

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



ESTUDIO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EMITIDOS
POR LAS ANTENAS WI-FI EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

CESAR AUGUSTO MAMANI CUYO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ESTUDIO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EMITIDOS POR LAS ANTENAS WI-FI EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO



TESIS PRESENTADA POR:

CESAR AUGUSTO MAMANI CUYO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:

.....
Mg. TEOBALDO RAUL BASURCO CHAMBILLA

PRIMER MIEMBRO:

.....
M.Sc. GAVINO JOSÉ FLORES CHIPANA

SEGUNDO MIEMBRO:

.....
D.Sc. JORGE LUIS APAZA CRUZ

ASESOR:

.....
M.Sc. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA

TEMA : Legislación en Telecomunicaciones

AREA : Telecomunicaciones

FECHA DE SUSTENTACIÓN 8 DE MARZO DE 2019

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano y todas las personas que colaboraron con la realización de este trabajo y en especial al M.Sc. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

Primero que todo a Dios por haberme ayudado a salir adelante, a mis Madre Teresa, a mis Hermanas Martina, Sonia, Ediluz y a mis Sobrinas Shirley, Lesly, Samy, de igual forma para mi Pareja Irma y mi hija Chaska, ustedes fueron mi inspiración y motivación para superarme cada día más.

A mi amigo Juan Quispe por su apoyo incansable, a cada uno de mis profesores, y a todas las personas que creyeron en mí.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS.....	9
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I.....	14
1.1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.2.1. Justificación del Problema	15
1.2.2. Formulación del Problema	15
1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivo Específico.....	18
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.5.1. Hipótesis General.....	18
1.5.2. Variables	18
CAPÍTULO II	20
REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. Campo Eléctrico.....	20
2.1.2. Campo Magnético	20
2.1.3. Onda Electromagnética	20
2.1.4. Campo Electromagnético	21
2.1.5. Fundamentos De Radiaciones	22
2.1.6. Regiones de Campos Eléctricos	23

2.1.7. Fundamentos de Antena.....	25
2.1.8. Simbología	28
2.1.9. Servicio de Radiocomunicaciones en Wi-Fi.....	32
2.1.10. Normas Técnicas del Ministerio de Traspotes y Comunicaciones 39	
CAPÍTULO III.....	42
MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1. DISEÑO METODOLOGICO DE INVESTIGACION.....	42
3.1.1. Tipo del Problema de Investigación.....	42
3.2. POBLACION DE LA INVESTIGACION	42
3.3. MUESTRA	42
3.4. UBICACIÓN Y DESCRIPCION.....	44
3.5. RECOLECCION DE INFORMACION	45
3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACION	46
CAPÍTULO IV.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Simbología de las Antenas	28
Figura 2.2. Representación del Teorema de Reciprocidad.	29
Figura 2.3. Patrones de Radiación : a) Patrón de Elevación de un Dipolo Genérico b) Patrón de Azimuth de un Dipolo Genérico c) Patrón de Radiación 3D.....	31
Figura 2.4. Canalización de la Banda de 2.4 GHz para Sistemas Wi-Fi	33
Figura 2.5. Nomenclaturas de ondas de frecuencia según Ministerio de Transportes y Comunicaciones	38
Figura 2.6. Límites Máximo Permisible en Exposición Poblacional.....	39
Figura 2.7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes	41
Figura 3.1. los 11 Puntos Escogidos por el Autor y Respectiva Medición de Nivel de Radiación en RNI	43
Figura 4.1. El Espectro Radio Eléctrico Mostrado es el Resultado Obtenido Durante la Medición con un Analizador de Espectros en la Frecuencia 2.4GHz.	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones del Equipo	34
Tabla 2.2 Plan de Atribución de Frecuencias	37
Tabla 2.3 Plan de Atribución de Frecuencias	37
Tabla 3.1 Especificaciones de la Ubicación Realizada el día 11-11-17	44
Tabla 4.1 . Resultados Obtenidos de las 11 Mediciones en la Universidad Nacional del Altiplano- Puno en la Frecuencia 2.4GHz en Wi-Fi	47
Tabla 4.2 Resultados Obtenidos de las 11 Mediciones en la Universidad Nacional del Altiplano- Puno en la frecuencia 2.4GHz en Wi-Fi Valores Reales sin %	48
Tabla 4.3 Abreviaturas de los Puntos Tomados en Nuestra Investigación	49
Tabla 4.4 Las 1 Muestras de Datos Estadísticos Medidos con RNI.	50
Tabla 4.5 Análisis de Varianza	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	61
ANEXO 2.....	64
ANEXO 3.....	69
ANEXO 4.....	74
ANEXO 5.....	79
ANEXO 6.....	84
ANEXO 7.....	88
ANEXO 8.....	92
ANEXO 9.....	96
ANEXO 10.....	100
ANEXO 11.....	104
ANEXO 12.....	108
ANEXO 13.....	112

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ADN ácido desoxirribonucleico

CEM campos eletromagnéticos

D distancia

DS decreto supremo

E campo eléctrico

ECAS estándares de calidad ambiental

FI frecuencia intermedia

G giga

H campo magnético

Hz hercios

IEEE institute of electrical and electronics engineers

K kilo

LMP límites máximos permisibles

M mega

MTC ministerio de trasporte y comunicaciones

OMS organización mundial de la salud

OTI oficina de tecnología e informática

PCM presidencia de cámara de ministros

PNAF plan nacional de atribución de frecuencia

RF radio frecuencia

RI radiacion ionizante

RNI radiacion no ionizante

S ecuación de poyting

SAR tasa de absorción

T Tera

UHF frecuencia ultra alta

UNA Universidad nacional del altiplano

v/m voltio/metro

WI-FI acceso inalámbrico en general

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó en la universidad nacional del altiplano en el departamento de Puno-Perú se midió las radiaciones no ionizantes del sistema *Wi-Fi* en la frecuencia 2.4GHz en la Universidad Nacional del Altiplano Puno tomando 11 puntos de medición de las cuales se obtuvieron resultados favorables. Las pruebas experimentales de evaluación se obtuvieron en un ambiente abierto contrastándolos con el decreto supremo N°038-2003-MTC y estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes decreto supremo N° 010-2005-PCM.se utilizaron los equipos de medición un analizador de radiación no ionizante y un analizador espectral ambos digitales y una antena de campos electromagnéticos con sondas isotrópicas de 27MHz-3GHz para la medición de campo eléctrico y de 300kHz-3GHz para la determinación del cociente de exposición pública, concordante con el estándar de la comisión internacional de protección de la salud. Se aplicó la metodología aplicada y experimental con un enfoque cuantitativo para el análisis de muestras del espectro incidente en la población universitaria de la universidad nacional del altiplano-Puno-Perú, en lo cual los resultados obtenidos en radiaciones no ionizantes se encuentran muy debajo de los parámetros establecidos en la frecuencia de 2.4GHz en *Wi-Fi*.

Palabras Clave: *Wi-Fi*, campo electromagnético, radiaciones no ionizantes, espectros de señal.

ABSTRACT

In this present work of investigation was performed in the National University of the altiplano in the department of puno – peru Was measured non-ionising radiation the Wi-Fi system in the Frequency 2.4GHz in the National University of puno altiplano Taking 11 points of measurement of which favorable results were obtained. The experimental tests of evaluation is obtained in an open environment against the supreme decree N°038-2003-MTC And environmental quality standards for non-ionising radiation supreme decree N.° 010-2005-PCM The teams were used for measuring a parser of non-ionizing radiation and a spectral analyzer both digital and an antenna of electromagnetic fields with isotropic probes of 27MHz-3GHz For the measurement of electric field and 300kHz-3GHz For the determination of the ratio of public exposure, Consistent with the standard of the international commission of health protection. The Methodology applications and experimental with a quantitative approach for the analysis of samples of the spectrum incident in the university population at the national university of the altiplano-Puno-Peru, in which the results obtained in non-ionising radiation are well below the parameters established in the frequency of 2.4GHz in Wifi.

Keywords: Wi-Fi, electromagnetic field, non-ionizing radiations, spectrun signal.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El progresivo crecimiento en la utilización de tecnologías inalámbricas, pone en primer lugar la necesidad de continuar con los controles de las radiaciones no ionizantes que emiten los equipos que trabajan con tecnologías de WI-FI. Mediante el servicio de WI-FI actualmente se accede a Internet en la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO PERU, tomando como puntos de medición el patio central, patio OTI, 20 metros lado sur de OTI , 20 metros lado OTI , 20 metros lado nor oeste OTI, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Civil, Ingeniería Geológica, Ingeniería Agronómica, Medicina Veterinaria, Medicina Humana y Puerta principal de la UNA- Puno; este lugar es de acceso público y por lo general concentran gran cantidad docentes, administrativos, estudiantes y público en general . Estas nuevas tecnologías al igual que las que trabajan a otras frecuencias están sujetas a las normas y regulaciones que se aplican a otros dispositivos de telecomunicaciones, emisores de radiaciones no ionizantes.

