



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL  
DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON  
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**TÍTULO:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA CARTOGRAFIA  
DINAMICA DE INTENSIDAD DE RADIACION NO IONIZANTE  
EN LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE  
SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**AUTOR (A):**

**Idrovo Alvarado, Eduardo Andrés**

**Trabajo de Titulación previa obtención del Título de:  
INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**TUTOR:**

**ING. WASHINGTON MEDINA MOREIRA, M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador  
2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Eduardo Andrés, Idrovo Alvarado**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**.

**TUTOR (A)**

---

**ING. WASHINGTON MEDINA MOREIRA, M.Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ**

**Guayaquil, marzo del año 2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Eduardo Andrés Idrovo Alvarado**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Diseño e Implementación de una Cartografía Dinámica de Intensidad de Radiación No Ionizante en los Predios de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil** previa a la obtención del Título **de Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, marzo del año 2015**

**EL AUTOR (A)**

---

**Eduardo Andrés Idrovo Alvarado**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Eduardo Andrés Idrovo Alvarado**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Diseño e Implementación de una Cartografía Dinámica de Intensidad de Radiación No Ionizante en los Predios de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, marzo del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**Eduardo Andrés Idrovo Alvarado**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN EMPRESARIAL

**CALIFICACIÓN**

---

## INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.5 Metodología de la investigación.....	5
PARTE I MARCO TEÓRICO.....	6
CAPITULO 2 RADIACIONES.....	6
2.1 Ondas Electromagnéticas.....	6
2.2 Espectro electromagnético.....	7
2.3 Espectro electromagnético y telecomunicaciones.....	8
2.4 Espectro radioeléctrico.....	9
2.5 Tipos de radiación electromagnética.....	10
2.5.1 Ondas de subradio.....	10
2.5.2 Ondas radioeléctricas.....	12
2.5.3 Rayos T.....	14
2.5.4 Radiación infrarroja.....	15
2.5.5 Radiación ultravioleta.....	18
2.5.6 Rayos X.....	21
2.5.7Rayos gamma.....	22
2.5.8 Rayos cósmicos.....	24

2.6 Tipos de radiaciones.....	26
2.6.1 Radiaciones ionizantes .....	26
2.6.2 Radiaciones no ionizantes .....	33
2.7 Sistemas de Frecuencia a analizar.....	48
2.7.1 Telefonía Móvil.....	48
2.8 Radiaciones no ionizantes en Ecuador.....	51
2.9 Ley especial de telecomunicaciones reformada.....	51
2.10 Evolución de la tecnología celular en el Ecuador.....	52
2.11 Evolución de las generaciones de Telefonía móvil en el Ecuador:.....	53
2.11.1 Primera Generación.....	53
2.11.2 Segunda Generación (2G).....	53
2.11.3 Tercera Generación (3G).....	55
2.11.4 Cuarta Generación (4G).....	56
2.11.5 Radio bases por operador.....	56
2.12 Radio bases en la UCSG.....	70
PARTE II APORTACIONES.....	72
CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	72
3.1 Aplicación de Recomendaciones.....	72
3.1.1 ITU-T K.52.....	72
3.1.2 ITU-T K.61.....	74
3.2 Análisis de operadores.....	74
3.3 Instrumentación utilizada para las mediciones.....	74
3.3.1 Narda SRM 3000.....	74
3.4 Procedimiento para las mediciones.....	77

3.5 Mediciones.....	78
3.6 Recorrido de mediciones continuas.....	81
3.7 Análisis de los Resultados.....	84
CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
4.1 Conclusiones.....	87
4.2 Recomendaciones.....	88



## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

Figura 2.1 <i>Onda Electromagnética</i> .....	7
Figura 2.2 <i>Espectro electromagnético y telecomunicaciones</i> .....	9
Figura 2.3 <i>Comunicaciones ELF submarinas</i> .....	11
Figura 2.4 <i>Comunicaciones ULF en minas</i> .....	12
Figura 2.5. <i>Opacidad de la atmosfera a la radiación electromagnética</i> .....	13
Tabla 2.6. <i>Diferentes clasificaciones de radiación IR.</i> .....	16
Figura 2.7. <i>Temperatura de radiación más intensa.</i> .....	17
Tabla 2.8. <i>Denominación de radiación ultravioleta</i> .....	18
Figura 2.9. <i>Atenuación de la radiación ultravioleta</i> .....	20
Figura 2.10. <i>Rayos cósmicos y aurora boreal.</i> .....	25
Figura 2.11. <i>Clasificación y tipos de radiaciones</i> .....	26
Figura 2.12 <i>Radiación alfa</i> .....	31
Figura 2.13 <i>Radiación Beta</i> .....	32
Figura 2.14 <i>Radiación Gamma</i> .....	32
Figura 2.15 <i>Radiación Neutrónica.</i> .....	33
Figura 2.16 <i>División de Celdas Móviles</i> .....	49
Figura 2.17 <i>Radio Bases por Operador</i> .....	57
Figura 2.18 <i>Radio Bases Claro Guayas.</i> .....	59
Figura 2.19 <i>Radio Bases Movistar.</i> .....	63
Figura 2.20 <i>Radio Bases CNT</i> .....	68

### CAPITULO 3

Figura 3.1 <i>Narda SRM 3000</i> .....	75
--	----

Figura 3.2 SAMRNI.....	79
Figura 3.3 Niveles de Campo Eléctrico.....	80
Figura 3.4 Recorrido de Mediciones Continúas .....	82
Figura 3.5 Recorrido de Mediciones Continúas .....	82
Figura 3.6 Recorrido de Mediciones Continúas .....	83
Figura 3.7 Recorrido de Mediciones Continúas .....	83
Figura 3.8 Recorrido de Mediciones Continúas .....	84
Figura 3.9 Mediciones de RNI en UCSG .....	85

