

Tabla 8: Valores y porcentajes finales de transmisión

Realizado por: Mariel Núñez

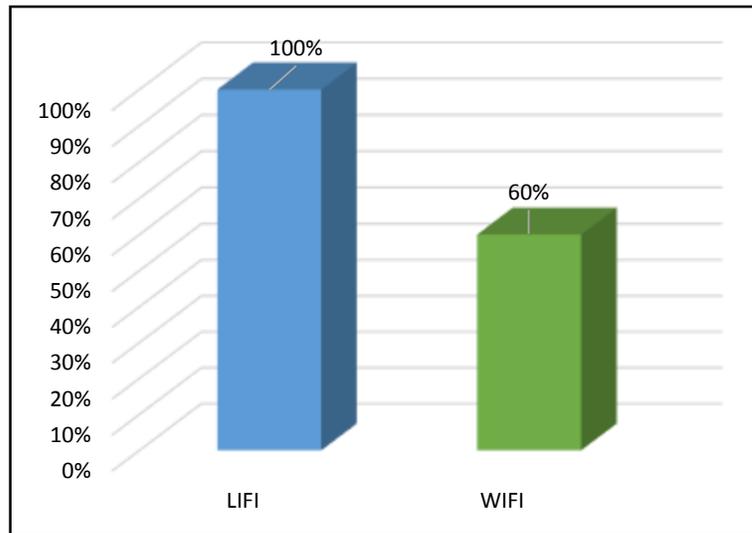


Figura 33: Gráfico de porcentajes de transmisión de Lifi y Wifi

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

3.1.1.3 Interpretación de resultados

Según los resultados expuestos en la Tabla 8, se puede determinar que los parámetros de transmisión en la tecnología Lifi, lleva una ventaja del 40% en relación a los parámetros de transmisión en la tecnología Wifi, indicando de esta manera al usuario que, su capacidad de transmisión es muy eficiente. Esto es muy importante ya que al tener una capacidad muy alta en la transmisión de datos brinda mayor eficiencia a los usuarios.

3.1.2 Parámetros de Propagación

En la propagación se tomó en cuenta las variables como alcance, velocidad de propagación y potencia de transmisión. No se tomó en cuenta la pérdida en el espacio libre ya que este es directamente proporcional al alcance y frecuencia. A continuación, se presenta las siguientes ecuaciones de pérdidas en el espacio libre comprobando que es directamente proporcional al alcance y frecuencia, comprobando que es mayor en frecuencias altas y menor en frecuencias bajas.

Fórmula para la pérdida en el espacio libre

$$Pp(dB) = 92,4 + 20\log\left(\frac{f}{GHz}\right) + 20\log\left(\frac{d}{km}\right)$$

Lifi permite una cobertura de 10m, lo que equivale a (d)

$$Pp(dB) = 92,4 + 20\log\left(\frac{f}{GHz}\right) + 20\log\left(\frac{d}{km}\right)$$

$$Pp(dB) = 92,4 + 20\log(385000) + 20\log(0,010)$$

$$Pp(dB) = 164,11 \text{ dB}$$

$$Pp(dB) = 92,4 + 20\log(789000) + 20\log(0,010)$$

$$Pp(dB) = 170,34 \text{ dB}$$

Wifi brinda una cobertura de 100m

$$Lp(dB) = 92,4 + 20\log\left(\frac{f}{GHz}\right) + 20\log\left(\frac{d}{km}\right)$$

$$Lp(dB) = 92,4 + 20\log(2,4) + 20\log(0,100)$$

$$Pp(dB) = 80 \text{ dB}$$

$$Lp(dB) = 92,4 + 20\log(5) + 20\log(0,100)$$

$$Pp(dB) = 86,38 \text{ dB}$$

PROPAGACIÓN		
Parámetros	LIFI	WIFI
Alcance	10 m	100 m
Velocidad de Propagación	$3 * 10^8 \frac{m}{s}$	$300 \frac{m}{s}$
Potencia de Transmisión	48W	100mW

Tabla 9: Rango de trabajo de parámetros de propagación

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.2.1 Valoración

Para realizar el análisis y determinar cuál de las tecnologías es mejor que la otra se realizó una valoración a cada parámetro estudiado dentro de la propagación, por lo tanto, nos basarnos en la ventaja que posee cada uno de los parámetros con respecto al otro de acuerdo al rango que este tenga dentro de su unidad de medida.

3.1.2.1.1 Alcance

Se proporcionó a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta la capacidad de alcance en función de la distancia, el 1 será un valor más bajo y 3 el más alto.

Alcance		
Rango (m)	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
0 – 10 m	1	Bajo
11 – 20 m	2	Medio
Mayor a 20 m	3	Alto

Tabla 10: Valoración al rango de Alcance

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.2.1.2 Velocidad de propagación

Se dio a éste una valoración de 1 a 2, tomando en cuenta la rapidez con la que puede propagarse en el espacio libre. En la Ecuación 9 se ve claramente que la velocidad de propagación es igual en Lifi y en Wifi.

Fórmula de la velocidad de propagación

$$(v) = v * \lambda$$

$$(v) = \text{velocidad de la luz } (v) * \text{longitud de onda } (\lambda)$$

Ecuación 9: Velocidad de propagación (v)

Lifi

$$(v) = 385 * 10^{12} \frac{l}{s} * 780mm$$

$$(v) = 3 * 10^8 \frac{m}{s}$$

$$(v) = 789 * 10^{12} \frac{l}{s} * 380mm$$

$$(v) = 2,998 * 10^8 \frac{m}{s}$$

Wifi

$$(v) = 2,4 * 10^9 \frac{l}{s} * 125mm$$

$$(v) = 3 * 10^8 \frac{m}{s}$$

$$(v) = 5 * 10^9 \frac{l}{s} * 60mm$$

$$(v) = 3 * 10^8 \frac{m}{s}$$

Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
2	Iguales
1	Distintos

Tabla 11: Valoración al rango de velocidad de propagación

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.2.1.3 Potencia de transmisión

Se facilitó a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta que a mayor potencia es perjudicial para la salud de las personas, por tanto, se dio una valoración de 1, en cambio un valor de 3 se dio para presentar menor potencia y no afecta a la salud de las personas, por lo tanto, se da una valoración de 3.

Potencia de transmisión		
Rango (Watts)	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
100 – 1000m	3	Bueno
100 – 25	2	Medio
Mayor a 25	1	Malo

Tabla 12: Valoración al rango de potencia de transmisión

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.2.2 Calificación

Para realizar la calificación nos basamos en las tablas de valoración con respecto a la Tabla 13, la misma que contiene la información de los parámetros de propagación y el rango de trabajo de cada uno de ellos.

Propagación		
Parámetro	LIFI	WIFI
Alcance	1	3
Vel. Propagación	2	2
Pot. Transmisión	3	2

Tabla 13: Calificación a los parámetros de propagación.

Realizado por: Mariel Núñez

Para determinar los porcentajes parciales (Pp) de los parámetros de propagación de cada tecnología se utilizó las siguientes fórmulas:

$$Pp(X) = \frac{Cn(X)}{Vm} * 100\%$$

$$Pp(Y) = \frac{Cn(Y)}{Vm} * 100\%$$

Dónde:

Cn(X)= Valor parcial por parámetro en LiFi

Cn(Y)= Valor parcial por parámetro en WiFi

Vm = Valor máximo de índices es 8

X = Tecnología Lifi

Y = Tecnología Wifi

PROPAGACIÓN				
Indice	LIFI		WIFI	
	Valor (X)	%Pp	Valor (Y)	%Pp
Alcance	1	12,50%	3	37,50%
Vel. propagación	2	25,00%	2	25,00%
Pot. transmisión	3	37,50	2	25,00

Tabla 14: Valor de los parámetros y porcentaje parcial en propagación

Realizado por: Mariel Núñez

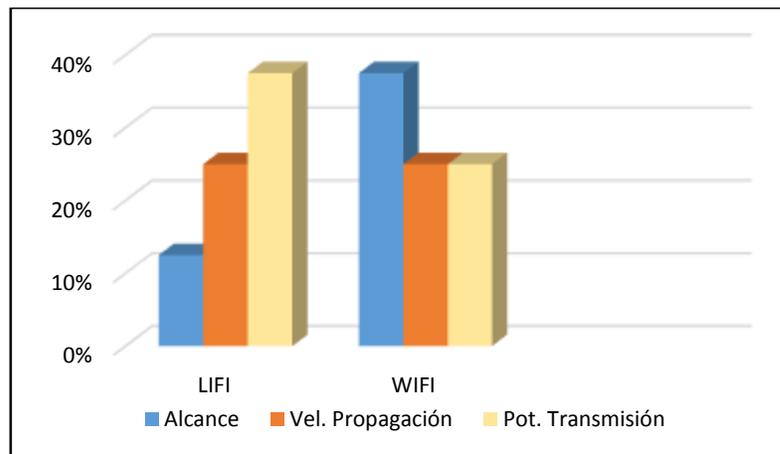


Figura 34: Porcentajes de propagación en Lifi y Wifi

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

De acuerdo a los parámetros de propagación se tomó en cuenta el alcance, la velocidad de propagación y la potencia de transmisión, como se puede observar en la **Figura 34** los resultados obtenidos, dan ventaja a Wifi ya que presenta mayor alcance y al presentar menor

potencia lo cual afecta la salud de las personas. En cambio, Lifi presenta menor alcance y una potencia de transmisión alta lo cual no es perjudicial para las personas.

Para determinar el porcentaje final (**PT**) de cada tecnología se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pa(X) = \sum C_1(X) + C_2(X) + C_3(X)$$

$$Pa(X) = 1 + 2 + 3$$

$$Pa(X) = 6$$

$$Pa(Y) = \sum C_1(Y) + C_2(Y) + C_3(Y)$$

$$Pa(Y) = 3 + 2 + 2$$

$$Pa(Y) = 7$$

$$PT(X) = \frac{Pa(X)}{Vm} * 100\%$$

$$PT(X) = \frac{6}{8} * 100\%$$

$$PT(X) = 75\%$$

$$PT(Y) = \frac{Pa(Y)}{Vm} * 100\%$$

$$PT(Y) = \frac{7}{8} * 100\%$$

$$PT(Y) = 87,50\%$$

Dónde:

Pa(X)= Valor total de los índices en tecnología LiFi

Pa(Y)= Valor total de los índices en tecnología WiFi

Propagación		
Tecnologías	Pa	% PT
Lifi (X)	6	75
Wifi (Y)	7	87,5

Tabla 15: Valores y porcentajes finales de propagación

Realizado por: Mariel Núñez

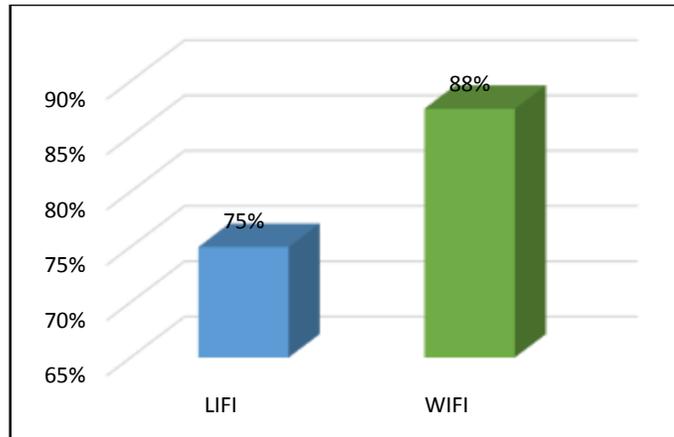


Figura 35: Gráfico de porcentajes de propagación en Lifi y Wifi

Fuente: Mariel Núñez

3.1.2.3 Interpretación de resultados

Según los resultados expuestos en la **Tabla 15**, se determinó que los parámetros de propagación en la tecnología Wifi, lleva una ventaja del 12,50% en relación a los parámetros de propagación en la tecnología Lifi, indicando de esta manera al usuario que su capacidad de propagación es muy eficiente. Este análisis refleja cuál de las tecnologías proporciona mayor alcance y menos efectos perjudiciales para la salud de las personas, esto se utilizó finalmente para determinar su rendimiento.