Debido al uso que se les da a estos dispositivos relacionados en forma directa a las actividades cotidianas de las personas próximas al cuerpo humano, es necesario el control de los niveles de señales que emiten a fin de evitar el crecimiento exponencial de los mismos. Se obtiene este servicio en los llamados Puntos de Acceso, por sus siglas en ingles APs, en los cuales están instalados transceptores de radiocomunicación que proveen Internet inalámbrica a distintos dispositivos como son los celulares smartphone, entre otros. La normativa que regula el funcionamiento de WI-FI es el protocolo IEEE 802.11, que luego de su creación en el año 1997 ha sufrido cambios a fin de incluir el avance de estas tecnologías. Tiene un rango de frecuencia de trabajo en las bandas de 2.4 GHz a 5 GHz. Este rango de frecuencias posee subrangos: 2.4 – 2.4825 GHz (2.4 GHz),

5.15 – 5.35 GHz, 5.47 – 5.725 GHz 5.725 – 5.85 GHz (5.8 GHz), pero en nuestra zona utilizamos el primero de 2,4 GHz. Debe tenerse en cuenta que la máxima potencia de transmisión para 2,4 GHz para la norma 802.11g es de 100 mW que equivale a 0,1 W y que su rango de influencia es de 50 metros.

En el Perú se regula las radiaciones no ionizantes con el Decreto N°038-2003 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones la presente investigación se contrasta al límite máximo permisible de las radiaciones no ionizantes que establece la mencionada institución de igual forma tomamos como punto de referencia al Decreto Supremo N° 010-2005-PCM para la investigación.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Justificación del Problema

Es necesario saber y conocer la radiación no ionizante (RNI) en la UNA_ PUNO, si está dentro de los límites máximos permisibles establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) según el Decreto Supremo número 038-2003 y Estándares de Calidad Ambiental (ECAS) para radiaciones no ionizantes Decreto Supremo N° 010-2005-(PCM) en el Perú. Asimismo, el trabajo de investigación permitirá dar a conocer los límites máximos permisibles de radiación no ionizante presente en la ciudad universitaria.

1.2.2. Formulación del Problema

PROBLEMA GENERAL

¿Qué hacer para determinar las radiaciones no ionizantes por las antenas Wi-Fi en la UNA Puno?

PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cómo se puede determinar los niveles de radiación no ionizante del sistema irradiante de Wi-Fi en la UNA Puno?
- ¿Cómo se puede determinar análisis espectral para la determinación de Límite Máximo Permisible?

1.3. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según (Achedon-Pisu, Ogru, & Le, 2012), mencionan en su trabajo las mediciones de las radiaciones ionizantes y no ionizantes realizadas en el hospital pediátrico de Braşov - Rumania. Los resultados obtenidos se comparan entre los valores límites permitidos por la normativa nacional e internacional con los medios in situ.

El documento de investigación realizado por (Esquivel-Rodríguez, Alvarado, Mota-Hernández, & Santos, 2012) indican textualmente en su trabajo lo siguiente: ... un análisis con enfoque integral de la documentación especializada previa, realizada por organismos reconocidos, para favorecer y enriquecer la discusión de este tema, considerado polémico.

El trabajo de investigación de (Khilov & Khilov, 2011) hacen referencia a las normas reguladoras en ámbito nacional e internacional respecto al control de las radiaciones no ionizantes.

De acuerdo a (Gupta, 2015) menciona que el sector de las telecomunicaciones está atravesando una fase interesante en su evolución. Los servicios de telefonía móvil representan el motivo principal del incremento de los usuarios y de la usabilidad del servicio. A partir del año pasado, el ritmo de crecimiento se ha acelerado

vertiginosamente, y ello originó que la demanda de calidad del servicio de voz sea insuficiente. En consecuencia, esto origina que el sector priorice más por incursionar a nivel de datos... Los datos a transmitir conllevan un sistema más complejo y robusto respecto a voz. Los retos a tomar en cuenta son también motivo de análisis en la presente investigación.

La investigación de (Taheri, y otros, 2017) indica: "el uso intenso de instrumentos que generan las radiaciones electromagnéticas para diversas finalidades ocasiona elevadas tasas de emisión de señales de radiofrecuencia y de microondas en el medio ambiente. Diversos estudios están siendo realizados en la búsqueda de las tasas de radiación que puedan causar daños a los seres vivos, como mutaciones y problemas neurológicos. El objetivo de este trabajo es comparar los niveles de radiación del medio actual no ionizante en la región de San José de los Campos con los límites establecidos por la OMS, y crear así un banco de datos para la contrastación con nuevas mediciones realizadas”.

La investigación de (Ronaldo, 2015) indica Ante el creciente uso de diversos dispositivos electrónicos en todo el día, hay aún mayor preocupación en cuanto a los efectos en la salud que puedan ser causados por la radiación emitida por esos aparatos, poco investigada.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Analizar las radiaciones no ionizantes emitidos por las antenas Wi-Fi de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno.

1.4.2. Objetivo Específico

- Determinar los niveles de radiación no ionizante del sistema irradiante de Wi-Fi en la UNA Puno según D.S. N.º 038-2003 en el Perú.
- Elaborar un modelo de análisis espectral para la determinación de Límite Máximo Permisible (LMP) de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis General

Mediante un estudio de Radiaciones No Ionizantes, de acuerdo a normativa MTC y ECAs, se podrá medir el impacto de las ondas electromagnéticas generados por las antenas wi- fi, de 2.4 GHz, en la población universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

1.5.2. Variables

➤ **Variable Independiente**

- Radiaciones No Ionizantes de wi fi en la frecuencia de 2.4 GHz.

➤ **Indicadores de Variables Independientes**

- coordenadas geográficas en los puntos de medición con el equipo de RNI.
- Frecuencia de operación de wi fi de 2.4GHz.
- Patrón de radiacion de la antena.

➤ **Variable dependiente**

Impacto de ondas electromagnéticas en la poblacional universitaria en la Universidad Nacional del Altiplano.

➤ **Indicadores de variable dependiente**

- Porcentaje de Niveles de Radiacion no Ionizantes en los puntos de acceso de wifi en la Universidad Nacional del Altiplano Puno y su comparabilidad con las normativas que establece el MTC y ECAs.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Campo Eléctrico

El campo eléctrico se define como la fuerza electrostática que se genera alrededor de una carga fuente y mediante la cual se da la interacción con otras cargas. Es la región donde se genera un movimiento en la cual se puede representar cada uno de los puntos mediante una magnitud vectorial llamada intensidad de campo eléctrico **E**. Si tenemos entonces cargas eléctricas de signo contrario y entre ellas existe un campo eléctrico por ende también existirá una diferencia de potencial aumante, la intensidad de campo eléctrico también lo hará. (Andrade & Contreras, 2014, pág. 39)

En el espacio que rodea a una carga Q se ejerce una cierta influencia de modo que, cuando en un punto próximo se sitúa otra carga q , carga testigo o de prueba, pequeña frente a Q , aparecerá sobre ella una fuerza de interacción debido a que se encuentra en el campo eléctrico generado por Q . (Medina , 2012)

2.1.2. Campo Magnético

Región de espacio que rodea una carga en movimiento (i.e: en un conductor) siendo definida en cualquier punto por la fuerza a la que estaría expuesta otra hipotética carga en movimiento. Un campo magnético ejerce fuerza sobre partículas cargadas sólo si están en movimiento, y las partículas cargadas producen campos magnéticos sólo cuando están en movimiento. (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003)

2.1.3. Onda Electromagnética

Una de las consecuencias más importantes de las ecuaciones de Maxwell fue la predicción de la existencia de las ondas electromagnéticas, antes de que Hertz en 1888

realizará sus experimentos, que le llevaron a la comprobación de la existencia de las mismas. Las ondas electromagnéticas consisten en campos eléctricos y magnéticos variables que son solución de las ecuaciones de Maxwell. Consideraremos el caso más simple de una onda que se propaga en un medio lineal homogéneo e isotrópico, que sea aislante perfecto, es decir μ y ϵ son constantes y la conductividad σ nula. En este medio no existen ni cargas libres ($\rho_v = 0$) ni corrientes de conducción ($J = 0$). (Cancino, 2013).

2.1.4. Campo Electromagnético

Los Campos Electromagnéticos (CEM) son una combinación de ondas eléctricas y magnéticas que se desplazan simultáneamente y se propagan a la velocidad de la luz. Cuanto más elevada es su frecuencia mayor es la cantidad de energía que transporta la onda. Se clasifican en dos grandes grupos: Radiaciones ionizantes (con capacidad para romper los enlaces entre las moléculas) y radiaciones no ionizantes (Alonso, Garcia, & Onaindia, 2011). La Organización Mundial de la Salud (OMS) subdivide estas últimas en:

Campos electromagnéticos estáticos, no variables en el tiempo. - están presentes en los trenes de levitación magnética, sistemas de resonancia magnética para diagnóstico médico y los sistemas electrolíticos en aplicación industrial- experimental.

Campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja (FEB, o ELF) hasta 300 Hz. -presentes en los equipos relacionados con la generación, transporte o utilización de la energía eléctrica de 50 Hz (frecuencia industrial), líneas de alta y media tensión y los aparatos electrodomésticos (neveras, secadores de pelo, etc.).