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO 2

Tabla 2.1 <i>Dosis Efectiva</i> .....	29
Tabla 2.2 <i>Limites de Dosis de Radiación</i> .....	30
Tabla 2.3 <i>Límites de exposición de radiación ultravioleta en función al peso</i> 37	
Tabla 2.4 <i>Efectos Dañinos del Laser</i> .....	42
Tabla 2.5 <i>Límites de exposición de laser a la vista</i> .....	43
Tabla 2.6 <i>Límites de exposición de laser a la vista</i> .....	43
Tabla 2.7 <i>Límites de exposición de laser a la vista</i> .....	44
Tabla 2.8 <i>Índices permisibles de radiaciones</i> .....	45
Tabla 2.9 <i>Profundidad de penetración dependiendo bandas establecidas</i> ..	47
Tabla 2.10 <i>Diferentes estándares de uso en Europa</i> .....	51
Tabla 2.11 <i>Radio Bases Claro</i> .....	58
Tabla 2.12 <i>Radio Bases Claro</i> .....	60
Tabla 2.13 <i>Radio Bases Movistar</i> .....	61
Tabla 2.14 <i>Radio Bases Movistar</i> .....	64
Tabla 2.15 <i>Radio Bases CNT</i> .....	67
Tabla 2.16 <i>Radio Bases CNT</i> .....	69

### CAPITULO 3

Tabla 3.1 <i>Tabla de Resultados con su descripción</i> .....	86
---	----

## RESUMEN

Lo que encontraran en esta tesis es una investigación sobre las radiaciones no ionizantes y su forma de medición, así como el diseño de una cartografía interactiva en las cuales se puede visualizar los puntos de mayor y menor intensidad de radiación no ionizante diferenciado por colores, así como las radio bases que se encuentran dentro de los predios de la UCSG identificadas cada una con un código de color para así diferenciar las operadoras a las que pertenecen.

Se planteó como problema el crecimiento tecnológico que se viene dando en los últimos años y como podría esto afectar a las personas, el crecimiento de la tecnología móvil con lleva un mayor número de radio bases que podrían emitir radiaciones no ionizantes las cuales podrían afectar a las personas; la UCSG siendo un centro de estudio de tercer nivel debe tener un informe sobre la radiación que emiten las radio bases que se encuentran ubicadas en sus predios y una visualización de los puntos en los cuales exista una mayor radiación, para futuros temas de estudio.

Con la ayuda de la SUPERTEL organismo encargado de llevar un control de las radiaciones no ionizantes se lograron realizar las mediciones exitosamente tanto en las radio bases como dentro de las aulas estudiantiles, así como el diseño cartográfico dinámico propuesto en este trabajo con el fin de base de datos para la UCSG en futuras investigaciones.

## **ABSTRACT**

What we find in this thesis is an investigation into non-ionizing radiation and way of measuring and designing an interactive mapping in which you can display the points of major and minor non-ionizing radiation intensity differentiated by colors, so such as base stations which are located within the grounds of the UCSG identified each with a color code to differentiate operators so they belong.

Was raised as a problem technological growth that has occurred in recent years and how might this affect people, the growth of mobile technology brings a greater number of base stations that could emit non-ionizing radiation which could affect people; UCSG be a center of tertiary study must have a report on the radiation emitted by base stations that are located on their properties and display the points at which there is a greater radiation, for future topics of study.

With the help of SUPERTEL organism responsible for keeping track of non-ionizing radiation is able to perform measurements successfully both base stations and within student classrooms and dynamic cartographic design proposed in this paper to base UCSG data for future research.

## **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

Las Radiaciones no ionizantes en el Ecuador no es algo de lo que la población tenga conocimiento y sus consecuencias en la salud, las cuales pueden llegar a ser muy grande; en el Ecuador los encargados de las mediciones y estudios de RNI son ciertas entidades estatales como la SUPERTEL.

Esta investigación muestra un análisis de mediciones de RNI, para lo cual el investigador necesita conocer tanto las normativas nacionales e internacionales, interactuar con un organismo estatal encargado de las mediciones y con posesión de equipos de alta tecnología para la medición de redes de telefonía celular, radio y microonda.

Este trabajo de titulación evaluara valores de los campos para asegurar que se encuentran dentro de los límites de seguridad de la población y los entornos laborales de las radiaciones no ionizantes (RNI) según lo establecido por las nacionales y su organismo de regulación SUPERTEL.

La realización de evaluaciones de impacto ambiental de las telecomunicaciones dentro de la infraestructura de la universidad Católica Santiago de Guayaquil podremos verificar los efectos de las radiaciones no ionizantes (RNI) y campos electromagnéticos causados por las frecuencias bajas y altas en las cuales vamos a incluir medidas y análisis cumpliendo

todas las normativas y recomendaciones tanto para el entorno profesional como estudiantil.

## **1.1 Justificación**

Con este estudio se desea determinar en qué niveles se encuentran las radiaciones no ionizantes emitidas por las radio bases de las operadoras de telefonía móvil alojadas dentro de los predios de la universidad católica Santiago de Guayaquil, si se mantienen las frecuencias dentro de los rangos determinados por los organismos estatales regulatorios y en caso de no ser así determinar una solución y control de las mismas.

Esta tesis se muestra como un aporte positivo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, mostrando una cartografía en la cual se encuentren de terminadas las zonas de mayor intensidad de radiación y así mismo observar que se encuentren dentro de los parámetro correspondientes.

Uno de los factores a considerar en esta investigación es la determinación de cómo influye en la salud de la población que se encuentra dentro de la universidad católica Santiago de Guayaquil expuesta a radiaciones no ionizantes con frecuencias comprendidas entre 0 Hz a 300Ghz y que estas no afecten su salud encontrándose en los niveles óptimos de intensidad.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Hoy en día existe gran crecimiento tecnológico, lo cual con lleva a muchas personas estén conectadas y comunicadas entre sí, esta demanda de comunicación exige a las operadoras de telefónica móvil a incrementar su número de radio bases y así mismo como un mayor número de dispositivos móviles se encuentran en circulación, pero pocas personas tienen conciencia de la contaminación que esto puede ocasionar. ¿Cómo afecta este crecimiento a la salud y contaminación ambiental de las personas? ¿Qué impacto podría tener un alto grado de contaminación de RNI en la UCSG con una gran magnitud de estudiantes? Estas son algunas de las interrogantes que se deberían plantear hoy en día con este gran crecimiento exponencial de la telefonía móvil.

En el Ecuador pocas personas tienen conocimiento de lo que pueden provocar las radiaciones no ionizantes en su salud, muchas no conocen las normativas básicas de regulatorias y peor aún cómo enfrentarse ante la falta de una.