3.1.3 Parámetros de Atenuación

En la atenuación se tomó en cuenta las variables como distancia y grado de atenuación por obstáculos. **Ver Tabla 16.**

Parámetro de atenuación		
Indice	LIFI	WIFI
Distancia	10m	100m
Grado de atenuación por obstáculos	Ninguno	3dB

Tabla 16: Rango de operación de los parámetros de atenuación en Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.3.1 Valoración

Para realizar el análisis y determinar cuál de las tecnologías es mejor que la otra se realizó una valoración a cada parámetro estudiado, por lo tanto, nos basamos en la ventaja que posee cada uno de los parámetros con respecto al otro de acuerdo al rango que este tenga dentro de su unidad de medida.

3.1.3.1.1 Distancia

Se proporcionó a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta la menor distancia ya que tendrá menor atenuación, dando un valor de 3. Ver Tabla 17.

Distancia		
Rango	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
0 – 10m	1	Baja
10-20m	2	Media
Mayor a 20m	3	Alta

Tabla 17: Valoración al rango de distancia

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.3.1.2 Grado de atenuación por obstáculos

Se facilitó a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta que a menor grado de atenuación se recibirá mejor la información.

Grado de atenuación		
Valor	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
0 - 1 dB	3	Bueno
1- 2dB	2	Medio
Mayor a 3dB	1	Malo

Tabla 18: Valoración al rango del grado de atenuación por obstáculos

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.3.2 Calificación

Para realizar la calificación nos basamos en las tablas de valoración con respecto a la tabla que contiene la información de los parámetros de atenuación y el rango de trabajo de cada uno de ellos.

ATENUACIÓN		
Parámetro	LIFI	WIFI
Distancia	1	3
Grado de atenuación por obstáculos	3	2

Tabla 19: Calificación a los parámetros de atenuación

Realizado por: Mariel Núñez

Para determinar los porcentajes parcial (Pp) de los parámetros de la atenuación de cada tecnología se manejó las siguientes fórmulas:

$$Pp(X) = \frac{Cn(X)}{Vm} * 100\%$$

Porcentaje parcial Lifi

$$Pp(Y) = \frac{Cn(Y)}{Vm} * 100\%$$

Porcentaje parcial Wifi

Dónde:

Cn(X)= Valor parcial por parámetro en LiFi

Cn(Y)= Valor parcial por parámetro en WiFi

Vm = Valor máximo de índices es 6

X = Tecnología Lifi

Y = Tecnología Wifi

ATENUACIÓN				
Índices	LIFI		WIFI	
	Valor (X)	%Pp	Valor (Y)	%Pp
Distancia	1	16,67	3	50
Grado de atenuación por obstáculos	3	50	2	33,33

Tabla 20: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes

Realizado por: Mariel Núñez

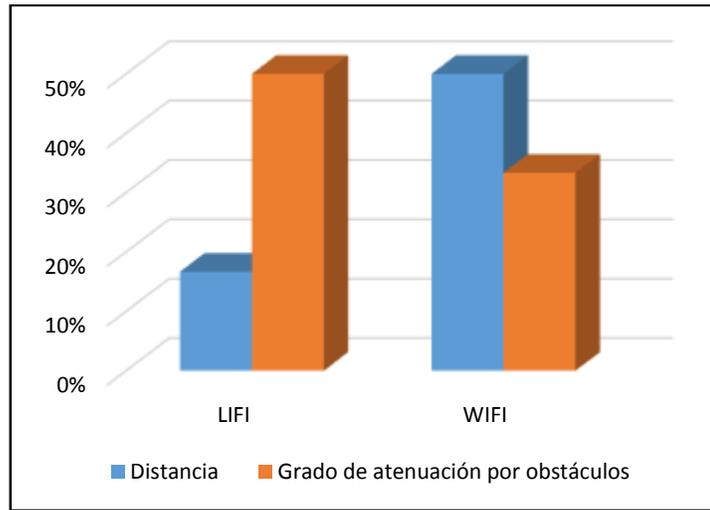


Figura 36: Gráfico de porcentajes de atenuación en Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

En la **Figura 36** se interpreta que tanto en Lifi como en Wifi a mayor distancia, mayor grado de atenuación es decir la información no se transmitirá eficientemente y a menor distancia menor grado de atenuación es decir que la información se transmitirá de manera eficiente ya que el grado de atenuación por obstáculos es directamente proporcional a la distancia.

Para determinar el porcentaje final (**PT**) de cada tecnología utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Pa(X) = \sum C_1(X) + C_2(X) + C_3(X)$$

Ecuación 10: Porcentaje final

$$Pa(X) = 1 + 3$$

$$Pa(X) = 4$$

$$Pa(Y) = \sum C_1(Y) + C_2(Y) + C_3(Y)$$

$$Pa(Y) = 3 + 2$$

$$Pa(Y) = 5$$

$$PT(X) = \left(\frac{Pa(X)}{Vm} \right) * 100\%$$

Ecuación 11: Porcentaje total del parámetro de transmisión

$$PT(X) = \left(\frac{4}{6} \right) * 100\%$$

$$PT(X) = 66,67\%$$

$$PT(Y) = \left(\frac{5}{6} \right) * 100\%$$

$$PT(Y) = 83,33\%$$

Dónde:

Pa(X)= Valor total de los índices en tecnología LiFi

Pa(Y)= Valor total de los índices en tecnología WiFi

Atenuación		
Tecnologías	Pa	% PT
Lifi (X)	4	66,67
Wifi (Y)	5	83,33

Tabla 21: Valores y porcentajes finales de atenuación

Realizado por: Mariel Núñez

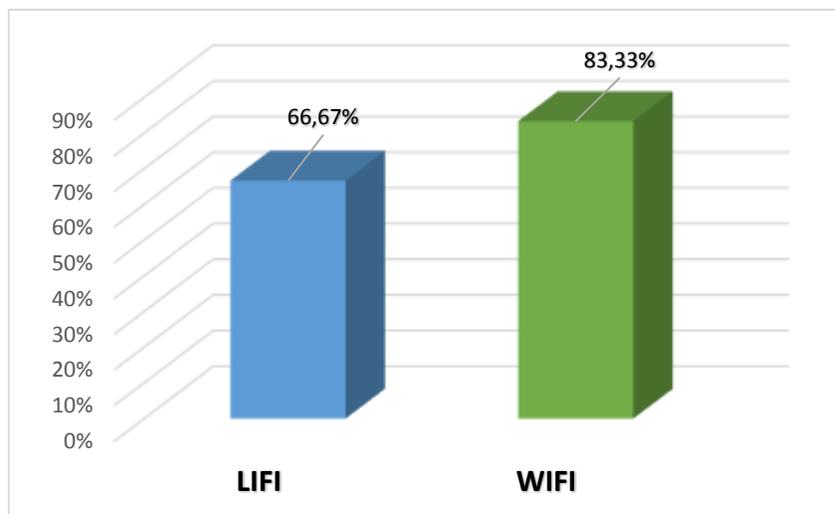


Figura 37: Gráfico de porcentajes de atenuación de Lifi y Wifi

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

3.1.3.3 Interpretación de resultados

Según los resultados expuestos en la **Tabla 21**, se puede determinar que los parámetros de atenuación en la tecnología Lifi, lleva una desventaja del 16,67% en relación a los parámetros de atenuación en la tecnología Wifi, indicando de esta manera al usuario que, a menor atenuación mejor se recibirá la información.

3.1.4 Parámetros de Dispersión

En la dispersión se toma en cuenta las variables como índice de refracción, y longitud de onda. Ver **Tabla 22**.

Parámetro de dispersión		
Índice	LIFI	WIFI
Índice de refracción	1	1
Longitud de onda	(380-780) mm	(60-125) mm

Tabla 22: Rango de operación de los parámetros de dispersión en Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.4.1 Valoración

Para realizar el análisis y determinar cuál de las tecnologías es mejor que la otra se deba realizar una valoración a cada parámetro estudiado, por lo tanto, vamos a basarnos en la ventaja que posee cada uno de los parámetros con respecto al otro de acuerdo al rango que este tenga dentro de su unidad de medida.

3.1.4.1.1 Índice de refracción

Daremos a este una valoración de 1 a 2, teniendo en cuenta que este es igual o diferente, 1 daremos si tienen el mismo valor y 2 si es distinto, este me representa la cantidad de desviación que sucede en la interfaz de dos materiales. Ver **Tabla 23**.

Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
2	Iguales
1	Diferentes

Tabla 23: Valoración para el índice de refracción

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.4.1.2 Longitud de onda

Daremos a este una valoración de 1 a 3, tomando en cuenta que a mayor longitud de onda se desvía menos la onda y a menor longitud de onda se desvía más. Observar en la Tabla 24.

Longitud de onda		
Rango	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
60-125 mm	3	Menor
60-125 mm	2	Medio
380-780 mm	1	Mayor

Tabla 24: Valoración al rango de longitud de onda

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.4.2 Calificación

Para realizar la calificación nos basaremos en las tablas de valoración con respecto a la tabla que contiene la información de los parámetros de dispersión y el rango de trabajo de cada uno de ellos. Ver **Tabla 25**.

Dispersión		
Parámetro	LIFI	WIFI
Índice de refracción	2	2
Longitud de onda	1	3

Tabla 25: Calificación a los parámetros de dispersión

Realizado por: Mariel Núñez

Para determinar los porcentajes parcial (Pp) de los parámetros de dispersión de cada tecnología utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$Pp(X) = \left(\frac{Cn(X)}{Vm} \right) * 100\%$$

Porcentaje parcial Lifi

$$Pp(Y) = \left(\frac{Cn(Y)}{Vm} \right) * 100\%$$

Porcentaje parcial Wifi

Dónde:

Cn(X)= Valor parcial por parámetro en LiFi

Cn(Y)= Valor parcial por parámetro en Wi-Fi

Vm = Valor máximo de índices es 5

X = Tecnología Lifi

Y = Tecnología Wifi

DISPERSIÓN				
Índices	LIFI		WIFI	
	Valor (X)	%Pp	Valor (Y)	%Pp
Índice de refracción	2	40	2	40
Longitud de onda	1	20	3	60

Tabla 26: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes

Realizado por: Mariel Núñez

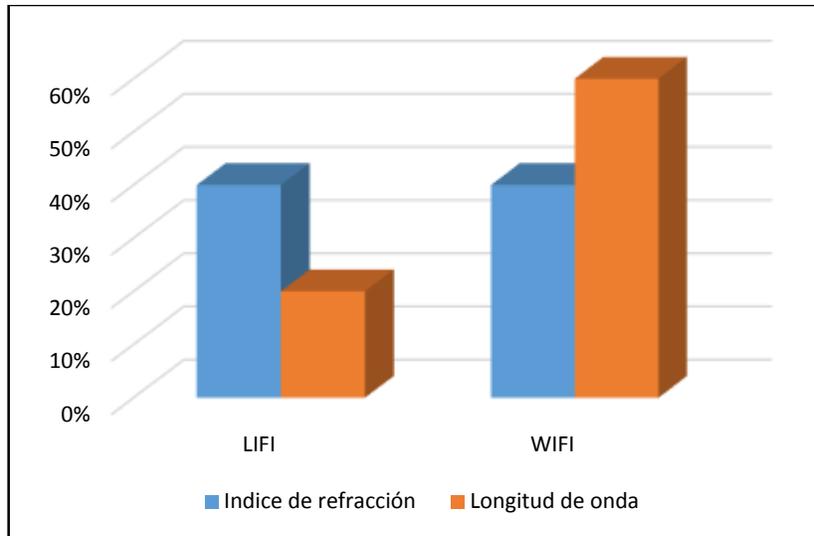


Figura 38: Gráfico de porcentajes de Dispersión en Lifi y Wifi

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

En la **Figura 38** se interpreta que Wifi presenta una ventaja en relación a Lifi ya que presenta igual índice de refracción, pero también presenta mayor desviación de onda al tener menor longitud de onda, por lo que esto es muy importante al transmitir información eficiente y brinda mejor rendimiento.