Campos de frecuencia intermedia (FI), con frecuencias de 300 Hz a 10 MHz y que incluyen las pantallas de ordenador, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad.

Campos de radiofrecuencia (RF), con frecuencias de 10 MHz a 300 GHz. ondas de radio, la televisión, las antenas de radares y telefonía móvil, los teléfonos móviles e inalámbricos, los dispositivos Wi-Fi, bluetooth y los hornos de microondas.

2.1.5. Fundamentos De Radiaciones

2.1.5.1. Radiaciones Ionizantes

Las radiaciones ionizantes son aquellas con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo; Las radiaciones ionizantes también pueden provenir de sustancias radiactivas, que emiten dichas radiaciones de forma espontánea, o de generadores artificiales, tales como los generadores de Rayos X y los aceleradores de partículas. (Díaz & Proaño , 2010)

Esta radiación posee la energía para despojar electrones de los átomos, cuando el átomo queda cargado ya sea positiva o negativamente, entonces se dice que se ha formado un ion (positivo o negativo). Cuando interaccionan con la materia la RI pueden romper enlaces atómicos de las moléculas como también crear alteraciones genéticas en células reproductoras. Las radiaciones ionizantes las producen los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma. (Andrade & Contreras, 2014)

2.1.5.2. Radiación No Ionizante

Se entiende por radiación no ionizante aquella onda o partícula que no es capaz de arrancar electrones de la materia que ilumina produciendo, como muchas excitaciones electrónicas. Ciñéndose a la radiación electromagnética, la capacidad de arrancar electrones (ionizar átomos o moléculas) vendrá dada, en el caso lineal, por la frecuencia de la radiación, que determina la energía por fotón , y en el caso no lineal también por la “fluencia” (energía por unidad de superficie) de dicha radiación; en este caso se habla de ionización no lineal. (Díaz & Proaño , 2010)

Las radiaciones no ionizantes como señala Fondorma citado en (Quintana & Sepúlveda, 2013, pág. 17) “son radiaciones consistentes en ondas eléctricas que se transmiten a través del espacio acompañadas, perpendicularmente por un campo magnético vibratorio con movimiento ondulatorio y se denomina no ionizante porque su energía es insuficiente para romper enlaces químicos”

Comprende las frecuencias hasta alcanzar los 10^{16} Hz y por lo tanto todas las longitudes de onda mayores a 10^{-7} .

Además de ello es importante considerar la definición dada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003) sobre la radiación no ionizante es la siguiente: “Es la que no produce ionización en la materia. Cuando atraviesa los tejidos vivos, no tiene la suficiente energía para dañar el ADN en forma directa”.

2.1.6. Regiones de Campos Eléctricos

El concepto de campo eléctrico fue introducido en la teoría electromagnética para describir las fuerzas existentes entre cargas eléctricas. Es decir, el campo eléctrico en un punto del espacio producido por una o varias cargas eléctricas se definen en términos de la fuerza que experimenta una unidad de carga estacionaria situada en dicho punto. El campo eléctrico E se expresa en voltios por metro (V/m), o su múltiplo kV/m ($1 \text{ kV/m} = 1.000 \text{ V/m}$). Como cada carga está rodeada de un campo eléctrico, es razonable considerar que las cargas son las fuentes que producen estos campos. Si ambas cargas son de distinto signo la fuerza que se ejerce será atractiva, y si son de distinto signo será repulsiva. La intensidad del campo eléctrico creado por una carga es inversa mente proporcional al cuadrado de la distancia, lo cual hace que disminuya rápidamente cuando la distancia a la carga aumenta. El valor del campo eléctrico es función de la tensión del sistema

eléctrico; es decir, cuanto mayor sea la tensión del dispositivo más intenso será el campo eléctrico que genere. Existe un campo eléctrico natural, creado por las cargas eléctricas presentes en la ionosfera. Su valor varía desde 100-400 V/m en condiciones de buen tiempo, hasta 20.000 V/m en condiciones de fuerte tormenta. (Grupo Pandora S.A., 2001)

2.1.6.1.Región de Campo Cercano

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003) define a la región de campo cercano como la región generalmente en la proximidad de una antena u otra estructura radiante, en la cual los campos eléctrico y magnético no tienen un carácter substancial mente de onda plana, pero varían considerablemente de punto a punto. La región de campo cercano se subdivide a su vez en región de campo cercano radiante y región de campo cercano reactivo.

El campo cercano está muy cerca del generador de **EMI** (o de la antena transmisora), mientras que el campo lejano está más lejos. El campo cercano es la región del espacio donde la onda electromagnética posee un campo conservativo y donde la onda es predominantemente de campo magnético (**H**) o de campo eléctrico (**E**) y no mantiene la relación de 377Ω (impedancia del vacío) entre ambos. Si el generador tiene una fuerte intensidad eléctrica y baja tensión ($E / H < 377\Omega$), el campo cercano es predominantemente magnético. Contrariamente, si el generador tiene una alta tensión y baja intensidad ($E / H > 377\Omega$), el campo cercano será principalmente eléctrico. Si $E > H$, el campo **E** se atenúa, conforme nos alejamos de la fuente, proporcionalmente a $1/d^3$ (**d**: distancia entre generador y el punto de observación (receptor)), mientras que el campo **H** se atenúa proporcionalmente a $1/d^2$. Contrariamente, si la intensidad $H > E$, el campo **H** se atenúa proporcionalmente a $1/d^2$. En el campo cercano, la relación mutua entre **E** y **H** depende del tipo de fuente de EMI (tipo monopolio, dipolo o bucle, respectivamente)

y de la distancia entre el generador y el punto de observación. Por lo tanto, la determinación de uno de los campos no es suficiente para calcular el otro. (CEMDAL, 2016)

2.1.6.2. Región de Campo Lejano

Región del campo de una antena donde la distribución de campo angular es esencialmente independiente de la distancia a la antena. En esta región el campo tiene un carácter predominante de onda plana (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003).

El campo lejano es la región del espacio donde la onda electromagnética es radiante y está lejos del generador en términos de longitud de onda. En esta región $\mathbf{E} / \mathbf{H} = 377 \Omega$. esto significa que \mathbf{E} es 377 veces mayor que el campo \mathbf{H} y ambas intensidades de campo, \mathbf{E} y \mathbf{H} se atenúan proporcionalmente a $1/d$. Ambos campos están a 90° entre ellos. Aquí el conocimiento de uno de los campos, por ejemplo, \mathbf{E} , permite la determinación del otro (\mathbf{H}), utilizando la relación en que estas dos cantidades se relacionan entre sí por medio de la impedancia del espacio libre (377Ω) (CEMDAL, 2016).

2.1.7. Fundamentos de Antena

Los antecedentes propiamente dichos de las comunicaciones mediante métodos eléctricos no comenzaron hasta la introducción de la telegrafía en 1844, seguida de la telefonía en 1878. Es así que, en estos sistemas, las señales eléctricas se enviaban sobre líneas bifilares. Aunque Maxwell predijo teóricamente en 1864 la existencia de ondas electromagnéticas, éstas no fueron detectadas experimentalmente hasta que Hertz en 1886 construyó una fuente radiante resonante a 75 MHz (dos placas metálicas planas coplanares conectadas a una bobina inductiva) y un sistema receptor formado por una espira abierta con un pequeño hueco sobre el que saltaban chispas, es una prueba

inequívoca de la transmisión de energía entre ambos circuitos. Hertz también construyó antenas más sofisticadas: dipolos y hasta un reflector cilíndrico parabólico alimentado por dipolos en su línea focal. Ya en 1897 Marconi patentó un sistema completo de telegrafía sin hilos y en 1901 realizó la primera transmisión transatlántica empleando un transmisor de salto de chispa, a 60 KHz, conectado entre tierra y un hilo horizontal suspendido entre dos mástiles de 60 metros del que colgaban 50 varillas verticales. La antena receptora la elevó a 200 metros sobre el nivel del suelo empleando cometas. Desde Marconi hasta la década de los 40 la tecnología de radio se centró en el empleo de diversas antenas de hilo alcanzando las frecuencias de la banda de UHF. Pero no fueron los únicos antecedentes durante la 2ª Guerra Mundial se introdujeron nuevas antenas (guías, bocinas, reflectores) para aplicaciones radar a frecuencias de microondas (a partir de 1 GHz) gracias al descubrimiento de nuevos generadores como el klystron y el magnetrón. Estas nuevas frecuencias y antenas se aprovecharon rápidamente para establecer radioenlaces fijos.