La gran magnitud de estudiantes en la universidad católica Santiago de Guayaquil junto con el crecimiento de las comunicaciones hace necesario un control estricto de los niveles de las radiaciones no ionizantes en las radio bases existentes dentro de sus predios.



En la actualidad ya existen campañas de información presentas por la SUPERTEL para el conocimiento y reclamos de las personas que puedan identificar contaminación de RNI. La interrogante que debemos plantearnos a partir de esta investigación es ¿El Ecuador se encuentra listo para un crecimiento en la tecnología móvil?

Por lo tanto, encontramos que el problema principal es conocer como incide el número de radio bases en la radiación de energía no ionizante que irradia e los predios de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar un estudio para diseñar una cartografía de intensidad de la radiación no ionizante en los predios de universidad católica Santiago de Guayaquil y evaluar niveles de intensidad de la radiación no ionizante de las radio bases celulares en la población universitaria.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Realizar mediciones de la radiación no ionizante en las radio bases celulares que se encuentran dentro de los predios de la Universidad católica Santiago de Guayaquil.

- Diseñar un mapa cartográfico de la intensidad de la radiación no ionizante en los predios de la universidad católica Santiago de Guayaquil.
- Corroborar que se cumplan los rangos de intensidad de radiación no ionizante establecidos por los organismos regulatorios.

#### **1.4 Hipótesis**

La hipótesis que se plantea en este proyecto de investigación es conocer si en los predios de la UCSG la radiación de energía no ionizante que irradian las radio bases ubicadas dentro de ella, puede incidir en la población universitaria y así mediante esos datos tener un diseño cartográfico de los puntos de mayor intensidad de RNI.

#### **1.5 Metodología de la investigación**

En el presente trabajo se busca aplicar los distintos tipos de métodos de investigación usados en los trabajos académicos, tanto teóricos como empíricos. La utilización de métodos empírico-analítico cuyo fundamento está en la observación de los fenómenos y su análisis estadístico, así mismo el trabajo investigativo incluirá el método científico el cual se pretende perseguir en la presente investigación.

## **PARTE I    MARCO TEÓRICO**

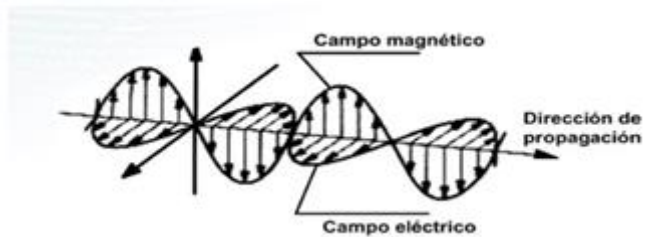
### **CAPITULO 2 RADIACIONES**

#### **2.1    Ondas Electromagnéticas**

Propagación es una forma del transporte de la energía tanto en el espacio como en el tiempo. La onda es una difusión de una alteración de una propiedad en un ambiente específico. Modelos de esto son la densidad, el campo magnético, la presión y el campo eléctrico. Modelos de medios de difusión o propagación son el vacío, el aire, un metal y el agua. Las ondas electromagnéticas es la difusión coexistente entre el campo magnético y el campo eléctrico ocasionado por una carga eléctrica que se encuentra en movimiento.

Las características son:

- Para propagarse no es necesario un medio por lo que se puede propagar en cualquier medio incluyendo el vacío.
- Son tridimensionales porque se propagan en 3 direcciones del espacio.
- Son transversales porque la propagación se produjo perpendicularmente a la perturbación como se observa en la figura 2.1.



**Figura 2.1** Onda Electromagnética

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

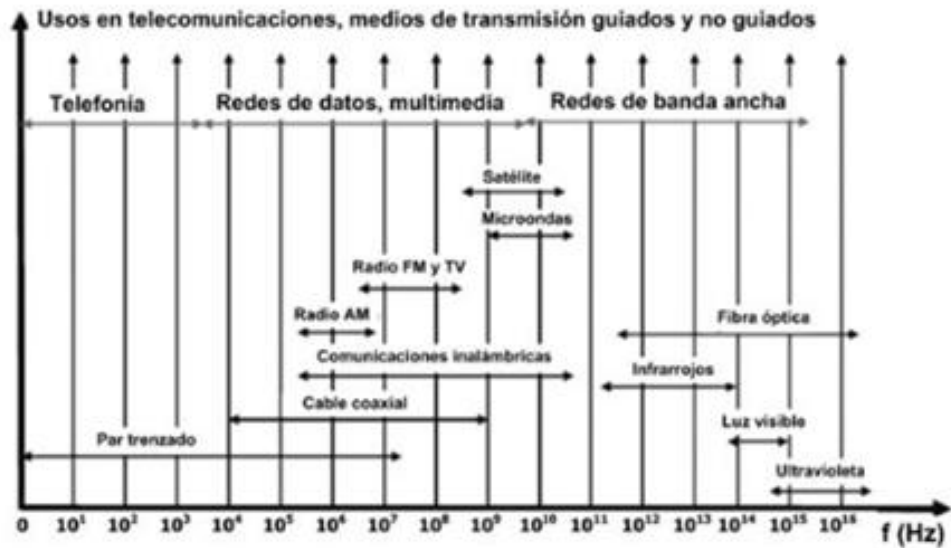
## 2.2 Espectro electromagnético

Radiación electromagnética es denominada a la energía de salida de una fuente en forma de ondas electromagnéticas. Un grupo de todas las posibles frecuencias que produce una radiación electromagnética es denominado espectro electromagnético. El espectro electromagnético posee dos límites teóricos uno inferior y otro superior que son 0 e  $\infty$  respectivamente. La tecnología actual ha podido conocer que existen frecuencias electromagnéticas mayores a  $2,8 \cdot 10^{27}$  Hz y menores a 31 Hz. Al saber de forma teórica que el espectro es infinito y continuo, se presume que la longitud de la onda de menor tamaño posible es la longitud de Planck definida como  $l_p \approx 1,616252 \cdot 10^{-35}$  m medida por la cual se espera que el espacio pierda su geometría clásica, por lo cual se cree que el tamaño máximo de una onda electromagnética sea el tamaño del universo.