Para determinar el porcentaje final (**PT**) de cada tecnología utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Pa(X) = \sum C_1(X) + C_2(X)$$

Porcentaje final

$$Pa(X) = 2 + 1$$

$$Pa(X) = 3$$

$$Pa(Y) = \sum C_1(Y) + C_2(Y)$$

$$Pa(Y) = 2 + 3$$

$$Pa(Y) = 5$$

$$PT(X) = \left(\frac{Pa(X)}{Vm} \right) * 100\%$$

Porcentaje total del parámetro de transmisión

$$PT(X) = \left(\frac{3}{5} \right) * 100\%$$

$$PT(X) = 60\%$$

$$PT(Y) = \left(\frac{5}{5} \right) * 100\%$$

$$PT(Y) = 100\%$$

Dónde:

Pa(X)= Valor total de los índices en tecnología LiFi

Pa(Y)= Valor total de los índices en tecnología WiFi

Dispersión		
Tecnologías	Pa	% PT
Lifi (X)	3	60
Wifi (Y)	5	100

Tabla 27: Valores y porcentajes finales de dispersión

Realizado por: Mariel Núñez

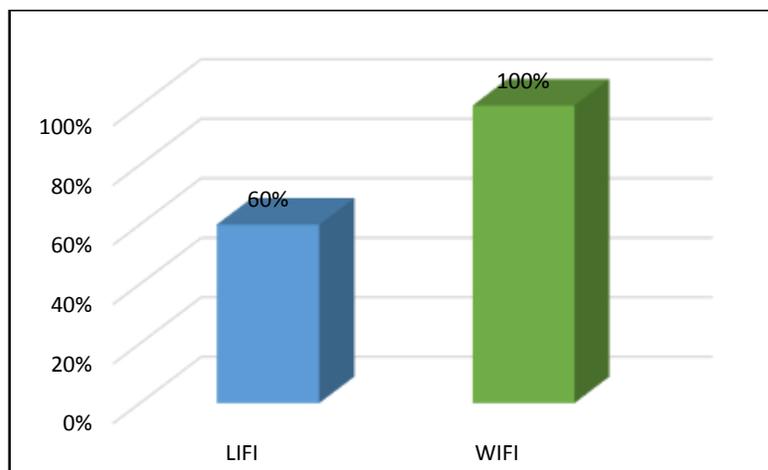


Figura 39: Gráfico de porcentajes de dispersión de Lifi y Wifi

Fuente: Realizado por Mariel Núñez

3.1.4.3 Interpretación de resultados

Según los resultados expuestos en la **Tabla 27**, se puede determinar que los parámetros de dispersión en la tecnología Wifi, lleva una ventaja del 40 % en relación a los parámetros de dispersión en la tecnología Lifi, indicando de esta manera al usuario que la dispersión es menor en esta tecnología, y por ende es mejor en rendimiento.

3.1.5 Parámetros de Modulación

En la modulación se toma en cuenta las variables como data rate, FEC, Codificación. Ver **Tabla 28**.

	WIFI (802.11n)	LIFI (802.15.7)
MODULACION	OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales), (BPK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM)	OOK (ON-OFF-KEYING)
	DSSS (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa) para compatibilidad con el estándar 802.11 b	VPPM (Pulso Variable Position Modulation)
		CSK (Modulación por desplazamiento de color), 4-CSK, 8-CSK, 16-CSK

Tabla 28: Modulación en 802.11n y 802.15.7

Realizado por: Mariel Núñez

Modulaciones en Wifi (802.11n)

Modulación	Data rate	FEC
OFDM	6 - 48 Mbps	Convolutacional, Reed Solomon
DSSS	1 – 2 Mbps	Pseudorruído

Tabla 29: Modulaciones en Wifi (802.11n)

Realizado por: Mariel Núñez

Modulaciones en Lifi (802.15.7)

Modulación	Data rate	FEC
OOK	11,67 -100Kbps 6-96 Mbps	Convolutacional, Reed Solomon
VPPM	35,56-266,6 Kbps 1,25- 5 Mbps	Convolutacional, Reed Solomon

Tabla 30: Modulaciones en Lifi (802.15.7)

Realizado por: Mariel Núñez

Para establecer el rango de operación de las modulaciones se tomará en cuenta a la modulación que tiene mayor velocidad de datos ya que proporciona un buen rendimiento, en el caso de Lifi se tomará a la modulación CSK, y con respecto a Wifi OFDM.

Parámetro de modulación		
Índice	LIFI	WIFI
Data rate	12 - 96 Mbps	6-48 Mbps
FEC	Reed Solomon	Convolutacional, Reed Solomon

Tabla 31: Rango de operación de los parámetros de modulación en Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.5.1 Valoración

Para realizar el análisis y determinar cuál de las tecnologías es mejor que la otra se realizó una valoración a cada parámetro estudiado, por lo tanto, vamos a basarnos en la ventaja que

posee cada uno de los parámetros con respecto al otro de acuerdo al rango que este tenga dentro de su unidad de medida.

3.1.5.1.1 Data rate

Se proporcionó a este una valoración de 1 y 3, teniendo en cuenta que a mayor velocidad de datos se enviará rápido la información, este tomará un valor de 4 y 2 para la modulación con menor data rate.

Frecuencia		
Rango	Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
6 - 48 Mbps	2	Bajo
12 -96 Mbps	4	Alto

Tabla 32: Valoración para el Data rate

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.5.1.2 FEC

Se dio a este una valoración de 1 y 2, tomando en cuenta el tipo de codificación para la corrección de errores, estos códigos sirven para recuperar datos alterados en el receptor y para ello utilizan bits adicionales, FEC reduce el número de transmisiones con errores, así como los requisitos de potencia de los sistemas de comunicación e incrementa la efectividad de los mismos evitando la necesidad del reenvío de los mensajes dañados durante la transmisión. 2 si utilizan Reed Solomon y Convolutcional y 1 si utiliza solo Reed Solomon.

Valoración Cuantitativa	Valoración Cualitativa
2	Utiliza dos tipos de corrección de errores
1	Un tipo de corrección de errores

Tabla 33: Valoración al FEC

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.5.2 Calificación

Para realizar la calificación nos basaremos en las tablas de valoración con respecto a la tabla que contiene la información de los parámetros de transmisión y el rango de trabajo de cada uno de ellos.

Modulación		
Parámetro	LIFI	WIFI
Data rate	4	2
FEC	1	2

Tabla 34: Calificación a los parámetros de modulación.

Realizado por: Mariel Núñez

Para determinar los porcentajes parcial (Pp) de los parámetros de la transmisión de cada tecnología utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$Pp(X) = \left(\frac{Cn(X)}{Vm} \right) * 100\%$$

Porcentaje parcial Lifi

$$Pp(Y) = \left(\frac{Cn(Y)}{Vm} \right) * 100\%$$

Porcentaje parcial Wifi

Dónde:

Cn(X)= Valor parcial por parámetro en LiFi

Cn(Y)= Valor parcial por parámetro en Wi-Fi

Vm = Valor máximo de índices es 6

X = Tecnología Lifi

Y = Tecnología Wifi

TRANSMISIÓN				
Índices	LIFI		WIFI	
	Valor (X)	%Pp	Valor (Y)	%Pp
Data rate: C1	4	80	2	40
FEC: C2	1	20	2	40

Tabla 35: Valores finales de los parámetros y sus porcentajes

Realizado por: Mariel Núñez

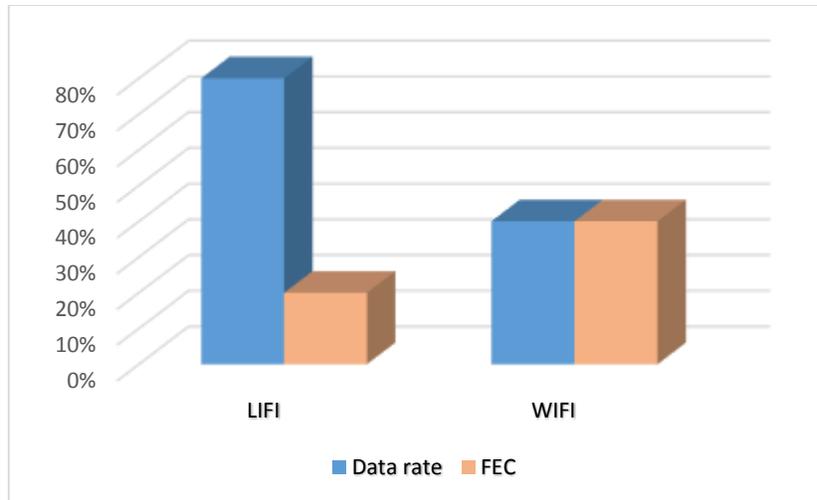


Figura 40: Gráfico de porcentajes de Modulación en Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

En la **Figura 40** se interpreta que Wifi presenta una ventaja del 20% a Lifi en relación a FEC y con un 40% de desventaja a LiFi en relación al DATA RATE, ya que Lifi tiene mayor velocidad de datos y menor Corrección de errores y que utiliza una sola codificación, en cambio Wifi presenta menor velocidad de datos o data rate, pero mayor protección de corrección de errores ya que enviará información con menos errores al utilizar dos tipos de corrección de errores.

Para determinar el porcentaje final (**PT**) de cada tecnología utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Pa(X) = \sum C_1(X) + C_2(X)$$

Ecuación 12: Porcentaje final

$$Pa(X) = 4 + 1$$

$$Pa(X) = 5$$

$$Pa(Y) = \sum C_1(Y) + C_2(Y)$$

$$Pa(Y) = 2 + 2$$

$$Pa(Y) = 4$$

$$PT(X) = \left(\frac{Pa(X)}{Vm} \right) * 100\%$$

Ecuación 13: Porcentaje total del parámetro de transmisión

$$PT(X) = \left(\frac{5}{5}\right) * 100\%$$

$$PT(X) = 100\%$$

$$PT(Y) = \left(\frac{4}{5}\right) * 100\%$$

$$PT(Y) = 80\%$$

Dónde:

Pa(X)= Valor total de los índices en tecnología LiFi

Pa(Y)= Valor total de los índices en tecnología WiFi

Transmisión		
Tecnologías	Pa	% PT
Lifi (X)	5	100
Wifi (Y)	4	80

Tabla 36: Valores y porcentajes finales de modulación

Realizado por: Mariel Núñez

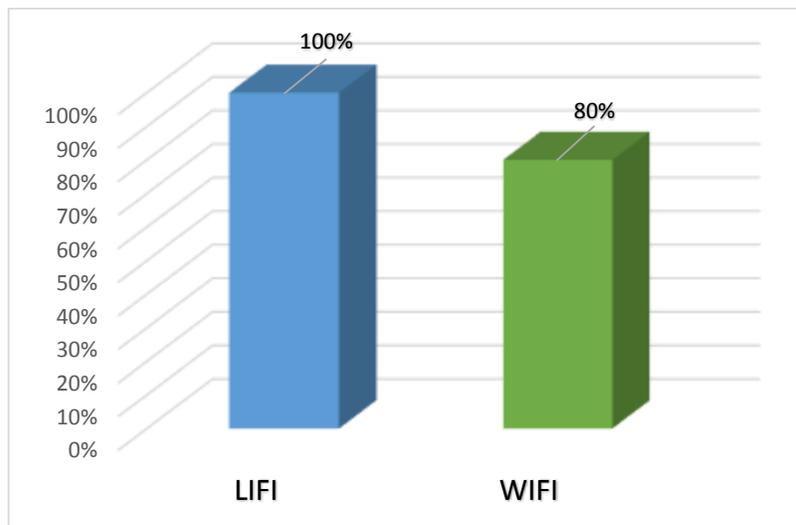


Figura 41: Gráfico de porcentajes de modulación de Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

3.1.5.3 Interpretación de resultados

Según los resultados expuestos en la **Tabla 36**, se puede determinar que en el parámetro de modulación LIFI lleva una ventaja del 20% con respecto a WIFI, es decir que LiFi presenta una mayor velocidad de datos que Wifi.