El siguiente impulso se ha dado desde los años 60 hasta ahora con las comunicaciones de espacio profundo y comunicaciones vía satélite. La introducción de los ordenadores y la aplicación masiva de métodos numéricos (Método de los Momentos, Métodos Modales...) han permitido además analizar y sintetizar nuevas antenas optimizadas para cada aplicación. (Besada, 2010)

2.1.7.1. Antena

Una de las tantas definiciones que se puede tener de la antena nos da el “Institute of Electrical Engineers” quien refiere que la antena es aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas. (López, 2015)

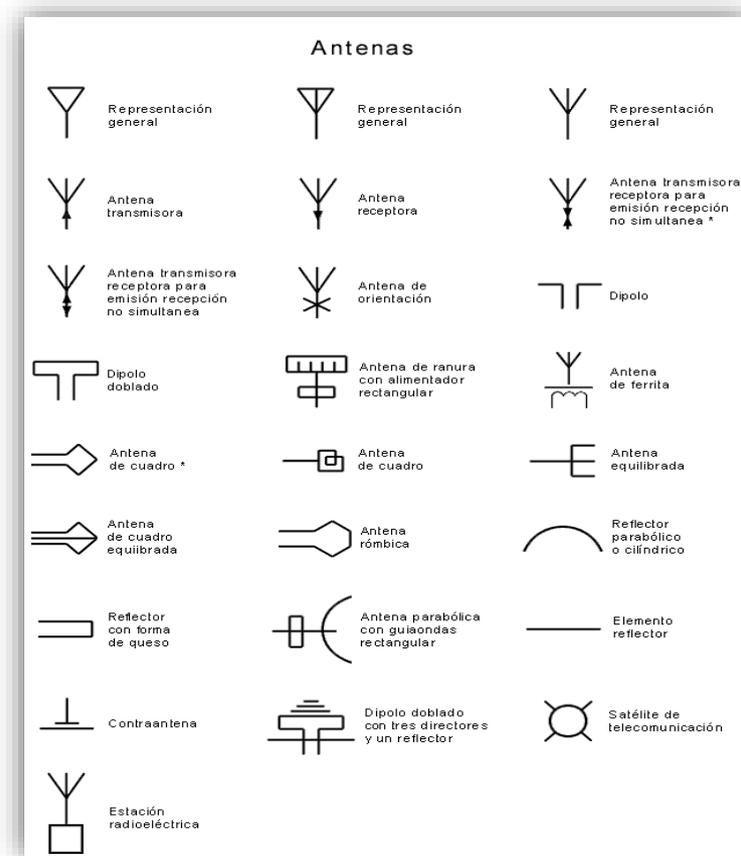
Las antenas presentan formas muy variadas , pero todas tienen algo en común y es que son una transición entre una zona donde existe una onda electromagnética guiada y el espacio libre, a la vez que distribuye la energía radiada en las distintas direcciones del espacio con un cierto carácter direccional , que dependerá de la aplicación concreta; en definitiva , las misiones básicas de una antena son las de transmitir y recibir, pero estas misiones imponen para cada aplicación una serie de condiciones particulares sobre:

- a) Su capacidad de radiar o recibir de unas determinadas direcciones (direccionalidad).
- b) La frecuencia o banda de frecuencias de trabajo.
- c) Los niveles de potencia que debe soportar.
- d) La eficiencia de la antena

Estas características, y en particular el carácter más o menos directivo de la antena y la banda de frecuencia de trabajo, van a imponer la existencia de una gran variedad de tipos de antenas. (López, 2015)

2.1.8. Simbología

Figura 2.1: Simbología de las Antenas

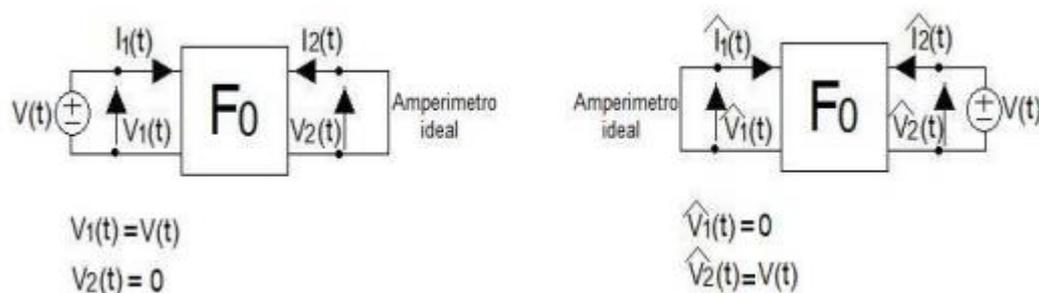


Fuente: (Molinero, 2014)

2.1.8.1. Teoría de Reciprocidad

Una de las propiedades más útiles para la solución de muchos problemas prácticos e investigaciones en la teoría de los circuitos eléctricos lineales pasivos e invariantes con el tiempo, es la reciprocidad. Su estudio se basa en la comparación de dos circuitos constituidos alrededor de la misma red F_0 (que como se dijo debe ser lineal, pasiva e invariante con el tiempo, su estado energético inicial debe ser nulo y no contener fuentes dependientes), una vez hecho esto se relacionan las corrientes y voltajes (Gallegos, 2008)

$$v_1(t)I_1(t) + v_2(t)I_2(t) = V_1(t)I_1(t) + V_2(t)I_2(t) \dots \dots \dots (2.1)$$

Figura 2.2. Representación del Teorema de Reciprocidad.

Fuente: (Gallegos, 2008).

2.1.8.2. Directividad y Ganancia de Antena

La directividad y la ganancia de antena como señala (Vielma, 2005) vienen dados por cuanto concentra una antena su radiación hacia una cierta dirección preferente. Es la razón entre esta antena y una antena isotrópica, que es una antena ideal no real que radia por igual en todas direcciones.

La ganancia se refiere y se relaciona con la potencia de alimentación, también se define la ganancia de una antena a la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección por una antena y la densidad de potencia que radiaría en la misma dirección una antena isotrópica a igual distancia y potencia entregada a la antena. (Ferrando & Valero, pág. 11)

Se denomina directividad de una antena a la densidad de radiada en una dirección y distancia por una antena y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica a igualdad de potencia total radiada. es decir se relaciona con la potencia de radiación. (Ferrando & Valero, pág. 10)

Para un mejor entendimiento la diferencia entre la ganancia y la directividad radica en que esta última se refiere a la potencia radiada por la antena, y la ganancia a la potencia entregada por la antena.

2.1.8.3. Área Efectiva de Antena

El área efectiva se define como la relación entre la potencia recibida y la densidad de potencia incidente en una antena. La antena debe estar adaptada a la carga, de forma que la potencia transferida sea la máxima. La onda recibida debe estar adaptada en polarización a la antena (Ferrando & Valero, pág. 15)

$$A_{ef} = \frac{W_r}{P_i} \dots\dots (2.2)$$

2.1.8.4. Polarización de Antenas

Se llama polarización de la antena a la polarización del campo eléctrico respecto a un plano de tierra dado, es decir la polarización de la onda radiada por una antena en una dirección dada y definida por la orientación del vector campo eléctrico (Vielma, 2005)

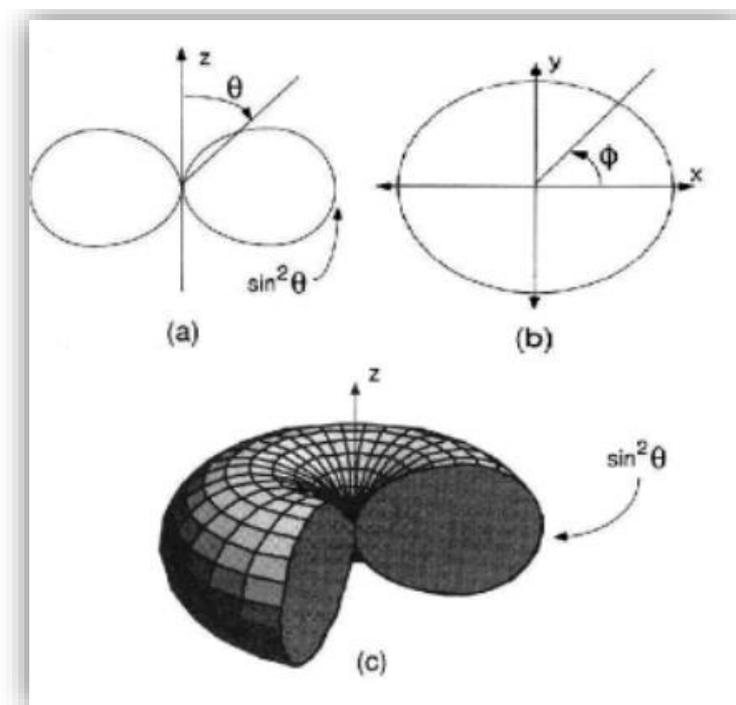
La polarización puede ser lineal y estas a la vez horizontales y verticales, para las circulares o elípticas, pueden ser a derecha o izquierda en función de cómo se vería alejarse la señal desde la antena en dirección de la propagación. Si es sentido horario, es circular derecha, en sentido anti horario es circular izquierda.

Entonces podemos señalar que el uso de cada tipo de polarización dependerá de las condiciones del enlace a realizar y la planificación de espectro o de la orografía del terreno en la zona de servicio a cubrir.