### **2.3 Espectro electromagnético y telecomunicaciones**

Las ondas una vez correctamente moduladas se pueden usar para la transmisión de información, logrando así una manera de telecomunicación. En la actualidad se usan en su mayoría ondas electromagnéticas para la transmisión de información por distintos medios como por ejemplo de fibra óptica y el vacío. En cada caso la frecuencia dependerá en su mayoría del medio de transmisión que se utilice, así como también la velocidad de transmisión que se utilice.

Cuando la transmisión de ondas electromagnéticas se realiza por medios como en aire y el vacío (medios no guiados) se llama comunicación inalámbrica o radiocomunicación. Como podemos observar en la figura 2.2 el uso de los distintos servicios de telecomunicaciones sobre medios guiados y no guiados junto a sus respectivos rango de frecuencias



**Figura 2.2** Espectro electromagnético y telecomunicaciones  
Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

## 2.4 Espectro radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es una parte o porción del espectro electromagnético que se identifica por sus posibilidades de comunicación, el espectro electromagnético es propicio para la transmisión de la información por el vacío. Se determinó esta porción por dos características principales:

- Propagación en las distintas frecuencias.
- El avance de la tecnología.

“En la conferencia de la UIT-R (Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, entonces denominado CCIR) de

1947, se definía la radiocomunicación como toda telecomunicación producida por medio de ondas electromagnéticas comprendidas entre 10 kHz y 3.000 GHz, si bien únicamente se atribuían bandas de frecuencia para su uso en radiocomunicaciones entre 10 kHz y 10,5 MHz. De acuerdo al vigente Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT-R, en la actualidad se considera que el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3.000 GHz y se propagan por el espacio sin guía artificial.” (Ordoñez Luque, 2012)

Actualmente la UIT-R en la práctica no se entrega a radiocomunicaciones frecuencias por debajo de 9 kHz ya que no son apropiadas para este servicio y por su pequeña tasa de transmisión, así mismo mayor a 275 GHz por poco desarrollo tecnológico. Existen también ciertas excepciones que se encuentran fuera del rango determinado por la UIT-R como por ejemplo los infrarrojos.

## **2.5 Tipos de radiación electromagnética**

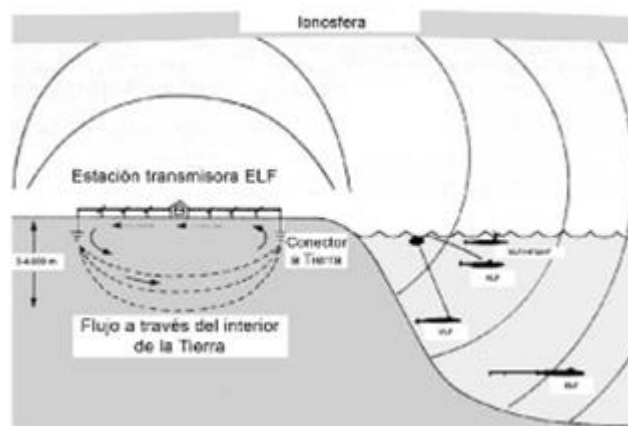
### **2.5.1 Ondas de subradio**

Por lo general, como se mencionaba en el texto anterior, se utilizan frecuencias mayores a 9 kHz que competen a la banda 4, estas ondas son llamadas de subradio pertenecen a la banda 3e que pertenecen a las

frecuencias de 3kHz. Estas ondas no son muy utilizadas porque tienen ciertos inconvenientes particulares:

- Poseen anchos de banda muy pequeños lo que disminuye la tasa de transmisión.
- Se requieren antenas de costos muy excesivos.

Por la razón de tener una baja frecuencia se las utiliza en su mayoría en submarinos como podemos observar en la figura 2.3 ya que logra penetrar a mayor profundidad, así mismo esto permite reducir el tamaño de las antenas por el alargamiento eléctrico, lo cual ha resultado bastante conveniente para el ámbito militar en las comunicaciones submarinas.



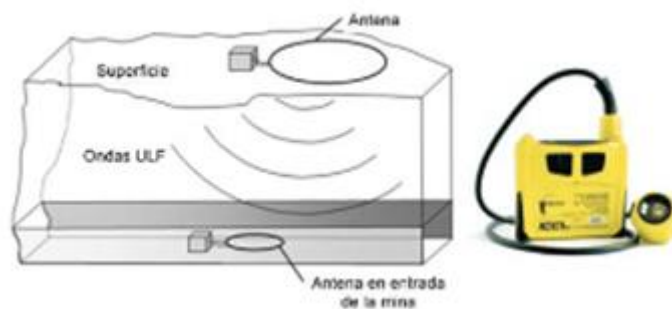
**Figura 2.3** Comunicaciones ELF submarinas  
Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

Cuando este sistema de comunicación submarina se implementó y se usó en su mayoría en comunicaciones unidireccionales y con mensajes con poca cantidad de información, como indicarle a un submarino que suba a la superficie o algún otro tipo de mensaje de ese tipo.



Nuestro planeta emite naturalmente ondas ELF debido al espacio que se encuentra entre la superficie y la ionósfera, estas ondas empiezan con rayos que mantienen en movimiento los electrones alojados en las atmósfera. Otro uso muy común para las ondas ELF y considerado uno de los más importantes es el transporte de la energía eléctrica en dos frecuencias 50 y 60 HZ, mediante este sistema se puede dotar a cualquier punto de la tierra con energía eléctrica.

La banda ULF tiene la propiedad de poder penetrar la corteza terrestre y por este motivo es muy utilizada en la comunicación de minas como podemos observar en la figura 2.4, por lo cual se la utiliza en su mayoría en el ámbito militar. Otro uso poco conocido es el uso de los radioaficionados para comunicarse en un rango limitado.