3.2 Análisis de la entrevista

Para determinar cómo se encuentra estructurada actualmente la red inalámbrica en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática se realizó una entrevista al Lic. Bladimir García, jefe del Departamento de Redes obteniendo la siguiente información:

La Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática de la Universidad Estatal de Bolívar posee la tecnología WiFi que en la actualidad está configurada mediante la topología estrella en los dos edificios, su distribución a los Acces Points se los hace mediante un cable de categoría 6A.

La cantidad de usuarios que se conectan diariamente a la red es de 230 usuarios aproximadamente, los mismos que pueden ser controlados mediante un software que tiene WiFi o mediante el sistema de autenticación que poseen los equipos. Actualmente la red se encuentra abierta, pero se puede configurar que los Acces Point permitan el ingreso de 50 usuarios. La restricción de los usuarios a la red se la hace por la capacidad de procesamiento de los Acces Point, ya que mientras más usuarios se conecten a los Acces Point va a existir más carga para los Access point y la navegación para los usuarios va a ser más lenta.

La cantidad de equipos que se utilizan para la distribución de la red inalámbrica es de 5 para el bloque de las aulas, y en el bloque administrativo están muertos, los modelos que se utilizan son Access Point Ubiquiti LR (Long Rang – Largo Alcance) en vez de los equipos Cisco que tenían un funcionamiento de 10 años y los actuales están en funcionamiento hace 6 meses. Aunque hace falta más equipamiento, ya que estos equipos no abastecen para el número de usuarios que tiene la Facultad.

Los equipos que se utilizan cumplen con las normas 802.11n. Los Access Points trabajan a 100Mbps, en una frecuencia de 2.4 Hz.

El ancho de banda que se utiliza en la Facultad es abierto ya que no tiene restricción. Pero se puede controlar a los usuarios designando un ancho de banda de 400Kbps para cada usuario, según la fórmula que no da la SENECYT, por tal razón el internet es lento y a veces colapsa. Los beneficios que aporta el proveedor de servicios de internet es el Internet normal que se está utilizando y el Internet avanzado 2 pero este no se utiliza ya que no se realizan proyectos de tal magnitud.

La eficiencia de la red inalámbrica es mala, esto se da principalmente por el equipamiento y también por el ancho de banda.

La tecnología LiFi es tendencia a mejorar los servicios de transmisión, la disponibilidad y la velocidad.

Para mejorar la eficiencia y eficacia en la transmisión y recepción de datos al utilizar la tecnología LiFi se debe tener los equipos principales es decir el equipo central que es la data Center que debe soportar la nueva tecnología LiFi, y además el equipamiento total caso contrario no nos serviría de nada.

Otros inconvenientes que se puede tener al utilizar LiFi es la compatibilidad con los equipos, interferencia con otros sistemas.

4. RESULTADOS

4.1 Base legal

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, manifiesta que el acceso a internet en el Ecuador varía de acuerdo al tipo de población de donde se obtenga la muestra, es decir existe una gran diferencia entre el sector urbano con un 37% de acceso al servicio y el 9,1% en el sector rural. (INEC, 2012). Como se muestra en la **Figura 42**.

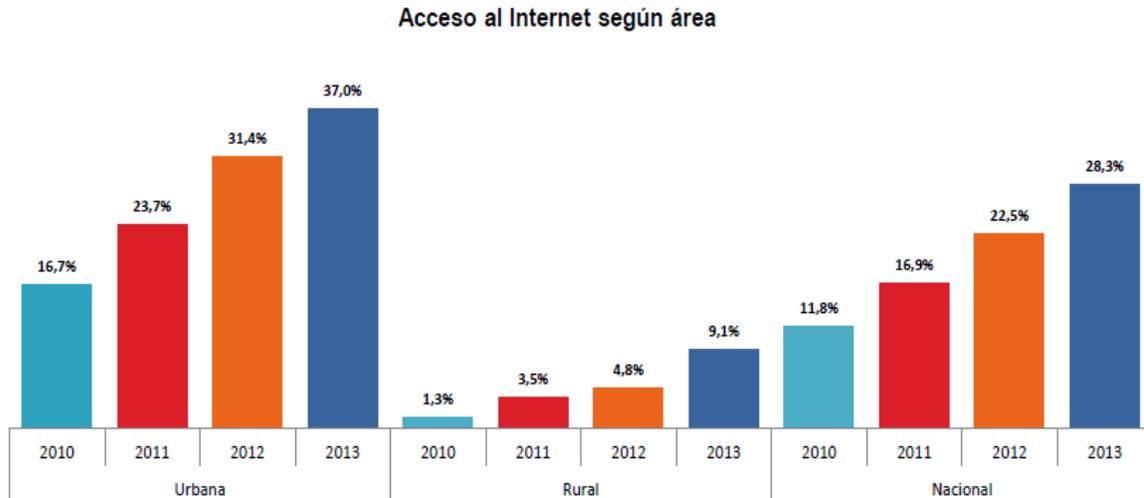


Figura 42: Acceso a Internet según el area

Fuente: INEC

Según la ARCOTEL los Proveedores de Servicio de Internet (ISP) deben garantizar la calidad del servicio basándose en las normas de Quality of Service, así como también ir mejorando continuamente el servicio, ya que, a diferencia de las redes cableadas, las redes inalámbricas son altamente afectadas por interferencias debido a las señales que viajan libremente.

Para brindar un servicio los ISP deben tener en cuenta los siguientes aspectos que son: el ancho de banda, la cobertura, el precio y el servicio técnico. (Arcotel, 2012)

4.2 Análisis de la tecnología Lifi (802.15.7) y Wifi (802.11n) mediante el análisis FODA

Este análisis se realizó de las dos tecnologías independientemente, ya que a partir de este análisis se indica las Fortalezas y Oportunidades que las tecnologías presentan en el mercado, además las Debilidades que poseen ya que sirven para la toma de decisiones al momento de implementar la tecnología, y las Amenazas que les afectan.

4.2.1 FODA Lifi (802.15.7)

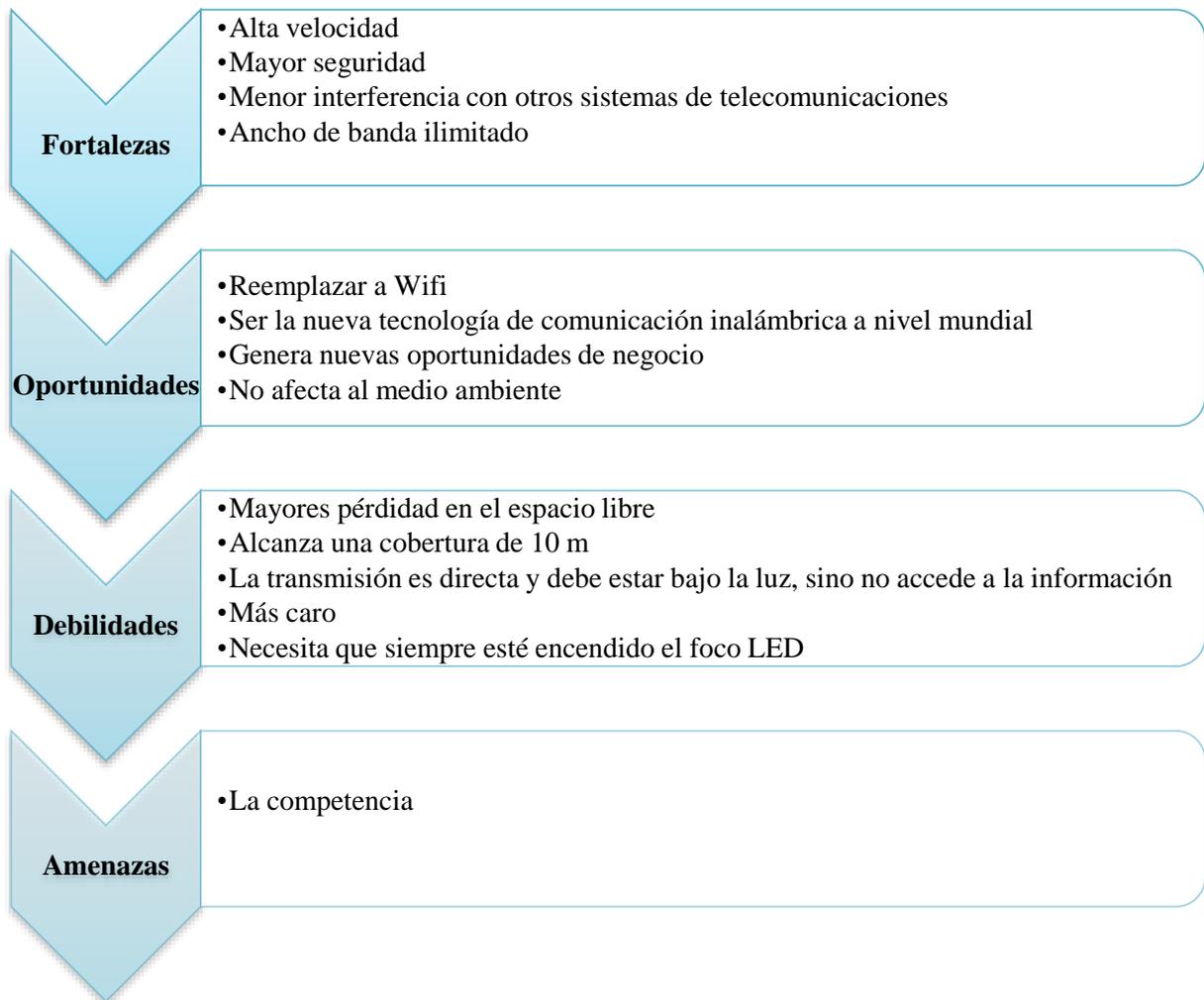


Figura 43: Análisis FODA Lifi (802.15.7)

Realizado por: Mariel Núñez

1.1 Parámetros de transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación.

1.1.1 Descripción de Resultados

Tanto la tecnología Lifi (802.15.7) como Wifi (802.11n) ofrecen ventajas y desventajas al tomar en cuenta los parámetros como transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación. Tomando en consideración a Lifi proporciona una buena transmisión de datos ya que presenta una velocidad de 1 Gbps, en cambio Wifi solo transmite a 300 Mbps, al tomar en cuenta la propagación, Wifi lleva una ventaja en relación a Lifi ya que ofrece una

cobertura de 100m, y al permitir una potencia de 100mW no afecta a la salud de las personas.

En la atenuación lleva una ventaja Lifi en relación con Wifi, ya que Lifi al permitir una transmisión directa no hay obstáculos que permitan que la señal llegue atenuada en cambio Wifi si tiene un cierto grado de atenuación ya que si traspasa obstáculos. En la dispersión Wifi es superior que Lifi ya que al presentar mayor longitud de onda se desvían menos las ondas de información. En la modulación ambos tienen la misma importancia ya que ofrecen mayor velocidad y también utilizan la misma codificación para corrección de errores. Como conclusión de este análisis se comprueba que Wifi me permite transmitir eficientemente información y además presenta mejores prestaciones mencionadas anteriormente.

Puntuación Parcial

A continuación, se expone una tabla en la que se encuentra la calificación obtenida en Lifi y Wifi en cada uno de los índices.