2.1.8.5. Patrón de Radiación de Antena

Es la representación de la radiación o recepción de la antena de los campos eléctricos en el espacio. El patrón de radiación de una antena se puede representar como una gráfica tridimensional de la energía radiada vista desde fuera de esta. Los patrones de radiación usualmente se representan de dos formas, el patrón de elevación y el patrón de azimuth. El patrón de elevación es una gráfica de la energía radiada por la antena vista de perfil. El patrón de azimuth es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba. Al combinar ambas gráficas se tiene una representación tridimensional de cómo es realmente radiada la energía desde la antena. (Instituto Tecnológico Piedras Negras, s.f.)

Figura 2.3. Patrones de Radiación: a) Patrón de Elevación de un Dipolo Genérico b) Patrón de Azimuth de un Dipolo Genérico c) Patrón de Radiación 3D



Fuente: (Instituto Tecnológico Piedras Negras, s.f.)

2.1.8.6. Ancho de Banda de Antenas

Todas las antenas debido a su geometría finita, están limitadas a trabajar satisfactoriamente en un margen de frecuencias, este intervalo de frecuencias en el que un parámetro determinado no sobrepasa unos límites prefijados, se conoce como ancho de banda y puede ser definido por cualquiera de sus parámetros como son diagramas de radiación, directividad, impedancia. Entonces el ancho de bandas de antenas es el rango de frecuencias a los cuales los parámetros de antena son similares a las que tendría si operara en la frecuencia central. (Vielma, 2005)

2.1.9. Servicio de Radiocomunicaciones en Wi-Fi.

En el mundo de la tecnología inalámbrica, el término Wi-Fi es sinónimo de acceso inalámbrico en general, a pesar de que es una marca comercial específica propiedad de Wi-Fi Alliance, un grupo dedicado a certificar que los productos de Wi-Fi cumplen con el conjunto de IEEE de estándares inalámbricos 802.11 (Shaw, 2018).

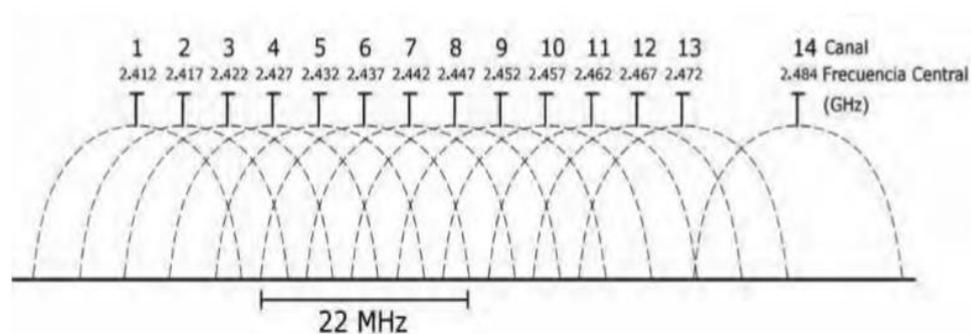
Estos estándares, con nombres como 802.11b y 802.11ac, incluyen una familia de especificaciones que comenzó en la década de 1990 y continúa creciendo en la actualidad. El estándar 802.11 codifica las mejoras que aumentan el rendimiento y el alcance inalámbrico, así como la disponibilidad de nuevas frecuencias. También abordan las nuevas tecnologías que reducen el consumo de energía. (Shaw, 2018)

2.1.9.1. Frecuencias Utilizadas

Las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) permiten el uso de las porciones 2.4-2.5 GHz, 5.8 GHz, y muchas otras frecuencias (no utilizadas en Wi-Fi). Las bandas UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) permiten el uso sin licencia de otras En la banda de 2.4 GHz los canales están separados cada 5 MHz, pero

las señales 802.11 ocupan 22 MHz. Para evitar interferencias se deben escoger canales que no se solapen, es decir, que las respectivas señales no se superpongan en ninguna parte del espectro. (Orneta, y otros, 2015)

Figura 2.4. Canalización de la Banda de 2.4 GHz para Sistemas Wi-Fi



Fuente: (Orneta, y otros, 2015)

Se define servicio de telecomunicación como aquel servicio que se ofrece a terceros (o al público en general) de forma que, por medio de un circuito o una red de telecomunicaciones, un usuario pueda establecer comunicación desde un punto de la red a cualquier otro punto de la misma o a otras redes de telecomunicaciones. Por su parte, un servicio de radiocomunicación es un servicio que implica la transmisión, emisión o recepción de ondas electromagnéticas para fines específicos de telecomunicación (Luque, 2014). La definición que nos muestra el Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú en el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) es la siguiente:”; Servicio definido en esta sección que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines específicos de telecomunicación.

2.1.9.2. El Modelo de Antena de Wi-Fi en la Universidad Nacional del Altiplano

En la ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno se ha encontrado el modelo de antena por solicitud para la presente investigación a la oficina de Tecnología de la Información unidad de Redes y Telecomunicaciones; en respuesta se me brindo el modelo de ACCES POINT tipo Indoor controller Access points, modelo AIR – LAP 1242AG- A- K9.

El Cisco Aironet serie 1240AG también puede ser configurado para soportar la empresa Wireless Mesh, que ofrece conectividad inalámbrica para interiores que son difíciles o imposibles de alambre. Puntos de acceso Mesh no requieren conexiones por cable, que utilizan la frecuencia de 2,4 GHz para ofrecer acceso a la red a los usuarios de las zonas difíciles de alcanzar y la banda de 5 GHz para el tráfico backhaul para los puntos de acceso tradicionales conectado a los puertos Ethernet.

Tabla 2.1 Especificaciones del Equipo

General	
Tipo de dispositivo	Punto de acceso inalanbrico
Anchura	16.6 cm
Profundidad	21.6 cm
Altura	2.8 cm
Peso	0.91 kg
Procesador/Memoria/Almacenamiento	
RAM instalada (max)	32 MB
Memoria flash (max)	16 MB
Conexión de redes	
Factor de forma	Externo

Tecnología de conectividad	Inalambrico
Velocidad de transferencia de datos	54 Mbps
Protocolo de gestion remota	SNMP, Telnet, HTTP, HTTPS
Alcance Maximo en interior	140 m
Alcance máximo en aire libre	200 m
Indicadores de estado	Activo, error, estado
Características	Enlace ascendente, auto-sensor por dispositivo, soporte BOOTP
Algoritmo de cifrado	LEAP, AES, WEP de 128 bits, WEP de 40 bits, TLS, PEAP, TTLS, TKIP, WPA, WPA2
Metodo de autentificacion	Secure shell (SSH), MS-CHAP
Cumplimiento de normas	IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, IEEE 802.3af, IEEE 802.11g, IEEE 802.11i, Wi-Fi CERTIFIED
Expansion/Conectividad	
Interfaces	1x red/energia-Ethernet 10Base-T/100Base-RJ-45 -1X antenna-RP-TNC x 2
Diverso	
Cumplimiento de normas	VCCI, EN 60950, ICES-003, IEC 60950, CSA 22.2 No. 60950, EN 300.328, EN 301.439.1, EN 301.489.17, FCC Part 15.247, OET 65 C, RSS-210, RSS-102, UL 203, FCC
Alimentacion	
Admite power over Ethernet(PoE)	PoE

Dispositivo de alimentacion	Adactador de Corrientes-externa
Voltage necesario	CA 120/230 V(50/60Hz)
Garantia del fabricante	
Servicio de mantenimiento	1 año de garantia
Detalles de servicio y Mantenimiento	Garantia limitada -1 año
Parametros de entorno	
Temperatura minima de funcionamiento	20 °C
Temperatura maxima de funcionamiento	55 °C
Anbito de humedad de funcionamiento	10 al 90 %

Fuente: (Cisco, 2009)

2.1.9.3. Plan de Atribución de Frecuencias

Las frecuencias se muestran en los siguientes cuadros para nuestra investigación tomamos las frecuencias de 300 MHz a 3GHz en lo especifico tomamos la frecuencia de 2.4GHz para la transmisión de wi-fi.

Tabla 2.2 Plan de Atribución de Frecuencias

RANGO	FRECUENCIA	FUENTES EMISORAS
VLF	3KHz 30KHz	Anteas de radionavegación y radio difusión modulada, monitores. de ordenador y sistemas antirrobo
LF	30KHz 300KHz	Pantallas y monitores, antenas de radiodifusión, comunicación marinas y aeronáuticas, radiolocalización.
IF	300KHz 3MHz	Radioteléfonos marinos, radiodifusión AM, termo selladoras, hornos MW.
HF	3MHz 30MHz	Antenas de radioaficionados, termo selladoras, aparatos para diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo
VHF	30MHz 300MHz	As de estaciones Antenas de radiodifusión, frecuencia modulada, antenas de televisión, sistemas antirrobo.
UHF	300MHz 3GHz	Teléfonos móviles, antenas de estaciones base de telefonía móvil, horno MW, aparatos diatermia quirúrgica, sistemas antirrobo.
SHF	3GHz 30GHz	Antena de comunicación vías satélite , radares , enlaces por microondas.
EHF	30GHz 300GHz	Antenas de radionavegación avanzadas, radares y antenas de radio difusión.