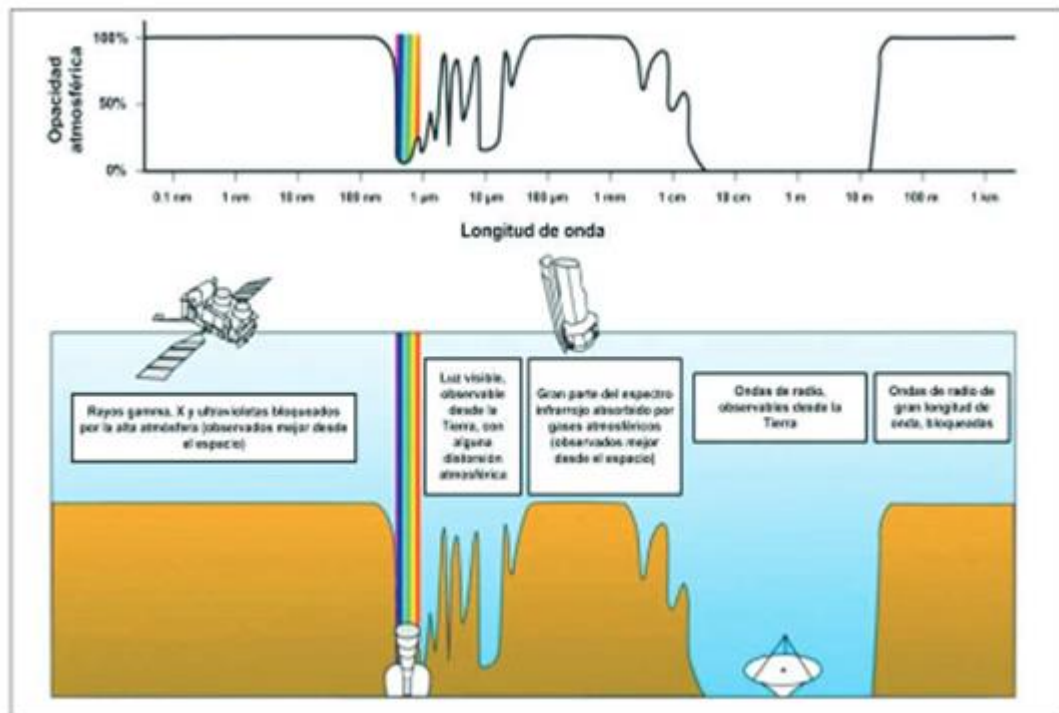


**Figura 2.4** Comunicaciones ULF en minas  
Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

### 2.5.2 Ondas radioeléctricas

Una de las ondas más importantes debido a sus propiedades de propagación, estas ondas logran cruzar la atmósfera terrestre y así

permitirnos las comunicaciones con nuestros satélites, en la figura 2,5 se observa los rangos de opacidad de la atmosfera hacia la radiación electromagnética emitida para la comunicación, esta banda es muy utilizada para muchos más propósitos de transmisión.



**Figura 2.5.** Opacidad de la atmosfera a la radiación electromagnética

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

El espectro radioeléctrico es un recurso del estado que tiene alto valor estratégico para el estado, es limitado y escaso; es muy importante porque a diferencia de los medios guiados el espectro radioeléctrico se encuentra en el espacio; por todos estos motivos es necesario regulaciones internacionales que eviten interferencias. La CNAF (Cuadros Nacionales de Naciones de Atribución de Frecuencias es quien ayuda a la UIT-R para que

esto se pueda realizar con la ayuda de ciertos organismos nacionales y regionales.

Existen también otros usos para estas frecuencias denominados genéricamente aplicaciones ICM (Industriales, Científicas y Médicas) como por ejemplo el uso del horno de microondas que eleva la temperatura de los alimentos usando ondas de 2,45 GHz. Las microondas son aquellas ondas comprendidas en el rango de 1 y 300 GHz.

### **2.5.3 Rayos T**

Los rayos T, también conocidos como ondas de terahertz, radiación THz, T-luz o T-lux, son las ondas decimimétricas (banda 12), su rango está comprendido entre 300  $\mu\text{m}$  y 3 mm (frecuencias de 300 GHz a 3 THz). Por lo tanto los rayos R se encuentran situados en la mitad de todo el rango de frecuencias comprendido, es decir, entre el rango más alto de frecuencias que son las microondas y el más bajo que son los rayos infrarrojos. Se puede entender también que representa el límite entre la zona óptica y la zona electrónica del espectro.

Es una radiación no ionizante que se propaga en la línea de visión y penetra varios materiales no conductores, así mismo, no puede penetrar el metal y el agua. A esta frecuencia la radiación es absorbida por la atmosfera por lo cual tiene un uso en las comunicaciones con satélites y otro tipo de aeronaves.

La astronomía, las imágenes médicas, los procesos químicos, la defensa, la trazabilidad son algunos de las aplicaciones que se encuentran en esta banda, aunque aún muchos ámbitos de esta banda de frecuencia son desconocidos se apunta a un gran desarrollo de la misma.

Este rango de frecuencias aun es desconocido y mantiene muchas investigaciones en el ámbito médico, procesos químicos y astronomía, así mismo, en aplicaciones de seguridad y control de calidad.

#### **2.5.4 Radiación infrarroja**

“La radiación infrarroja es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la radiación de luz visible, pero menor que las microondas. Su rango de longitudes de onda está entre 0,7 y 1.000  $\mu\text{m}$ , dependiendo de diversas clasificaciones. La radiación infrarroja es denominada también radiación térmica ya que cualquier cuerpo a una temperatura mayor a 0 °K (cero absolutos, -273,15 °C) la emite. En general, la radiación infrarroja se asocia con el calor, ya que es producida por la temperatura de los cuerpos.” (Ordoñez Luque, 2012)

Según el tema de estudio y en base a la distancia podemos presentar la siguiente tabla de radiación infrarroja de la siguiente manera:

CIE	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	f (THz)	DIN	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	f (THz)	ISO	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	f (THz)
IR-A	0,7-1,4	215-430	NIR	0,75-1,4	215-400	NIR	0,78-3,0	215-385
IR-B	1,4-3,0	100-215	SWIR	1,4-3,0	100-215	MIR	3,0-50	6-215
IR-C	3,0-1.000	0.3-100	MWIR	3,0-8,0	37,5-100	FIR	50-1.000	0,3-6
			LWIR	8,0-15,0	20-37,5			
			FIR	15,0-1.000	0,3-20			

Astr.	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	f (THz)	Sens.	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	f (THz)	Corns.	$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	f (THz)
NIR	(0,7-1,0)-5,0	60-300	NIR	0,7-1,0	300-430	Banda O	1,26-1,36	220-238
MIR	5,0-(25-40)	7,5-60	SWIR	1,0-3,0	100-300	Banda E	1,36-1,46	205-220
FIR	(25-40)-(200-350)	0,85-7,5	MWIR	3,0-5,0	60-100	Banda S	1,46-1,53	196-205
			LWIR	5,0-12	25-60	Banda C	1,53-1,565	192-196
			VLWIR	12-30	10-25	Banda L	1,565-1,625	185-192
						Banda U	1,625-1,675	179-185