Indicador	Índices	Tecnología	
		Lifi (802.15.7)	Wifi (802.11n)
Transmisión	Confiabilidad	4	2
	Velocidad	3	2
	Ancho de banda	3	2
Propagación	Alcance	1	3
	Velocidad de propagación	2	2
	Potencia de transmisión	3	2
Atenuación	Distancia	1	3
	Grado de atenuación por obstáculos	3	2
Dispersión	Índice de refracción	2	2
	Longitud de onda	1	3

Modulación	Data rate	4	2
	FEC	1	2
TOTAL		28	27

Tabla 37: Resultados Parciales

Realizado por: Mariel Núñez

Puntuación Total

En la **Tabla 39** se muestra los valores máximos y el puntaje correspondiente a cada indicador.

Indicador	Valor máximo	Lifi (802.15.7)		Wifi(802.11n)	
		Calificación	Porcentaje	Calificación	Porcentaje
Transmisión	10	10	100%	6	60%
Propagación	9	6	75%	7	87,5%
Atenuación	6	4	66,7%	5	83,3%
Dispersión	5	3	60%	5	100%
Modulación	6	5	100%	4	80%
TOTAL	35	28	80%	27	77,10%

Tabla 38: Puntuación total

Realizado por: Mariel Núñez

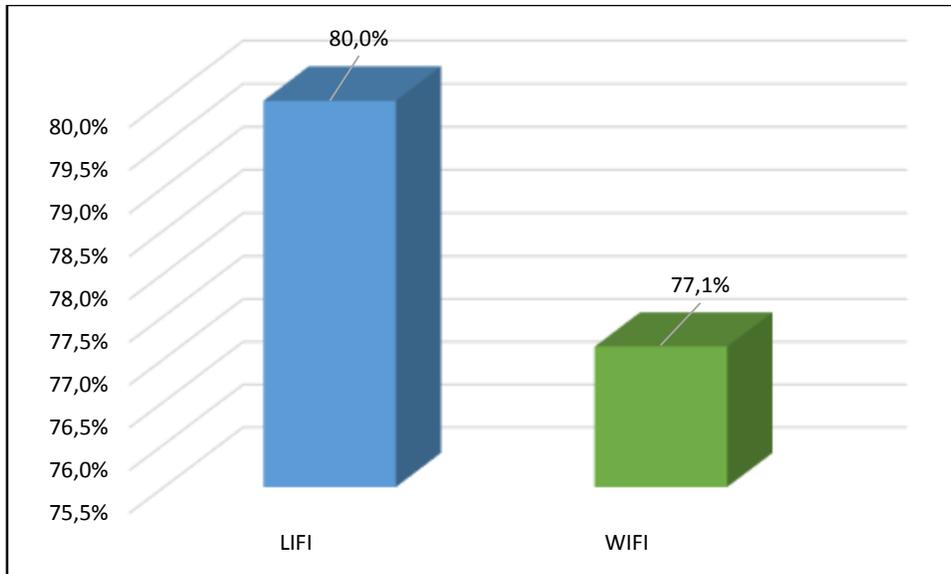


Figura 44: Comparación de resultados totales

Realizado por: Mariel Núñez

Interpretación

Después de realizar un análisis de las tecnologías WiFi y LiFi se puede decir que Lifi lleva ventaja en relación a Wifi de acuerdo a los parámetros estudiados. Se concluye que Wifi presenta mayor dispersión, mayor propagación y mayor atenuación, siendo este el parámetro que pone en desventaja a Lifi, además hay que recalcar que Lifi presenta sus ventajas en transmisión y modulación.

Y de acuerdo al puntaje obtenido para cada uno de los índices se ha obtenido como resultado que la mejor tecnología para la transmisión de datos es Lifi con el 80%, con respecto a WiFi con el 77,10% teniendo así una desventaja del 2,9%.

1.1.2 FODA Wifi (802.11n)

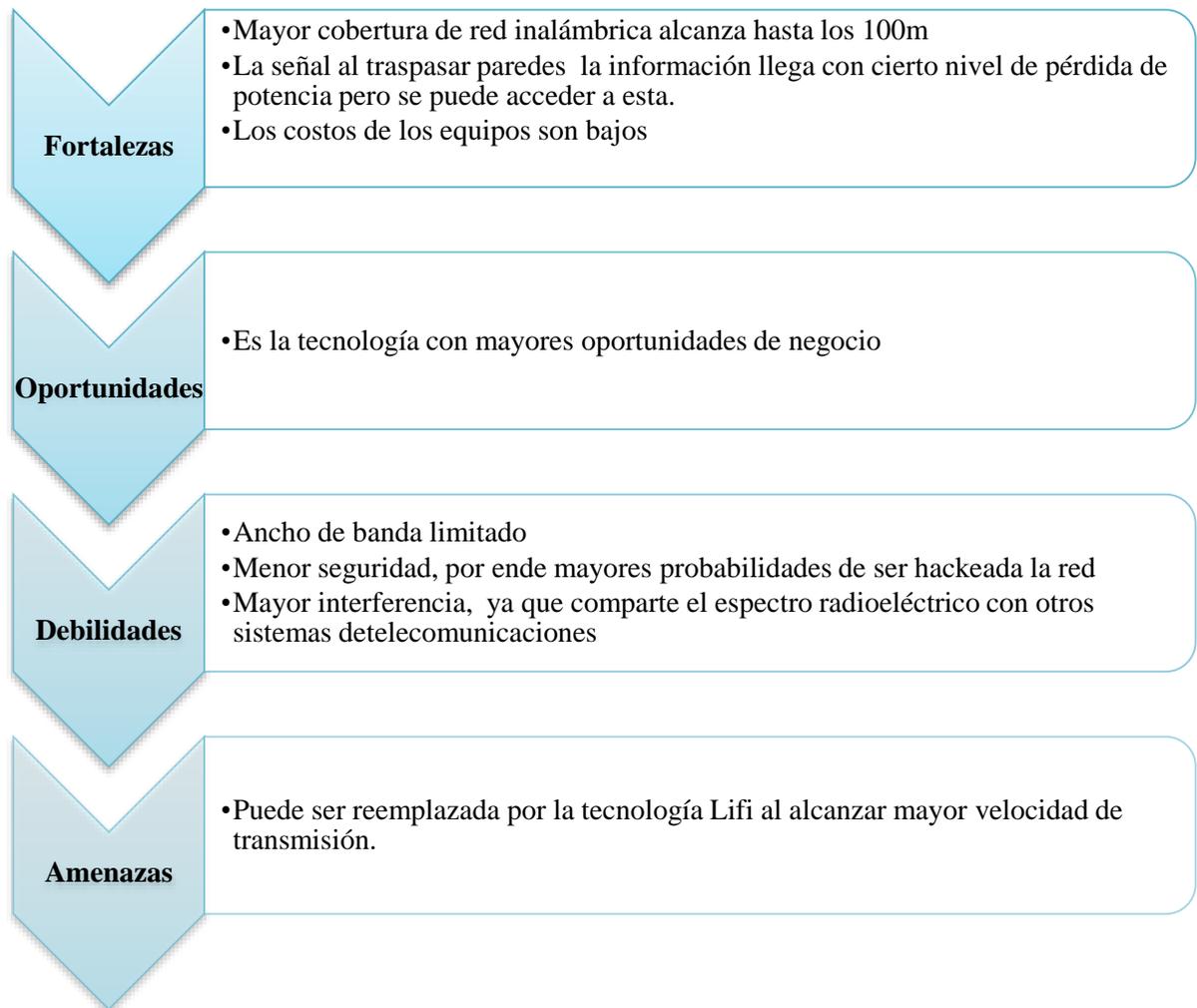


Figura 45: Análisis FODA Wifi (802.11n)

Realizado por: Mariel Núñez

1.1.3 Variantes Lifi y Wifi

Se realiza la comparación entre aspectos teóricos con la finalidad de determinar en qué punto uno es superior a otro.

Variantes	Lifi (802.15)	Wifi (802.11)
	802.15.7	802.11a(54Mbps)
		802.11b (11Mbps)
		802.11g (54Mbps)
		802.11n (300 Mbps)

Tabla 39: Variantes Lifi y Wifi

Realizado por: Mariel Núñez

Se puede observar en la **Tabla 37** que Wifi presenta cuatro estándares certificados por la IEEE, en cambio Lifi no presenta variantes siendo este un aspecto importante ya que cada variante es la mejora de otra, Lifi presenta esta desventaja ya que está recién llegando al mercado mundial como nueva tecnología y aún no existen variantes definidas. Por lo tanto en este aspecto Wifi le llevaría ventaja a Lifi siendo superior por sus variantes.

1.2 Comprobación de la hipótesis

La selección adecuada entre la tecnología con el estándar 802.11n y el estándar 802.15.7 permitirán una mejor comunicación inalámbrica entre equipos de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.2.1 Determinación de las variables

De acuerdo a la hipótesis se determinaron la variable dependiente e independiente:

- **Independiente**

La selección adecuada entre la tecnología con el estándar 802.11 y el estándar 802.15.7

- **Dependiente**

La mejor comunicación inalámbrica

1.2.2 Operacionalización de variables

HIPÓTESIS	VARIABLE	CONCEPTO
	INDEPENDIENTE	
La selección adecuada entre la tecnología con el estándar 802.11 y el estándar 802.15.7 permitirán una mejor comunicación inalámbrica entre equipos de la Universidad Estatal de Bolívar.	La selección adecuada entre la tecnología con el estándar 802.11n y el estándar 802.15.7	Es la tecnología utilizada para la transmisión de datos de manera bidireccional, la tecnología con el estándar 802.11n utiliza el espectro radioeléctrico mientras que el estándar 802.15.7 utiliza la luz para la transmisión de datos.
	DEPENDIENTE	
	La mejor comunicación inalámbrica	Proceso que asegura el flujo de información y que permite al usuario obtener beneficios en su comunicación.

Tabla 40: Operacionalización de las variables

Realizado por: Mariel Núñez

1.2.3 Valorización de las variables

INDICADORES	VALORACIÓN	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Lifi (802.15.7)	Wifi(802.11n)

Propagación (Sobre 25 puntos)	4%	12%
	8 %	8%
	12%	8%
Atenuación (Sobre 25 puntos)	4%	12%
	12%	8%
Dispersión (Sobre 25 puntos)	8%	8%
	4%	12%
Modulación (Sobre 25 puntos)	16%	8%
	4%	8%
Total	72%	84%
INDICADORES	VALORACIÓN	
VARIABLE DEPENDIENTE	Lifi (802.15.7)	Wifi(802.11n)
Transmisión (Sobre 10 puntos)	40%	20%
	30%	20%
	30%	20%
Total	70%	60%

Tabla 41: Recopilación de Resultados

Realizado por: Mariel Núñez

1.2.4 Comprobación de la Hipótesis

En base a la hipótesis planteada recurrimos a la técnica de porcentajes y proporciones ya que nos permite realizar comparaciones, y partiendo de los resultados obtenidos en esta investigación mostramos los resultados que permitan la comprobación de la hipótesis basándonos en la siguiente escala valorativa sobre 100 %.