Fuente: (Valencia, 2014)

Tabla 2.3 Plan de Atribución de Frecuencias

FRECUENCIA	EFFECTOS
> 10GHz	Baja penetración, Máxima adsorción de energía a nivel dermico, Posibilidad de quemadura.
300 MHz - 10GHz	Incrementa la penetración en los tejidos.
30 - 300 MHz	*Rango de resonancia*; longitud de onda del rango de la autonomía humana → límites de exposición más restrictivos.
Hasta 30 MHz	Alta penetración de tejidos, Distribución heterogenia de la potencia absorbida.

Fuente: (Valencia, 2014)

2.1.9.4. Nomenclatura de Bandas de Frecuencia

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Plan Nacional de Atribuciones de Frecuencia (PNAF), (MTC, 2008) al respecto indica lo siguiente:

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro.

Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan en:

- a) kilohertzios (kHz) hasta 3 000 kHz, inclusive.
- b) Megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3 000 MHz, inclusive.
- c) Gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3 000 GHz, inclusive.

Para las bandas de frecuencias por encima de 3 000 GHz, es decir, para las ondas centimilimétricas, micrométricas y decimicrométricas, conviene utilizar el terahertzio (THz).

Figura 2.5. Nomenclaturas de ondas de frecuencia según Ministerio de Trasportes y Comunicaciones

Número de la banda	Símbolos	Rango de frecuencias	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miramétricas	B. Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Onda decimétricas	B. dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12	--	300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	--

Nota 1: La "banda N" (N= número de la banda) se extiende de $0,3 \times 10^N$ Hz a 3×10^N Hz.
 Nota 2: Prefijo : k = kilo (10^3), M = mega (10^6), G = giga (10^9), T = tera (10^{12}).

Fuente: (MTC, 2008)

2.1.10. Normas Técnicas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

2.1.10.1. Límites Máximos Permisibles De Radiaciones No Ionizantes En Telecomunicaciones en el Peru – Decreto Supremo N° 038-2003-MTC

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente. (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003)

- **Exposición Poblacional:**

Se aplica para el público en general cuando las personas expuestas como consecuencia de su ocupación podrían no estar conscientes del potencial de la exposición o no puedan ejercer control sobre dicha exposición.

Por lo tanto, el público en general siempre cae bajo esta categoría cuando la exposición no está relacionada con la ocupación. (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003)

Figura 2.6. Límites Máximo Permisible en Exposición Poblacional.

Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
9 - 150 KHz	87	5	-
0,15 - 1 MHz	87	0,73/f	-
1-10 MHz	87/f ^{0,5}	0,73/f	-
10-400 MHz	28	0,073	2
400-2000 MHz	1,375 f ^{0,5}	0,0037 f ^{0,5}	f / 200
2 - 300 GHz	61	0,16	10

Fuente: (Decreto Supremo N°038-2003-MTC, 2003)

2.1.10.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes Decreto Supremo N° 010-2005-PCM

La Presidencia de Consejo de Ministros (D. S. N° 010, 2005) en la parte considerativa de dicho Decreto en el párrafo tercero indica lo siguiente: Que, los Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes son instrumentos de gestión ambiental prioritarios para prevenir y planificar el control de la contaminación por radiaciones no ionizantes sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible. (DECRETO SUPREMO N° 010-2005-PCM, 2005)

Figura 2.7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Radiaciones No Ionizantes

ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RADIACIONES NO IONIZANTES

Rango de Frecuencias (f)	Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)	Densidad de Potencia (S _{eq}) (W/m ²)	Principales aplicaciones (no restrictiva)
Hasta 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-	Líneas de energía para trenes eléctricos, resonancia magnética
1 - 8 Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	-	
8 - 25 Hz	10 000	$4 000 / f$	$5 000 / f$	-	Líneas de energía para trenes eléctricos
0,025 - 0,8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-	Redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video
0,8 - 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-	Monitores de video
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-	Monitores de video
0,15 - 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-	Radio AM
1 - 10 MHz	$87 / f^{0.5}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-	Radio AM, diatermia
10 - 400 MHz	28	0,073	0,092	2	Radio FM, TV VHF, Sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia
400 - 2000 MHz	$1,375 f^{0.5}$	$0,0037 f^{0.5}$	$0,0046 f^{0.5}$	$f / 200$	TV UHF, telefonía móvil celular, servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal
2 - 300 GHz	61	0,16	0,20	10	Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias

2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, S_{eq}, E², H², y B², deben ser promediados sobre cualquier período de 6 minutos.

3. Para frecuencias por encima de 10 GHz, S_{eq}, E², H², y B², deben ser promediados sobre cualquier período de $68 / f^{1.05}$ minutos (f en GHz).

Fuente: (DECRETO SUPREMO N° 010-2005-PCM, 2005)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLOGICO DE INVESTIGACION

3.1.1. Tipo del Problema de Investigación

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio se intenta explicar y predecir los fenómenos que se observan y/o miden no deben ser afectados por el investigador. Este debe evitar en lo posible que sus temores, deseos y tendencias influya en los resultados del estudio. (Hernandez, Fernandes, & Baptista, 2010)

El presente trabajo de tesis está destinado a analizar, comparar y verificar el estudio teórico del impacto generado por las Radiaciones No Ionizantes en la frecuencia 2.4GHz en WI-FI dentro de la Universidad Nacional del altiplano.

3.2. POBLACION DE LA INVESTIGACION

La investigación se realizó en la Universidad Nacional del altiplano en la Región de PUNO-PERU los equipos con la cual cuenta dicha institución Indoor controller based Access points de modelo AIR-LAP1242AG-A-K9 para la transmisión de wi-fi.

3.3. MUESTRA

Las muestras tomadas fueron escogidas en lugares estratégicos para la correspondiente medición de los equipos de Access points y con mayor concurrencia de estudiantes, docentes, administrativos y público en general.

Total, de muestras tomadas =11

Son las sucesivos, plaza central universidad nacional del altiplano, patio OTI, lado este OTI, lado nor oeste OTI, ingeniería electrónica, ingeniería civil, ingeniería geológica, ingeniería agronómica, medicina veterinaria, medicina humana, puerta principal.

Figura 3.1. los 11 Punto Escogidos por el Autor y Respectiva Medición de Nivel de Radiación en RNI



Elaboración propia

3.4. UBICACIÓN Y DESCRIPCION

La investigación se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano, departamento de Puno- Perú, que se encuentra a 3840 msnm con longitud 70°0'58.2" W y latitud 15°49'27.5" S. como referencia, patio central..

Tabla 3.1 Especificaciones de la Ubicación Realizada el día 11-11-17

Data Set Type	Safety
Storing Mode	Man
Date	11/11/2017
Time	12:01:30
Overdriven	NO
Mode Resolution Bandwidth	Auto
Resolution Bandwidth (RBW)	50 kHz
Measurement Range	0.50%
Unit	%
Result Type	Max, Avg
Number of Result Types used	2
Others	ON
Noise Threshold	0 Db
Noise Suppression	OFF
Average Method	Time
Average Time	6 min
Number of Averages	4
Average Progress	15%
Number of Spatial Averages	0
Sweep Time	6.368 s
No. of Runs	10
Standard Name	USR_UMTC Area de Uso Publico
Service Table Name	Perú Provincias 02
Cable Name	RF-Cable SRM - N 50 ohm - 1.5 m

Antenna Name	Three-Axis Antenna 27MHz - 3GHz
Axis	RSS
Device Serial Number	G-0079
Device Firmware Version	V1.4.1
Device Calibration Date	03/23/2017
Cable Serial Number	AB-0160
Cable Calibration Date	03/24/2017
Antenna Serial Number	K-0744
Antenna Calibration Date	03/24/2017
GPS Flag	Actual
GPS Quality	GPS
Satellites in use	9
GPS Fix	3D
GPS Altitude	3840 m
GPS Latitude	15°49'27.5" S
GPS Longitude	70°0'58.2" W
Voice Comment Available	NO
Comment	

Elaboración propia

3.5. RECOLECCION DE INFORMACION

La recolección de información se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano-PUNO, con dos equipos, el primero de radiación no ionizante marca NARDA MODELO SMR-3006 que trabaja en una frecuencia de 9KHz a 6GHz con una sonda isotrópica 27MHz a 3GHz, (NARDA, compani solution, 2010). El segundo es el analizador de espectros marca ANRUTSU.

Con el primer equipo se hizo la medición respecto a los límites máximos permisibles que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante el Decreto Supremo N° 038-2003, en Exposición Poblacional cuyo rango máximo

permisible es 0.16 en el campo magnético. El equipo dio como resultado que dentro de los 11 puntos, el nivel máximo se encuentra en el punto 02, correspondiente a la Facultad de Medicina Humana con 0.026%, el mínimo se ubica en los puntos 01 y 06 correspondientes a la escuela profesional de Ingeniería Agronómica y puerta principal de la UNA, con el resultado de 0.0004% es decir, ambos extremos por debajo de los límites máximos permisibles según la normatividad, las mismas que se corroboran en la tabla 4.2.

La antena isotrópica recibe en forma omnidireccional las radiaciones de campos electromagnéticos.