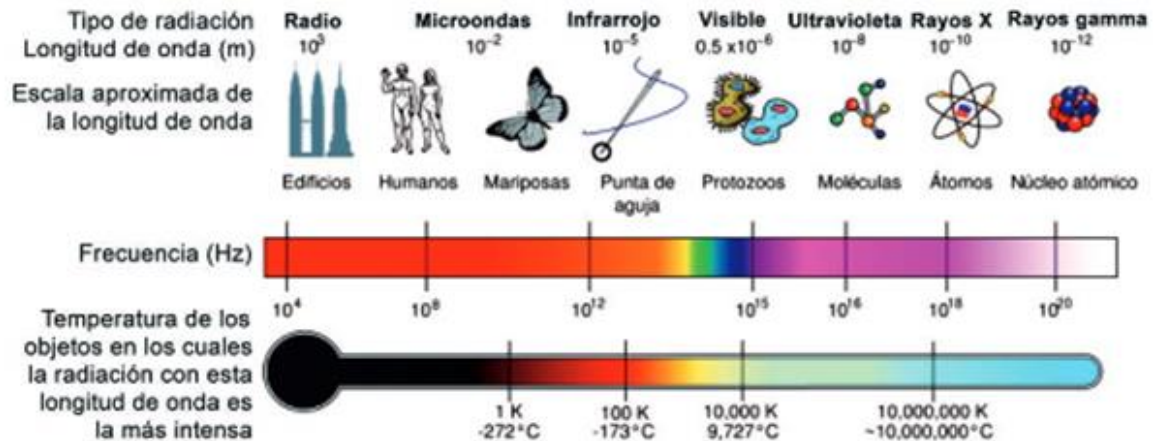
**Tabla 2.6.** Diferentes clasificaciones de radiación IR

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

La mayoría de los cuerpos tienen sus emisiones dentro del rango comprendido por la frecuencia de la radiación infrarroja como podemos observar en la figura 2.7. Los organismos vivos emiten grandes cantidades de radiación infrarroja, debido a su temperatura. El ser humano tiene una temperatura corporal promedio de 37 °C por lo cual emite una longitud de onda de 12  $\mu\text{m}$ .

La sensación térmica también se encuentra relacionada con la radiación infrarroja, por lo cual, es posible sentir frío o calor indistinto de la temperatura ambiental o corporal, entonces se entiende que si se recibe mayor radiación térmica de la que se puede emitir se tiene una sensación de

calor, por el contrario si se recibe menor radiación se obtiene una sensación de frío.



**Figura 2.7.** Temperatura de radiación más intensa

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

Los rayos infrarrojos son un tipo de radiación no ionizante muy utilizadas en las comunicaciones a corta distancia. Entre los usos más habituales podemos encontrar lo siguiente:

- Visión nocturna: Se recepta la radiación infrarroja y se observa en un dispositivo los objetos con mayor temperatura como luminosos.
- “Termografía: Averiguación a distancia de la temperatura de los cuerpos. Mediciones de características espectrales en mineralogía, química y biología. Guiado de misiles. Calentamiento y secado en procesos industriales. Espectroscopia. Meteorología y climatología. Astronomía. Medicina. Terapias e imágenes médicas. Telecomunicaciones por fibra óptica.” (Ordoñez Luque, 2012)

### 2.5.5 Radiación ultravioleta

Eran conocidos como “rayos desoxidantes” para luego ser conocidos como rayos UV tiene un rango comprendido entre 10 y los 400 nm el cual empieza en las ondas más cortas del espectro visible.

La radiación ultravioleta se clasifica según su longitud de onda; existen dos tipos de clasificaciones dadas por dos organismos la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y otra utilizada por los físicos:

CIE	$\lambda$ (nm)	E (eV)	Física	$\lambda$ (nm)	E (eV)
UVA1	400-340	3.10-3.65	NUV	400-300	3.10-4.13
			MUV	300-200	4.13-6.20
UVA2	340-315	3.65-3.94	FUV	200-122	6.20-10.2
			EUV	122-10	10.2-124
UVB	315-280	3.94-4.43	VUV	200-100	6.20-12.4
			SUV	150-10	8.28-124
UVC	280-100	4.43-12.4	DUV	300-10	4.13-124

**Tabla 2.8.** Denominación de radiación ultravioleta

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

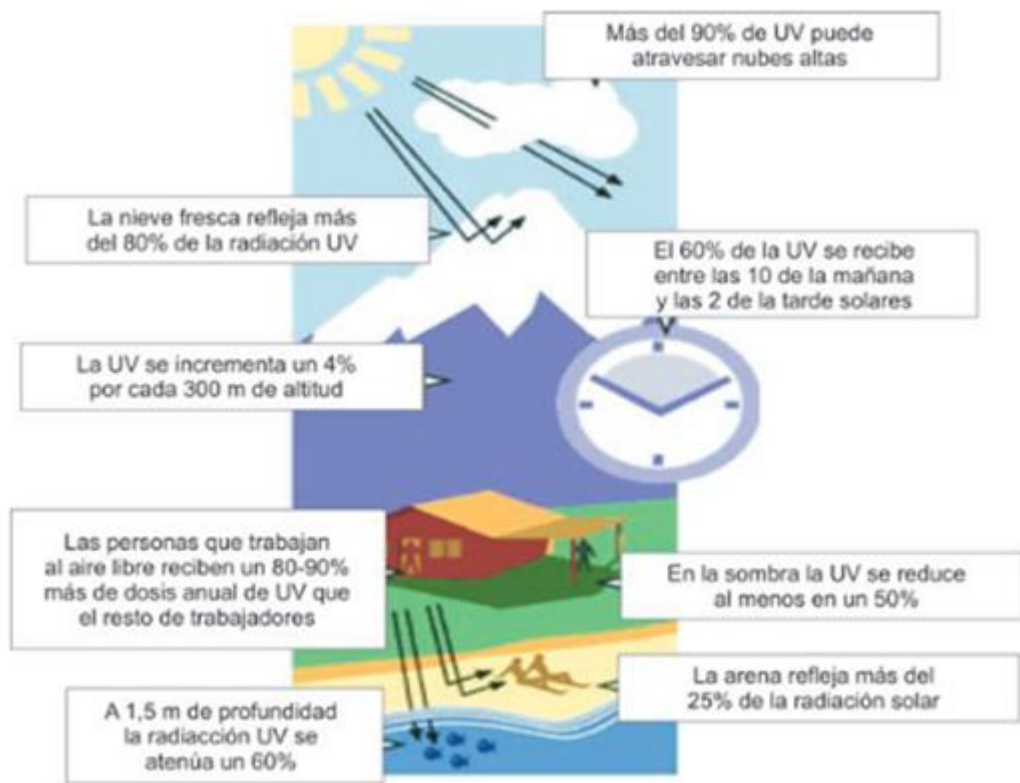
#### 2.5.5.1 Aplicaciones de la radiación ultravioleta:

- Esterilización (240-280 nm).
- Lámparas fluorescentes (300-400 nm)
- Autenticación por fluorescencia (230-400 nm): Permite detectar falsificaciones.
- Detección de defectos por fluorescencia (300- 400 nm)

- Detección de restos en ciencia forense (250- 300 nm) por fluorescencia.
- Control de plagas de insectos (350-370 nm), que se sienten atraídos por la radiación.
- Espectrometría (280-300 nm).
- Litografía (13,5 nm) y láser\*.
- Sensores ópticos e instrumentación (230-400 nm).
- Identificación de códigos de barras (230-365 nm).
- Análisis proteínico (270-300 nm).
- Visualización de imágenes médicas de células (280-400 nm).

El mayor generador de radiación ultravioleta es el sol, pero la mayor parte de la radiación ultravioleta es absorbida por el oxígeno y la capa de ozono, en la figura 2.9 podemos observar la atenuación de la radiación ultravioleta frente a la capa de ozono. Las quemaduras en la piel en un día frío son comunes ya que la radiación ultravioleta emitida por el sol puede producirlas sin necesidad de calentarla, por lo cual se han creado productos de protección como los bronceadores y protectores solares.





**Figura 2.9.** Atenuación de la radiación ultravioleta

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

En las telecomunicaciones no se le da un uso a las radiaciones ultravioletas porque debido a sus características no posee una propiedad de propagación apta para este uso, por este motivo tenemos que desde 12.4 eV (100nm, 3 Phz) se la puede clasificar como radiación ionizante ya que podría alterar estructuras atómicas y moleculares del ser humano.

Existen ciertos animales e insectos que logran percibir la radiación ultravioleta para lograr comunicarse, localizarse o huir de algún depredador a diferencia de los seres humanos que no podemos percibirla.

### 2.5.6 Rayos X

Los rayos x tienen una banda de frecuencia comprendida entre  $10^{11}$  y  $10^8$  m y poseen una energía con valores entre 120 eV hasta 120 keV, esta radiación se encuentra entre los rangos de la radiación ultravioleta y los rayos gama.

“La diferencia fundamental con los rayos gamma ( $\gamma$ ) es su origen: los rayos gamma ( $\gamma$ ) son radiaciones de origen nuclear, mientras que los rayos X surgen de fenómenos extranucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. Así, los rayos X se generan cuando un haz de electrones que viajan a gran velocidad, es frenado bruscamente al chocar con un obstáculo. La pérdida energética de éstos se convierte en la energía de los rayos X.” (Ordoñez Luque, 2012)

“Los rayos X conforman una radiación ionizante, ya que al interactuar con la materia producen la ionización de los átomos de la misma, originando partículas con carga (iones). Debido a su alta energía y frecuencia, no se utilizan en radiocomunicaciones. Son penetrantes, capaces de atravesar cuerpos opacos y de impresionar las películas fotográficas. Por ello, se usan para radiografías de huesos y órganos internos. Se producen por la desaceleración rápida de electrones muy energéticos (del orden de  $10^3$  eV) al chocar con un blanco metálico.” (Ordoñez Luque, 2012)

“La producción de rayos X, en un espectro continuo de frecuencias y en un espectro discreto característico, se lleva a cabo en tubos de rayos X, que pueden variar dependiendo de la fuente de electrones y son de dos tipos: tubos con filamento o tubos con gas. Los sistemas de detección más típicos son las películas fotográficas y los dispositivos de ionización.” (Ordoñez Luque, 2012)

#### **2.5.6.1 Aplicaciones de los Rayos X.**

- Cristalografía: El estudio de las estructuras cristalinas.
- Inspección de componentes industriales
- Astronomía: Existen rayos X procedentes del espacio.
- Microscopia: Mediante los rayos X se generan imágenes de objetos pequeños.
- Escaneado: para revisar el interior de objetos en los aeropuertos u otros lugares.

#### **2.5.7 Rayos gamma.**

La radiación  $\gamma$  es un tipo de radiación electromagnética (por tanto formada por fotones), producida generalmente por procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón (desexcitación de un nucleón de un nivel o estado excitado a otro de menor energía) o por elementos isótopos radiactivos. (Ordoñez Luque, 2012)

“Los rayos  $\gamma$  son útiles para los astrónomos para el estudio de objetos o regiones de alta energía, y útiles para los físicos gracias a su capacidad

penetrante en la materia y a su producción de radioisótopos, ya que ionizan la materia. Las bandas de frecuencia de los rayos X y los rayos  $\gamma$  se solapan para los rayos  $\gamma$  de menor energía y los rayos X de mayor energía. Este solapamiento se debe a que son radiaciones electromagnéticas provocadas por diferentes fenómenos físicos en algunas frecuencias coincidentes.” (Ordoñez Luque, 2012)

“Así, la radiación  $\gamma$  se produce por la generación de fotones en la descomposición nuclear u otros procesos nucleares y subnucleares, mientras que los rayos X son generados por transiciones electrónicas que implican a electrones interiores muy energéticos. La diferencia entre ambos tipos de radiación no es su longitud de onda, sino en el origen de la radiación. En general, las transiciones nucleares son normalmente mucho más energéticas que las transiciones electrónicas, motivo por el que los rayos  $\gamma$  suelen tener mayor energía que los rayos X. La energía de la radiación  $\gamma$  se mide en MeV, con longitudes de onda incluso inferiores a  $10^{-11}$  m o frecuencias superiores a  $10^{19}$  Hz”. (Ordoñez Luque, 2012)

En su mayoría los rayos gama son utilizados para la esterilización de distintos tipos ya que su elevada energía puede causar graves daños al núcleo de una célula, destruyendo así bacterias que puedan existir. En la medicina tienen distintas aplicaciones, en cirugías para reducir daños en algún tejido o en radiodiagnóstico. Existe también radiación gama procedente del espacio la cual es absorbida por la atmósfera.