Excelente	Suficiente	Parcial	Insuficiente
100% - 90%	90% - 80%	80% - 50%	Menor a 50%

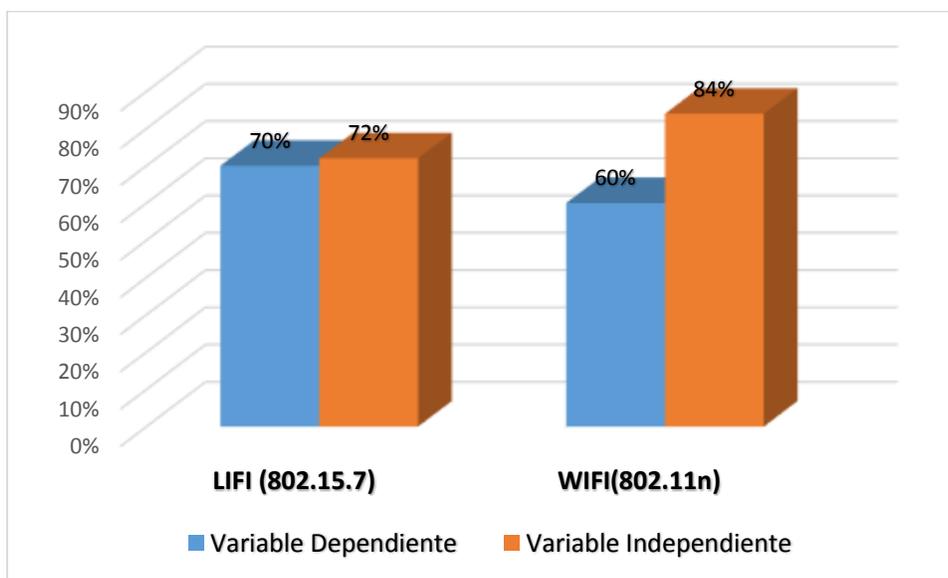


Figura 46: Comprobación de hipótesis

Realizado por: Mariel Núñez

El análisis de la Variable dependiente nos muestra que la selección de la tecnología 802.15.7 como Tecnología para una mejor comunicación inalámbrica con respecto a la tecnología 802.11n en Transmisión supera con 10%.

Se aprueba la hipótesis, que la selección adecuada de una tecnología para una mejor comunicación inalámbrica en la Universidad Estatal de Bolívar, dando como resultado que la

implementación de LiFi es mejor que WiFi en un 12% respecto a los resultados de los indicadores.

1.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

1.3.1 Tecnología LiFi

Routers LIFI

Características	Comparación tecnológica	
	LIFINET Enrutador TCP-IP	LIFINET Datos
		
Voltaje	Hasta 100V	Hasta 100 V
Voltaje de Entrada	12 -95 VDC	12 -95 VDC
Voltaje de Salida	12-95 VDC	12-95 VDC
Salida de Corriente	3A MAX	3A MAX
Potencia	150 W	150 W
Velocidad	1Mbps	Bidireccional con el receptor de infrarrojos
Altura	32mm	32mm

Ancho	90mm	90mm
Profundidad	81mm	81mm
Certificado	CE/ GS/ CB/RoHS/ TUV/ SAA	CE/ GS/ CB/RoHS/ TUV/ SAA
Precio	\$199,00 sin impuestos	\$166,00 sin impuestos

Tabla 42: Comparación de Routers LIFI

Realizado por: Mariel Núñez

Focos Modulares LIFI

Características	Comparación tecnológica			
	MED953	MED954	MED955	MED956
				
Referencia	MED953-WW-LIFI	MED954-WW-LIFI	MED955-WW-LIFI	MED956-WW-LIFI
Potencia	2*12W	3*12W	5W	2*5W
Material	Aluminio puro	Acero y Aluminio puro+	Acero y Aluminio puro+	Acero y Aluminio puro+
Dimensiones	270*153*68mm	387*153*68mm	110*110*70mm	184*110*72mm
Corriente constante	300mA	300mA	500Ma	1000mA
Flujo luminoso	2400Im	3600Im	430Im	430Im
Giro	30grados	30grados	30grados	30grados
Empotrada de corte	250*135mm	365*135mm	90*90mm	165*90mm
Precio	\$82,40 sin impuestos	\$111,80 sin impuestos	\$35,00 sin impuestos	\$49,60 sin impuestos

Tabla 43: Comparación de Focos Modulares LIFI (1-2)

Realizado por: Mariel Nuñez

Características	Comparación tecnológica		
	MED957	MED941	MED942
			
Referencia	MED957-WW-LIFI	MED941-WW-LIFI	MED942-WW-LIFI
Potencia	3*5W	2*3W	3*3W
Material	Acero y Aluminio puro+	Acero y Aluminio puro+	Acero y Aluminio puro+
Dimensiones	258*110*72mm	184*110*72mm	258*110*72mm
Corriente constante	500mA	300mA	300mA
Flujo luminoso	1500Im	600Im	900Im
Giro	30 grados	30 grados	30 grados
Empotrada de corte	240*90mm	165*90mm	240*90mm
Precio	\$63,20 sin impuestos	\$39,00 sin impuestos	\$51,60 sin impuestos

Tabla 44: Comparación de Focos Modulares LIFI (2-2)

Realizado por: Mariel Núñez

Tubos Led T8 LIFI

Características	Comparación tecnológica	
	TB22	TB32
		
Referencia	TB22-LIFI	TB32-LIFI
Potencia	22W	32W
CCT	4000K	4000K
Dimensiones	1500mm	1500mm
Voltaje de entrada	100-240V 50/60Hz	100-240V 50/60Hz
Flujo luminoso	2150lm	3000lm
Angulo de haz	130 grados	130 grados
Precio	\$38,30 sin impuestos	\$40,00 sin impuestos

Tabla 45: Comparación de Tubos Led T8 LIFI

Realizado por: Mariel Núñez

Panel de Luces LIFI

Características	Comparación tecnológica			
	MRM001-CL	MRM001-XU	MRM001-TM	MRM002-CL
				
Referencia	MRM001-CL-WW-LIFI	MRM001-XU-WW-LIFI	MRM001-TM-WW-LIFI	MRM002-CL-WW-LIFI
Potencia	48W	48W	48W	24W
Tamaño	596*596*30mm	596*596*30mm	596*596*30mm	596*300*30mm
Material	Aluminio puro	Aluminio puro	Aluminio puro	Aluminio puro
Tipo de lámpara	SMD2835	SMD2835	SMD2835	SMD2835
Corriente	600mA	600mA	600mA	300mA
Flujo luminoso	4800Im	4800Im	4800Im	2400Im
Precio	\$93,40 sin impuestos	\$93,40 sin impuestos	\$93,40 sin impuestos	\$53,80 sin impuestos

Tabla 46: Comparación de Panel de Luces LED LIFI

Realizado por: Mariel Núñez

Foco Empotrado LIFI

Características	Comparación tecnológica				
	PNM-EU-12006	PNM-EU-18012	PNM-EU-12015	PNM-EU-22535	MED801
					
Referencia	PNM-EU-12006-WW-LIFI	PNM-EU-18012-CW-LIFI	PNM-EU-12015-WW-LIFI	PNM-EU-22535-WW-LIFI	MED801-WW-LIFI
Voltaje de entrada	CA 85-265V	CA 85-265V	CA 85-265V	CA 85-265V	
Potencia	6W	12W	15W	35W	3*3W
Tamaño	D120*H22mm	D180*H22mm	D120*H82mm	D225*H105mm	D98*H66mm
Flujo luminoso	380lm +/- 10%	900lm			360lm
Angulo de haz				45grados	30grados
CCT	2700-3000K		3000-6500K		
Tipo de lámpara	SED2835	SMD2835	COB	COB	CREE XPE
Tamaño de corte	D110mm		D105mm	D210mm	90mm
Precio	\$25,50 sin impuestos	\$20,40 sin impuestos	\$29,40 sin impuestos	\$53,60 sin impuestos	\$47,00 sin impuestos

Tabla 47: Comparación de Foco Empotrado LIFI (1-2)

Realizado por: Mariel Núñez

Características	Comparación tecnológica									
	MED301	MED863D	MED858D	DTM001	DTM002					
										
Referencia	MED301-WW-LIFI	MED863D-WW-LIFI	MED858D-WW-LIFI	DTM001-WW-LIFI	DTM002-WW-LIFI					
Potencia	3*1W	20W	3W	12W	20W					
Tamaño	D80*H28mm	D160*H52mm	D85*H52mm	D120*H126mm	D140*H147mm					
Material	Aluminio puro	Aluminio puro	Aluminio puro	Aluminio puro	Aluminio puro					
Tipo de lámpara	Edison	SMD20W	SMD3W							
Corriente constante	300mA	300mA	300mA	300mA	500mA					
Flujo luminoso	300lm	2000lm	300lm	796lm	1560lm					
Angulo de haz	30 grados			24grados	24 grados					
Empotrada de corte	70mm	154mm	75mm	100mm	120mm					
Precio	\$35,00 impuestos	sin	\$42,80 impuestos	sin	\$19,20 impuestos	sin	\$62,20 impuestos	sin	\$91,40 impuestos	sin

Tabla 48: Comparación de Foco Empotrado LIFI (2-2)

Realizado por: Mariel Núñez

GeoLIFI XS

GeoLIFI XS		
Grafico	Contiene	Características
 	3 lámparas LED GEOLiFi	<p>Ángulo 30 °</p> <p>LiFi Rango de señal en FoV directo: 370 ± 20 cm</p> <p>Clips para un posicionamiento preciso</p> <p>Sin calor</p>
	Especificaciones técnicas:	<p>Tipo de LED: Alta potencia</p> <p>Consumo LED: 0.9 vatios</p> <p>Electricidad Consumo de energía LED + driver: 3.5 vatios</p> <p>Temperatura de color: blanco cálido</p> <p>Tensión: 220 ~ 250V</p> <p>Corriente: 0.036A</p>

	1 GEOLiFi TABLET	<p>Chipset Quad-Core MTK8389</p> <p>Tamaño de la pantalla 7,85 pulgadas 1024x768 IPS</p> <p>Processor Cortex A9, 1.2 GHz Memoria 1GB + 8GB</p> <p>Cámara Frontal 0.3MP / trasero 2MP</p> <p>Video1080P</p> <p>Batería 4500MAh / 3.7V</p> <p>Otras características WiFi / GPS / Build-in 3G / Bluetooth / G-Sensor</p> <p>SO Android 4.2.2</p> <p>Color: Negro o blanco</p> <p>Soporte de vídeo / audio 3GP / MP3, etc</p> <p>Soporte de fotos JPEG, PNG, BMP, GIF</p> <p>Accesorios</p> <p>Auricular de 1 * 3.5mm</p>
	1 GEOLiFi DONGLE	Para usar con su propio smartphone o tableta)
	1 librería SDK GEOLiFi	Para desarrollar su propia aplicación
	1 aplicación sobre localización para las 3 lámparas GEOLiFi LED	
Precio	\$444,43 Sin impuestos	

Tabla 49: Comparación de GeoLIFI XS

Realizado por: Mariel Núñez

GeoLIFI SPOT

Kit GeoLIFI SPOT		
Grafico	Contiene	Características
	2 focos LED GEOLiFi	<p>Color de la montura: blanco</p> <p>alcance de la señal Lifi: hasta 10 metros</p> <p>No hay calor</p> <p>enchufe europeo</p> <p>Manual de instalación suministrado</p>
	Especificaciones técnicas	<p>Temperatura de color: 3000 ° K</p> <p>Ángulo de haz: 45 °</p> <p>potencia total de entrada: 7 W (+/- 0,5 W)</p> <p>tensión y frecuencia de entrada: AC 100-230V 50 / 60Hz</p> <p>Corriente de salida: 350mA</p> <p>IP20</p> <p>Temperatura de funcionamiento: -25 ° C a + 45 ° C</p> <p>Dimensiones: 78 mm de diámetro x 46.2mm H</p> <p>Cut-out: 70mm</p>
	1 GEOLiFi TABLET	<p>Conjunto de chips de cuatro núcleos MTK8389</p> <p>Tamaño de pantalla 7.85 pulgadas 1024x768 IPS</p> <p>procesador Cortex A9 de 1,2 GHz Memory1GB + 8 GB</p>

		<p>Cámara 0.3MP / 2MP volver</p> <p>Video1080P</p> <p>batería 4500mAh / 3.7V</p> <p>WiFi / GPS / Construir-en 3G // G-Sensor Bluetooth</p> <p>OS Android 4.2.2</p> <p>color: negro o blanco</p> <p>video / Audio Ayuda 3GP / MP3, etc</p> <p>Cuadro JPEG, PNG, BMP, GIF</p> <p>Accesorios</p> <p>1 auricular 3.5mm</p> <p>1 cable USB</p> <p>1 cargador USB</p> <p>1 cargador con adaptador de enchufe europeo con</p> <p>1 manual</p>
	1 GEOLiFi Dongle	Para usar con su propio teléfono inteligente o tableta
	1 GEOLiFi SDK Biblioteca	Para desarrollar su propia aplicación
	1 aplicación sobre localización para las 2 lámparas GEOLiFi	
Precio	\$444,43 Sin impuestos	