Con el analizador de espectros se hizo la medición de la frecuencia del Wi-Fi que da cobertura a la ciudad universitaria los resultados de esta investigación dieron como resultado que la señal generada está dentro de la frecuencia de 2.4GHz en Wi-Fi como se indica en la figura 4.1.

3.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACION

Los instrumentos con que se llevó la investigación en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Se realizó con el equipo de radiación no ionizante marca NARDA modelo SRM, una antena isotrópica de tres ejes de serie K-0744 se tomó las 11 muestras o mediciones para ver su nivel de radiación en cada punto escogido por el investigador y así se logró las mediciones con total contentamiento y su respectiva comparación con el Decreto Supremo N° 038-2003 y con D. S. N° 010, 2005 y un analizador de espectros marca KEYSIGHT modelo N9344C con la cual se llevó la medición del espacio radio eléctrico y ubicando la frecuencia de 2.4GHz de Wi-Fi para así lograr la investigación correspondiente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación se presenta el análisis de los resultados obtenidos en las 11 mediciones todas ellas echas en exposición poblacional en la Universidad Nacional del Altiplano-PUNO y su comparación con el Decreto Supremo N° 038-2003 (MTC) y del Decreto Supremo N° 010-2005 (PCM) realizado a lo largo de la investigación.

En la cual se presenta las mediciones y resultados realizados en las tablas siguientes.

Tabla4.1 . Resultados Obtenidos de las 11 Mediciones en la Universidad Nacional del Altiplano- Puno en la Frecuencia 2.4GHz en Wi-Fi

LAS 11 MUESTRAS QUE SE MUESTRAN EN LOS DIFERENTES PUNTOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO EN LA FRECUENCIA 2.4GHz DE WI-FI						
EQUIP O	MA RCA	MO DELO	UBICA CIÓN	M AX (%)	MI N (%)	A VG (%)
RADIAC ION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	P.C	0.0 0005	0.0 0003	0.0 0004
RADIAC ION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	OTI 1	0.0 0025	- 0.00011	0.0 0007
RADIAC ION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	OTI 2	0.0 0007	0.0 0003	0.0 0005
RADIAC ION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	OTI 3	0.0 0016	- 0.00006	0.0 0005
RADIAC ION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	I.E.	0.0 0005	0.0 0005	0.0 0005
RADIAC ION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	I.C.	0.0 0014	- 0.00006	0.0 0004

RADIACION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	I.G.	0.0 0009	- 0.00001	0.0 0004
RADIACION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	I.A.	0.0 0004	0.0 0004	0.0 0004
RADIACION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	M.V.	0.0 0004	0.0 0004	0.0 0004
RADIACION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	M.H.	0.0 26	- 0.02446	0.0 0077
RADIACION NO IONIZANTE	NA RDA	SMR -3006	P.P.	0.0 0004	0	0.0 0002

Elaboración propia

Convertimos en valores reales para así obtener los cuadros estadísticos

Tabla 4.2 Resultados Obtenidos de las 11 Mediciones en la Universidad Nacional del Altiplano- Puno en la frecuencia 2.4GHz en Wi-Fi Valores Reales sin %

MUESTRAS QUE TOMARON EN LOS DIFERENTES PUNTOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO EN LA FRECUENCIA 2.4GHz		
N	MAX	Avg
P.C	0.0000005	0.0000004
OTI 1	0.0000025	0.0000007
OTI 2	0.0000007	0.0000005
OTI 3	0.00016	0.0000005
I.E.	0.0000005	0.0000005
I.C.	0.0000014	0.0000004
I.G.	0.0000009	0.0000004

I.A.	0.00004	0.0000004
M.V.	0.0000004	0.0000004
M.H.	0.00026	0.0000077
P.P.	0.0000004	0.0000002

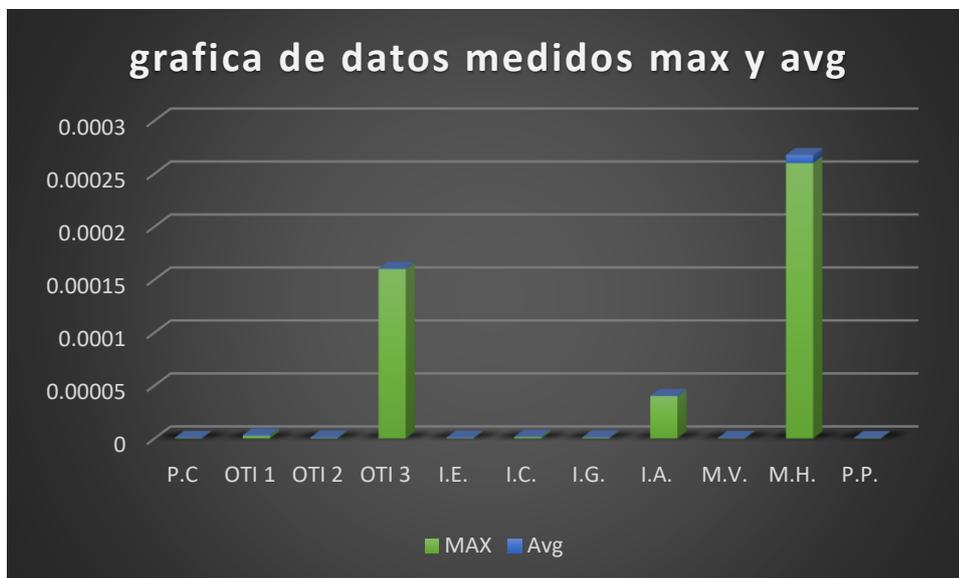
Elaboración propia

Tabla 4.3 Abreviaturas de los Puntos Tomados en Nuestra Investigación

DISTINTOS PUNTOS TOMADOS PARA LA MEDICIÓN DE RNI EN LA UNA- PUNO
plaza central de UNA-Puno=P.C.
Patio de la OTI=OTI 1.
Lado Este OTI=OTI 2.
Lado nor Oeste OTI=OTI 3.
Ingeniería Electrónica=I.E.
Ingeniería Civil=I.C.
Ingeniería Geológica=I.G.
Ingeniería Agronómica=I.A.
Medicina Veterinaria= M.v.
Medicina humana=M.H.
puerta principal de la UNA-Puno=P.P.

Elaboración propia

Seguidamente se analiza las medidas en Excel, donde comparamos las radiaciones en diferentes puntos para así determinar los niveles de radiación en exposición poblacional.

Tabla 4.4 Las 11 Muestras de Datos Estadísticos Medidos con RNI.

Elaboración propia

En la figura se muestra el cuadro estadístico la cual muestra pues claramente que los niveles de radiación son muy bajos respecto a las radiaciones no ionizantes según el Decreto Supremo del MTC y del ECAs.

Tabla 4.5 Análisis de Varianza

RESUMEN						
<i>G</i> <i>rupos</i>	<i>Cuen</i> <i>ta</i>	<i>S</i> <i>uma</i>	<i>Prom</i> <i>edio</i>	<i>Varia</i> <i>nza</i>		
M	11	0.	0.00	6.10		
AX (%)		02693	2448182	201E-05		
M	11	-	-	5.43		
IN (%)		0.02451	0.002228182	706E-05		
A	11	0.	0.00	4.80		
VG (%)		00121	011	6E-08		

<i>O</i> <i>rigen de</i> <i>las</i> <i>variacione</i> <i>s</i>	<i>Sum</i> <i>a de</i> <i>cuadrados</i>	<i>G</i> <i>rados de</i> <i>libertad</i>	<i>Prom</i> <i>edio de los</i> <i>cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Prob</i> <i>abilidad</i>	<i>Valor</i> <i>crítico para F</i>
<i>E</i> ntre grupos	0.00 0120276	2	6.01 38E-05	1.56 2855939	0.22 6120803	3.31 5829501
<i>D</i> entro de los grupos	0.00 1154387	3 0	3.84 796E-05			
<i>T</i> otal	0.00 1274663	3 2				

Elaboración propia

LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS ESPECTRAL DE ACUERDO A LA NORMATIVA VIGENTE AMBIENTAL

Figura 4.1. El Espectro Radio Eléctrico Mostrado es el Resultado Obtenido Durante la Medición con un Analizador de Espectros en la Frecuencia 2.4GHz.



Elaboración propia

El espectro de frecuencia de la figura 4.1 muestra un ancho de banda de 40MHz, con barrido de 3.3seg, Teniendo una frecuencia central de operación de 2.4GHz. se realizó un rastreo desde los 2.36GHz y una frecuencia máxima de 2.42GHz, potencia aproximado de -75dBm en la muestra de color amarillo y -78dBm verde lo cual nos muestra el barrido anterior que se puso en forma estática los picos de 2.36GHz a 2.46GHz en ambos colores se muestran otros canales adicionales de telefonía móvil de Claro,

Movistar, Bitel y etc. que transmiten dentro del protocolo 802.11 b/g del espectro radio eléctrico de Wi-Fi.