Tabla 50: Comparación de GeoLIFI SPOT

Realizado por: Mariel Núñez

GeoLIFI CW12 REDONDO

Kit GeoLIFI CW12 REDONDO		
Grafico	Contiene	Características
	<p>2 GEOLiFi LED Alrededor Encastrables</p>	<p>Color de la montura: blanco El material de accesorio de la lámpara: Aluminio Para la iluminación de interiores Alcance de la señal LiFi: Hasta 8 metros Enchufe europeo Manual de instalación suministrado</p>
	<p>Especificaciones Técnicas</p>	<p>Temperatura de color: blanco frio 5500-6500 °K Angulo de haz: 120° Potencia total de entrada: 13W (+/- 0,5W) Tensión y frecuencia de entrada: CA85, 50/60Hz Corriente de salida:300mA Temperatura de funcionamiento: 0-55°C Temperatura de trabajo: <95°C Dimensiones: 180mm, Cut-out 160mm</p>
	<p>1 GEOLiFi TABLET</p>	<p>Conjunto de chips de cuatro núcleos MTK8389 Tamaño de pantalla 7,85pulgadas 1024*768IPS Procesador cortex A9 de 1,2GHz Memory 1GB + 8GB Cámara 0,3MP / 2MP volver</p>

		<p>Video 1080P</p> <p>Batería 4500mAh /3,7V</p> <p>Wifi GPS Construir en 3G /G sensor Bluetooth</p> <p>OS Android 4.2.2</p> <p>Color: negro y blanco</p> <p>Video audio, ayuda 3GP /MP3, etc.</p> <p>imágenes JPEG, PNG, BMP, GIF</p> <p>Accesorios:</p> <p>1 auricular 3.5mm</p> <p>1 cable USB</p> <p>1 cargador USB</p> <p>1 cargador con adaptador de enchufe europeo con</p> <p>1 manual</p>
	1 GEOLiFi Dongle	Para usar con su propio teléfono inteligente o tableta
	1 GEOLiFi SDK Biblioteca	Para desarrollar su propia aplicación
	1 aplicación sobre localización para las 2 lámparas GEOLiFi LED	
Precio	\$555,84 Sin impuestos	

Tabla 51: Comparación de GeoLIFI CW12 REDONDO

Realizado por: Mariel Núñez

GEOLiFi CW10 CUADRADO

Kit GEOLiFi CW10 CUADRADO		
Grafico	Contiene	Características
 <p>The image shows the components of the GEOLiFi CW10 kit. At the top left is a tablet displaying the GEOLiFi interface. Next to it is a black LiFi transmitter with a small antenna. To the right is a smartphone. Below these are two square, white LED light fixtures with a diamond-shaped cutout in the center. The GEOLiFi logo is prominently displayed in the center of the image.</p>	<p>2 LÁMPARAS LED CUADRADAS GEOLiFi DE MONTAJE EN PLAFÓN</p>	<p>Color de la montura: Blanco. Material del accesorio de fijación: Aluminio. Grado de protección: IP44, para interiores solamente. Rango de la señal LiFi: por encima de 7m. Sin calor. Enchufe Europeo</p>
	<p>Especificaciones técnicas:</p>	<p>Temperatura del color: Blanco frio 6000~6500°K. Angulo: 120°. Potencia total de entrada: 10W (+/-0.5W). Voltaje y frecuencia de entrada: AC 85~-265V 50/60Hz. Corriente de salida: 300mA. Temperatura de operación: 0~55°C. Temperatura de trabajo: < 95°C. Dimensiones: 150x150xH12, Cut-out: 125x 125mm.</p>
	<p>1 Tablet GEOLiFi.</p>	<p>Chipset Quad-Core MTK8389. Tamaño de la pantalla: 7.85" 1024×768 IPS. Procesador Cortex A9 de 1.2 GHz</p>

		<p>Memoria 1GB+8GB. Cámara frontal 0.3MP/Trasera 2MP. Video 1080P. Batería 4500MAh / 3.7V. WiFi/GPS/3G/Bluetooth/Sensor-G. Android S.O. 4.2.2. Color: Negro o Blanco. Soporte Video/Audio 3GP/MP3, etc. Formatos de fotos JPEG, PNG, BMP, GIF.</p> <p>Accesorios:</p> <p>1 audífono 3.5mm. 1 cable USB. 1 cargador USB. 1 adaptador de carga con plug europeo. 1 Manual.</p>
	1 DONGLE GEOLiFi	Para utilizar con su smartphone o Tablet
	1 librería SDK GEOLiFi	Para desarrollar tu propia aplicación
	1 aplicación sobre localización para las 2 lámparas led cuadradas GEOLiFi de montaje en plafón.	
Precio	\$529,09 sin impuestos	

Tabla 52: Comparación de GEOLiFi CW10 CUADRADO

Realizado por: Mariel Núñez

Drivers LIFI

Características	Comparación marcas			
	LBS	LBS de Alta Tensión	LBS para Ampolletas	LBS para Tubos T8
				
Potencia	150 W Max.	120W Max.	0-5W Max.	100 W Max.
Voltaje entrada	12-95V	24-220V	5-15V	12-95V
Corriente	0-5 A	0-2 A	0-1 A	0-1 A
compatibilidad	Todo tipo de transformadores de corriente continua externa	Todo tipo de transformadores de corriente continua externa	Todo tipo de ampolletas LED E27, E14, Gu10 entre otras.	Todo tipo de tubos T8.
Dimensiones		60-150cm	93-250mm	
Precio	\$199,00 sin impuestos	\$166,00 sin impuestos	\$210,47 sin impuestos	\$158,00 sin impuestos

Tabla 53: Comparación de Drivers LIFI

Realizado por: Mariel Núñez

Receptores LIFI

Características	Comparación de marcas	
	Llave LIFI para GEOLIFI	USB portátil ONEWAYLIFI
		
Tipo	Para uso y conexión a través de conector Jack de audífono	Conexión USB
Capacidad	<100Kbps	>100Kbps
Dimensiones		3*5*0,6 cm
Precio	\$ 30,00 sin impuestos	\$45,50 sin impuestos

Tabla 54: Comparación de Receptores LIFI

Realizado por: Mariel Núñez

1.3.2 Tecnología WIFI

Routers WiFi

Características	Comparación tecnológica		
	Cisco RV320 Dual Gigabit	G WRT54G-WRT54G-EU	TP-LINK TL-WR841ND
			
Estándar	802.11n, 802.11g, 802.3, 802.3u	802.11n, 802.11g, 802.11b	802.11n, 802.11g, 802.11b
Bandas	2.4 GHz a 2.4835 GHz	2,4 GHz	2,4 a 2,4835Ghz
Ganancia	5dBi	5 dBi	5 dBi
Puertos x Velocidad	4 x10/100Gbps	4 x10/100Mbps	4 x10/100Mbps
Velocidad	300Mbps	54Mbps	300Mbps
Calidad de servicio	QOS	WMM	WMM
Compatibilidad	Windows, Linux, MAC	Windows, Linux, MAC	Windows, Linux, MAC
Encriptación	DoS, Firewall	WPA/ WPA2	WPA/ WPA2
Precio	\$399,99	\$ 149,99	\$42,00

Tabla 55: Comparación Routers WiFi (1-2)

Realizado por: Mariel Núñez

Switch

Características	Comparación tecnológica			
	TP-Link (TL-SF1008D)	Opcom Qp-440pe	Cisco Sg110d-05	D-Link Des-1005 A
				
Puertos	8 puertos 10/100 (Cat.5 RJ-45)	8 puertos RJ-45 Gigabit 10/100/1000Mbps	5 puertos RJ-45Gb 10/100/1000Mbps	8 puertos RJ-45Gb 10/100/1000Mbps
Estándar	802.3, 802.3u, 802.3x	802.3af	802.3, 802.3u/ab/x, 802.1p	802.3, 802.3u/x
Tamaño de operación	2 Mbits	1.4 Mbits	5.4 Mbits	1 Mbits
Velocidad de transferencia	10/100Mbps en Semi-Dúplex; 20/200Mbps en Full-Dúplex total	10/100Mbps en Semi-Dúplex; 20/200Mbps en Dúplex total	10/100Mbps en Semi-Dúplex; 20/200Mbps en Dúplex total	10/100Mbps en Semi-Dúplex; 20/200Mbps en Dúplex total
Consumo de energía	2.2W (220V/50Hz)	2.2W (220V/50Hz)	2.2W (220V/50Hz)	2.2W (220V/50Hz)
Precio	\$21,00	\$76,00	\$89,99	\$39,99

Tabla 56: comparación de Switch

Realizado por: Mariel Núñez

Access Point

Características	Comparación tecnológica			
	Mikrotik Omnitik	Ubiquiti Loco M5 AP 5GHz	Cisco Aironet 1130ag	Cisco AP541N
				
Puertos	5x10/100(Cat.5 RJ-45)	1x10/100 base-Tx (Cat.5 RJ-45)	1x10/100	2x10/100
Estándar	802.11 a/n	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/n/b	802.11 a/b/g/n
Banda de operación	5.17 GHz - 5.825GHz	2.4GHz - 5GHz	2.4GHz - 5GHz	2.4GHz - 5GHz
Temperatura que soporta	-30°C a 70°C	-10°C a 70°C	-40°C hasta 85°C	-20°C hasta 70°C
Ganancia de la antena	16dBi	6dBi	13dBi	2dBi
Sensibilidad de recepción	-96dbm	-95dbm	-95dbm	-95dbm
Sensibilidad de transmisión	26dbm	22dbm	23dbm	16dbm

Polarización	Horizontal/vertical	Horizontal/vertical	Horizontal/vertical	Horizontal/vertical
Precio	\$259,99	\$219,99	\$399,19	\$144,99

Tabla 57: comparación de Access Point

Realizado por: Mariel Núñez

1.4 INVERSIÓN DEL PROYECTO

DETALLE DE GASTOS PERSONALES				
Gastos Investigación y Desarrollo	Personas	Consumo	P. Unitario	P. Total
Transporte	1	40 días	0,35	\$56
Alimentación	1	30 días	1,50	\$45
Copias	1	200 hojas	0,02	\$4
Internet	1	40 días	1,50	\$60
Impresiones	1	405 hojas	0,10	\$40,50
Imprevistos	1			\$30
			Total	\$235,50

Tabla 58: Detalle de gastos personales

Realizado por: Mariel Núñez

2. DISCUSIÓN

En el desarrollo del proyecto de investigación se cumplieron con todos los objetivos que fueron planteados al inicio, por cuanto se llegó a las siguientes conclusiones:

- En el análisis de la tecnología 802.15.7 se determinó que la transmisión se da a través de la luz, utilizando un modulado Lifi junto al diodo LED además se requiere drivers de compatibilidad entre el foco LED, mientras que la tecnología 802.11n es una tecnología existente a nivel mundial, para tener este tipo de red se necesita de un Access point y un dispositivo receptor, cabe recalcar que estos dispositivos incluyen una antena interna para recibir información de este tipo de red.
- Al realizar el estudio de los parámetros se obtuvo que en el parámetro de transmisión Lifi le lleva ventaja a Wifi con el 40%, en cambio en la propagación Wifi es más eficiente que Lifi con una diferencia del 12,50%, esto hace que gane en eficiencia en relación a Lifi. En atenuación Wifi tiene la ventaja con el 16,67% ya que al tener una transmisión directa no tiene presencia de obstáculos, en la dispersión Wifi es superior a Lifi con el 40% ya que aquí se desvía menos la información, en la modulación la tecnología LIFI lleva una ventaja del 20% con respecto a WIFI. En las variantes de igual manera Wifi es superior a Lifi, ya que cada variante es una mejora de tecnología, en cambio Lifi como está en desarrollo aún no existen variantes hasta la fecha.
- En relación al costo que implica cada tecnología para ser implementada, Wifi resulta más económico implementar debido a sus bajos costos, aunque brinde una velocidad de 300 Mbps, Lifi puede ser implementada al pasar los años ya que cuando la tecnología esté a nivel mundial, sus costos bajarán debido a la existencia de la competencia de estos productos.
- Mediante el análisis comparativo de los parámetros de transmisión, propagación, atenuación, dispersión y modulación permite conocer la tecnología inalámbrica que transmitirá eficientemente la información y presenta mejores prestaciones, según el análisis realizado Lifi es superior con el 2,9 % en relación a Wifi, siendo esta tecnología inalámbrica la más eficiente.
- Para la implementación de la tecnología inalámbrica LiFi se debe realizar un cambio general de toda la infraestructura en la Facultad, ya que la infraestructura no tiene soporte para poder utilizar la tecnología LiFi, y realizar un cambio de esa magnitud

representa un costo muy alto para la Institución.