CONCLUSIONES

Se determino que las radiaciones no ionizantes en la frecuencia 2.4GHz en WI-FI en la universidad Nacional del Altiplano – Puno en la cual se encuentran por debajo de los rangos máximos permisibles en exposición poblacional que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mediante el Decreto Supremo N°038- 2003. De esta forma concluimos a raíz de la investigación que la exposición es de 0.026 % máximo, no es perjudicial para la salud de los estudiantes, administrativo, docentes y demás personas al interior del recinto universitario.

Según la medición realizada en la ciudad universitaria en la frecuencia de 2.4GHz se logra visibilizar en la figura 4.1 se determina que está por debajo de los niveles permisibles según al Decreto Supremo N° 010-2005-PCM de Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).

RECOMENDACIONES

Para mayor objetividad de la investigación tener en cuenta son los ambientes considerados dentro de la ciudad universitaria, los materiales de los mismos, entre otros. Las distintas configuraciones pueden influir en la reflexión de los campos dando interferencias estas causando perjuicios o anomalías. Los resultados encontrados indican niveles de bajo de rangos permisibles según Decreto Supremo N°038-2003 MTC en la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, están relacionados con el hecho de que en ambientes donde se tiene concurrencia masiva de estudiantes ,docentes ,administrativos y público en general , este tipo de radiaciones deben ser controlados ya que pueden afectar a dichas personas, se debe verificar la compatibilidad electromagnética en los sujetos que son susceptibles a ser influenciados por estas radiaciones. Aunque estos niveles se encuentran por debajo de los límites que podrían llegar a producir efectos adversos en la salud de las personas y en todo medio o dispositivo susceptible de ser afectado por estas radiaciones, es necesario continuar con el control y evaluación de estos niveles que manifiestan un crecimiento continuo en los últimos años en nuestra casa de estudios.

Las mediciones y posterior análisis deben estar enfocados en los lugares en los que se presentaron los mayores niveles de radiacion en la Universidad Nacional del Altiplano para su control según el decreto supremo N°038-2003 MTC y estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes Decreto Supremo N° 010-2005-PCM lo cual permitirá estar libre de afectos que puedan causar las radiaciones no ionizantes para lo cual se sugiere a la Universidad Nacional del Altiplano-Puno adquirir equipos de monitoreo para la medición de frecuencia y RNI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DECRETO SUPREMO Nº 010-2005-PCM. (2005). PCM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Radiaciones No Ionizantes*. Lima, Perú. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds-010-2005-pcm_eca_rni.pdf
- Díaz , W. A., & Proaño , F. W. (2010). "*Análisis de Mediciones de Radiaciones No Ionizantes en Ambientes Interiores y Exteriores en Predios de la ESPOL*". Tesis de Pregrado , Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/11705>
- Vielma, M. (Abril de 2005). Introducción a las Antenas . Recuperado el 9 de octubre de 2018, de http://www.catlog.net/_Descarregas/03-Tecnic/Antenes/Teoria%20Antenas.pdf
- Achedon-Pisu, M., Ogru, P., & Le, A. (2012). A COM PARATIVE STUDY OF IONIZING, AND NON-IONIZING RADIATION LEVELS IN BRA OV. *Engineering Sciences*, 5(2), 1-9.
- Alonso, E., Garcia, R., & Onaindia , C. (2011). *CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y EFECTOS EN SALUD*. Subdirección de Salud Pública de Bizkaia Noviembre, Departamento de Salud, Vasco. Obtenido de http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/salud_amb_campos_electrom/e_s_def/adjuntos/CEM_cast.pdf

Andrade, D. M., & Contreras, C. F. (2014). "*MEDICIÓN Y ANÁLISIS DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES (RNI) EN AMBIENTES INDOOR EN LA CIUDAD DE CUENCA, DENTRO DEL ESPECTRO RADIOLÉCTRICO EN LA BANDA DE FRECUENCIA DE TELEFONÍA CELULAR*"(TESIS DE PREGRADO). Cuenca.

Besada, J. L. (16 de Marzo de 2010). *Definición y Fundamentos de Antenas* . Obtenido de Open Course Ware: http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiacion-y-propagacion/contenidos/apuntes/tema1_2004.pdf

CEMDAL. (4 de Setiembre de 2016). Obtenido de <https://www.cemdal.com/2016/09/04/los-1%C3%ADmites-entre-el-campo-cercano-y-el-campo-lejano/>

Cisco. (2009). Obtenido de https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/collaboration-endpoints/unified-ip-phone-7900-series/product_data_sheet0900aecd8031c844.html

Decreto Supremo N°038-2003-MTC. (6 de Julio de 2003). Diario Oficial el Peruano. lima, Perú. Obtenido de <https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/normas/legales/documentos/directivas/ds038-03.pdf>

Esquivel-Rodríguez, L. J., Alvarado, R., Mota-Hernández, C. I., & Santos, J. R. (2012). Efectos de la radiación no ionizante emitida por dispositivos inalámbricos. *Visión Electrónica*, 7(2), 155-166.

Ferrando, M., & Valero, A. (s.f.). *Antenas*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia:

http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Tema_1.PDF

Gallegos, J. R. (2008). *Teoremas Fundamentales de Circuitos Eléctricos*. Unersidad Tecnológica de Pereira. Colombia: Unersidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1042/6213192G166.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Grupo Pandora S.A. (2001). *Campos Eléctricos y Magnéticos*. España: gpandora@worldonline.es.

Gupta, S. (2015). telecommunications at the crossroads in india. (ScienceDirect, Ed.) *IIMB Management*, 1-13.

Hernandez, R., Fernandes, C., & Baptista, P. (2010). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION* (Vol. V). MEXICO: McGRA W-HILL.

HERNADEZ, S. (s.f.).

Instituto Tecnológico Piedras Negras. (s.f.). Recuperado el 20 de Agosto de 2018, de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones: <http://itpn.mx/recursositcs/5semestre/telecomunicaciones/Unidad%20III.pdf>

Khilov, V. P., & Khilov, V. V. (2011). Metrological Aspects of Non-ionizing Radiation Control. *Automation and Remote Control*, 72(4), 893-899.

López, A. (2015). *Diseño de un Arreglo de Antena de Microcinta Compacta y Reconfigurable Multibanda para Aplicación en Dispositivos Portátiles a*

Frecuencias de Microondas. Ensenada. Obtenido de
<https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/265/1/241571.pdf>

Luque, J. (2014). *ACTA*. Obtenido de Artículos de la revista digital y de los manuales
formativos de ACTA:
https://www.acta.es/medios/articulos/comunicacion_e_informacion/023001.pdf

Medina , F. A. (Abril de 2012). ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DEL CAMPO
MAGNÉTICO TERRESTRE EN COLOMBIA. *REDALYC*. Recuperado el 8 de
Octubre de 2018, de <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84923878027>>

Moliner, A. (2014). *Símbolos Eléctricos & Símbolos Electrónicos*. Recuperado el martes
de julio de 2018, de [https://www.simbologia-electronica.com/electricos-
electronicos-pdf/simbolos%20antenas%20estaciones%20radio.pdf](https://www.simbologia-electronica.com/electricos-electronicos-pdf/simbolos%20antenas%20estaciones%20radio.pdf)

MTC. (2003).

MTC. (21 de Febrero de 2008). Obtenido de PLAN NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE
FRECUENCIA:
[https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/doc
umentos/pnaf_act_feb08.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/autorizaciones/servicios_privados/documentos/pnaf_act_feb08.pdf)

NARDA, compani solution. (2010). *NARDA-STS*. Recuperado el 1 de Marzo de 2019, de
www.narda-sts.us/pdf_files/SRM3006_Manual.pdf

Orneta, V., Prado, L., Irazabal, W., Gil, C., Minaya, B., Calnece, A., . . . Mejia, D.
(2015). Evaluación de radiaciones no ionizantes de la red Wi-Fi en la Universidad
Nacional Mayor de San Marco. *INGENIERÍA ELECTRÓNICA, III*, 119-132.
Recuperado el 8 de Noviembre de 2018

- Quintana, A., & Sepúlveda, O. I. (2013). *NIVELES DE RADIACIÓN DE CAMPO ELETROMAGNETICO PRESENTES EN LAS ANTENAS WIFI OMNIDIRECCIONALES*. Tesis de Pregrado, Caracas. Obtenido de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS5991.pdf>
- Ronaldo, F. F. (noviembre de 2015). Exposição à radiação eletromagnética não ionizante e alterações metabólicas e endócrinas. *UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA*, 1-54.
- Shaw, K. (3 de Febrero de 2018). *Estándares de Wi-Fi y Velocidades*. Obtenido de NETWORK WORLD: <https://www.networkworld.es/wifi/80211-estandares-de-wifi-y-velocidades>
- Taheri, M., Mortazavi, S., Moradi, M., Mansouri, S., Hatam, R., & Nouri, F. (2017). Evaluation of the Effect of Radiofrequency. *UNITAU*, 1-12. doi:10.1177/1559325816688527
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicacion Electrónicas* (Cuarta ed., Vol. I). México: Prentice Hall. Recuperado el lunes de marzo de 2018, de http://eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/pluginfile.php/246071/mod_resource/content/2/Libro%20base.pdf