RECOMENDACIONES

- Para realizar la implementación de alguna tecnología inalámbrica primero se debe realizar un análisis para determinar si es factible implementar y así evitar desperdiciar recursos.
- Al momento de implementar una tecnología inalámbrica se debe tomar en consideración los costos que genera la tecnología ya que son parte de la toma de decisiones ya que todas las personas siempre buscan costos bajos.
- Es recomendable implementar la tecnología Wifi ya que representa costos económicos que están al alcance de todas las personas, además que aún en nuestro país no se comercializan equipos que soporten la tecnología LiFi e importarlos sería muy costoso.

3. REFERENCIAS, BIBLIOGRAFÍA

Andrade Ruíz, T. (05 de 03 de 2009). *Repositorio Dspace* . Obtenido de Repositorio Dspace : <http://hdl.handle.net/123456789/2665>

Aravena, E. (2013). *Un Análisis a LiFi y Otras Tecnologías*.

Arcotel. (2012). *Arcotel*. Obtenido de <http://www.arcotel.gob.ec/>

Areitio Bertolín, J. (01 de Abril de 2013). *Conectronica*. Obtenido de Conectronica: <http://www.conectronica.com/tecnologia/seguridad/identificacion-y-analisis-de-la-tecnologia-vlcli-fi-desde-la-perspectiva-de-su-ciberseguridad-ciberprivacidad>

Belmonte, A. (2016). *Seguridad de redes de telecomunicaciones en el PREP del IEEM*. Toluca, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Bhut, J. H. (17-18 de Enero de 2014). <http://www.gimt.edu.in>. Obtenido de <http://www.gimt.edu.in>: http://gimt.edu.in/clientFiles/FILE_REPO/2012/NOV/23/1353645362045/69.pdf

Butler, J., Pietrosemoli, E., Zennaro, M., Fonda, C., Okay, S., Aichele, C., . . . Togo, E. (10 de 2013). *Repositorio Institucional de la Universidad de Los Andes*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Los Andes: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/42777>

Chávez, C. (14 de octubre de 2009). *Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7834/memoria.pdf>

Contreras, L. (2 de Diciembre de 2010). *Blog de la Historia Informatica*. Obtenido de <http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/>

Departamento de Electrónica Digital. (09 de 2004 - 2017). Obtenido de Departamento de Electrónica Digital: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

EcuRed Conocimiento con todos y para todos. (10 de Noviembre de 2011). Obtenido de EcuRed Conocimiento con todos y para todos: http://www.ecured.cu/Modulaci%C3%B3n_QAM

Electrónica, J. C. (14 de Diciembre de 2010). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: http://www.ecured.cu/Modulaci%C3%B3n_QAM

Escudero Pascual, P. (23 de Octubre de 2017). *Intrainonline.Org*. Obtenido de Intrainonline.Org: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02.pdf

Escudero, A. (2011). *Estándares en Tecnologías Inalámbricas*. Cataluña: Universidad de Cataluña.

Fajardo Calle, C. E., & Bermeo Sarmiento, S. H. (2013). *Tecnología Li - Fi*. *Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca*, 5.

Fierro, S. (24 de Noviembre de 2011). *Electronica Fácil*. Obtenido de Electronica Fácil: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/MODULACION-DIGITAL-FSK-PSK-QAM.php>

Franco, W. R., Suárez, C. V., & Aragundi, J. C. (2016). Aplicación de la Nueva Herramienta de Comunicación de Datos de Forma Inalámbrica “LIFI una Posible Alternativa del WIFI”. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.

Gralla, P. (2007). *Como Funcionan Las Redes Inalámbricas*. Anaya Multimedia.

- Gutiérrez, K. A. (2010). *Hardware Libre en las Redes Inalámbricas*. Xalapa - Enríquez: Universidad Veracruzana.
- Hass, H., & Yin, L. (2016). What is LiFi? *Revista Journal of Lightwave Technology*, 12.
- IEEE. (09 de Abril de 2012). *IEEE.org*. Obtenido de IEEE.org: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG7.html>
- INEC. (2012). *INEC*. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec
- Israel, C. V. (2013). *Análisis e Implementación de una Red Mesh basada en tecnologías licenciadas (IEEE 802.16) para la creación del backhaul en la Universidad Técnica de Cotopaxi*. Latacunga: UTC.
- Khandal, D., & Jain, S. (2014). Li-Fi (Light Fidelity): The Future Technology in Wireless Communication. *International Journal of Information & Computation Technology*.
- Ladino, M. I., & Villa, P. A. (2016). Espectro ensanchado por secuencia directa. *Scientia et Technica*, Vol1. Num 44.
- Martinez Martínez, E. (2005). MIMO la próxima generación de la tecnología Wi-Fi. *Revista RED*.
- Moresco, A. (28 de abril de 2012). *Las TIC: elemento decisivo para la mejora del progreso social*. Obtenido de <http://ticylamejorasocial.blogspot.com/2012/04/estandar-redes-locales-inalambricas.html>
- Moya J, M. H., & Huidobro J., M. (2006). *Redes y Servicios de telecomunicaciones*. Editorial Paraninfo.
- Navarrete Chávez, C. (2009). *Evaluación de la tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.

Navarrete Chávez, C. (14 de 10 de 2009). *UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC*. Obtenido de UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/7834>

Núñez , C., Peña, J., & Garzón , C. (06 de 2009). *EBSCOhost*. Obtenido de EBSCOhost: <https://www.ebscohost.com/public>

Oledcomm. (2014). *America LiFi*. Obtenido de America LiFi: <http://www.americaliifi.com/wp/que-es-lifi/donde-puedo-utilizar-lifi/>

Oliva, P. (16 de 04 de 2005). *Slack.org*. Obtenido de Slack.org: <http://pof.eslack.org/writings/80211n-mataro.pdf>

Pascual, A. E. (octubre de 2007). *Estandares en Tecnologías Inalámbricas*. Obtenido de http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02.pdf

Peñañiel Peñañiel, J. E. (2015). *Análisis de la Tecnología LI-FI: Comunicaciones por Luz Visible como punto de Acceso Internet, una Alternativa a la Transmisión de Datos en las Comunicaciones Inalámbricas*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca.

Ponce, M. A. (2006). *Estudio del estándar IEEE 802.15.4 ZIGBEE para comunicaciones inalámbricas de área personal de bajo consumo de energía y su comparación en el estándar IEEE 802.15.1 BLUETOOTH*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Prado Bermudez, G. E., & Armijos De La Vera, E. E. (2015). *Estudio, Análisis y Optimización del Tráfico de las Redes WiFi en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación*. Escuela Politecnica del Litoral.

PureLiFi. (2014). Obtenido de PureLiFi: http://purelifi.com/what_is_li-fi/

PureLiFi. (2014). Obtenido de PureLiFi: <http://purelifi.com/>

- Rodríguez, L. C., & Penagos, O. G. (2014). *Alcances del Desarrollo de la Nueva Tecnología Li'Fi para las Telecomunicaciones en Colombia*. Bogotá D.C.: Uniersidad Católica de Colombia.
- Ruíz , T. A. (05 de Marzo de 2009). *Repositorio Dspace*. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/2665>
- Ruíz, D. V., & Cervantes, J. A. (2015). Sistema de Comunicación Digital por medio de LiFi. *Jóvenes en la Ciencia*.
- Sanchez, S. A. (27 de Febrero de 2013). *Extreme Tech*. Obtenido de Extreme Tech: <http://www.extremetech.com/computing/149541-ntt-docomo-sets-10gbps-mobile-network-speed-record>
- Sarmiento, S. B., & Calle, C. F. (2016). Tecnología LI-FI. *Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca*.
- Soledispa, K. H., & Medina, A. B. (2016). *Diseno e implementacion de un prototipo de tecnologia visible Light Communication (Li-Fi) para transmitir datos de manera unidireccional*. Quito.
- Tamayo Balas, A. (2016). Estudio del estándar 802.15.7 del IEEE sobre sistemas de comunicación por luz visible. En A. Tamayo Balas, *Estudio del estándar 802.15.7 del IEEE sobre sistemas de comunicación por luz visible*. (págs. 33 - 36). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicación Electrónicas*. México: Pearson Educación.
- Vila, P. (05 de Septiembre de 2013). *Albentia Systems*. Obtenido de Albentia Systems: <https://albentia.wordpress.com/2013/09/05/modulacion-ofdm-wimax-madrid/>
- WiFi Club*. (16 de 12 de 2007). Obtenido de WiFi Club: <http://www.wificlub.org/featured/wifi-historia-evolucion-aplicaciones-desarrollos/>

4. APÉNDICES

Apéndice N°1

ENTREVISTA

Facultad de Ciencias Administrativas Gestión Empresarial e Informática



Carrera de Sistemas

Entrevista a Expertos

Sus respuestas me ayudaran al desarrollo del proyecto de investigación.

Tema de Investigación: “Análisis comparativo de la tecnología WiFi y LiFi para la selección adecuada en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática de la Universidad Estadal de Bolívar, año 2016-2017”

- 1. ¿Cómo está configurada la red inalámbrica (topología) en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática y que tipo de cable se utiliza para la distribución a los access point?**

.....
.....
.....
.....
.....

- 2. ¿Cuántos usuarios se conectan a la red inalámbrica por día, y si se los puede monitorear? ¿Cómo controla la cantidad de usuarios que pueden acceder a la red inalámbrica y porque restringe el ingreso a más usuarios?**

.....
.....
.....
.....
.....

3. ¿Cuántos equipos se utilizan para la distribución de la red Inalámbrica en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática y que modelos son? ¿Cuantos años llevan funcionando esos equipos? ¿Abastece los equipos que se utilizan para el número de usuarios?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. ¿Describa las características de los equipos que se utilizan en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática para la distribución de la red inalámbrica?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. ¿Cuál es el ancho de banda utilizado en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión empresarial e Informática y que otros beneficios adicionales aporta el proveedor de servicios de internet?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

6. ¿Qué tan eficiente es la red inalámbrica en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. ¿Conoce Ud. Acerca de la tecnología LIFI?

.....
.....
.....
.....

8. ¿Cree que mejoraría la eficiencia y la eficacia en la transmisión y recepción de datos en la Facultad de Ciencias Administrativas, Gestión Empresarial e Informática de la red inalámbrica al utilizar la tecnología LIFI?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

9. ¿Qué inconvenientes se tendría al utilizar la tecnología LIFI?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Apéndice N°2

LISTA DE COTEJO

Indicador	Índices	Tecnología	
		Lifi (802.15.7)	Wifi (802.11n)
Transmisión	Confiabilidad		
	Velocidad		
	Ancho de banda		
Propagación	Alcance		
	Velocidad de propagación		
	Potencia de transmisión		
Atenuación	Distancia		
	Grado de atenuación por obstáculos		
Dispersión	Índice de refracción		
	Longitud de onda		
Modulación	Data rate		
	FEC		