### **2.5.8 Rayos cósmicos**

Aun no se tiene un origen exacto de los rayos cósmicos se presume que puedan provenir del sol, otras estrellas o explosiones cósmicas conocidas como supernovas, inclusive se piensa que puedan provenir de agujeros negros. Tiene frecuencias que van desde los YHz hasta ZHz.

“Aún se estudia si es en realidad una radiación electromagnética (ya que se trata de partículas cargadas). Un 90% son protones, un 9% partículas alfa ( $\alpha$ ) (núcleos de helio) y el 1% restante partículas más pesadas (electrones). Debido a su naturaleza eléctrica, son reflectadas por los campos magnéticos (terrestre, solar, galáctico...) y por tanto es difícil reconstruir su origen. Los rayos cósmicos, también denominados ultraenergéticos, poseen una energía cientos de millones de veces superior a la generada por los aceleradores de partículas más potentes creados por el ser humano. Su procedencia es así una incógnita hoy día.” (Ordoñez Luque, 2012)

#### **2.5.8.1 Clasificación de los Rayos Cósmicos**

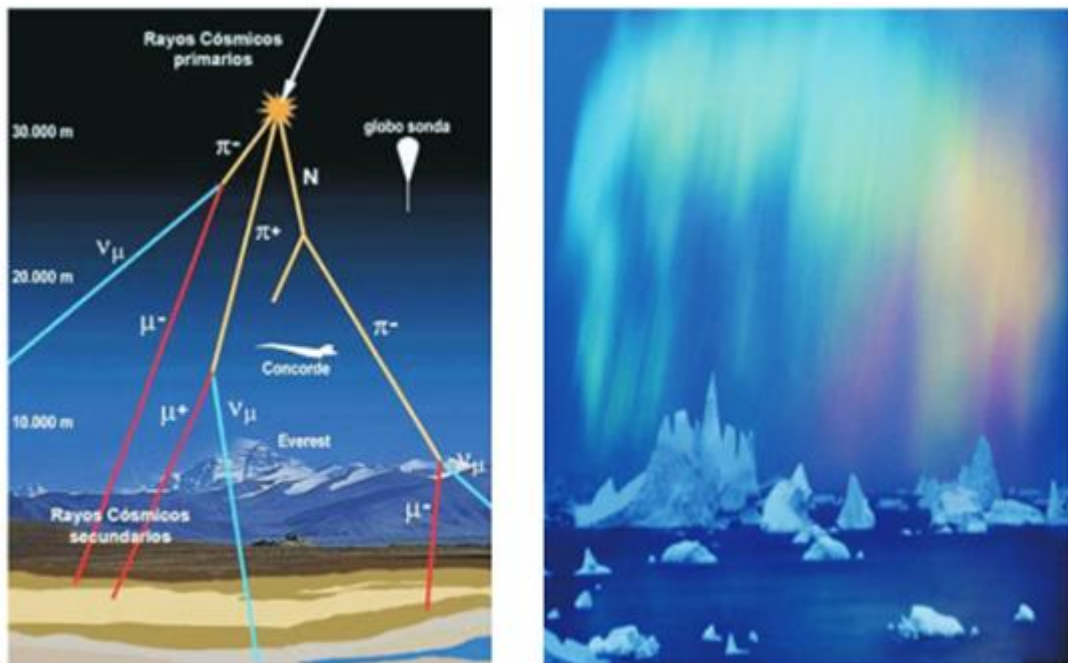
Primarios: Son aquellos rayos que proceden del espacio exterior.

Secundarios: Son aquellos que provienen del golpe con la atmosfera terrestre y cae hasta la superficie de la tierra.

“Los rayos primarios al golpear la atmosfera terrestre colisionan con otras partículas alojadas en la misma, lo cual produce lluvias de electrones,

positrones, mesones, muones, etc. (partículas elementales) y pueden tener un alcance de varios km<sup>2</sup>.” (Ordoñez Luque, 2012)

En ciertas regiones de la atmosfera, específicamente en los polos cuando estas partículas chocan con otras moléculas de aire emiten cierto tipo de luz que se conoce como aurora boreal como los que podemos observar en la figura 2.10. Dependiendo de dónde se suscita este acontecimiento toma su nombre, en el hemisferio norte se la conoce como aurora boreal y en el hemisferio sur como aurora austral.



**Figura 2.10.** Rayos cósmicos y aurora boreal

Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

## 2.6 Tipos de radiaciones

<b>CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE RADIACIONES</b>		
<b>IONIZANTES</b>	RADIACIÓN ALFA RADIACIÓN BETA PROTONES NEUTRONES	<b>CORPUS- CULARES</b>
	RAYOS X RAYOS GAMMA	<b>ELECTRO- MAGNÉTICAS</b>
<b>NO IONIZANTES</b>	RADIOFRECUENCIA MICROONDAS INFRARROJOS VISIBLES ULTAVIOLETAS	

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO MT.II.37

Figura 2.11. Clasificación y tipos de radiaciones

Fuente: (Gonzales & Rabin, 2011)

### 2.6.1 Radiaciones ionizantes

Los equipamientos eléctricos o materiales radiactivos naturales o artificiales son los que dan origen a este tipo de radiaciones.

#### 2.6.1.1 Actividad de un material.

Cuando se produce la transformación de un material de estado estable a inestable, sus núcleos se vuelven inestables, es decir, radiactivo podemos decir que dicho material emite radiaciones ionizantes. Una vez

comprendido esto tenemos que el número de desintegraciones por segundo de un material se lo denomina como actividad de un material.

### **2.6.1.2 Cuantificación de la radiación ionizante**

La radiación ionizante la podemos cuantificar de la siguiente manera:

- **Exposición (X)**

“Un haz de radiación ionizante al atravesar un medio provoca su ionización; esto es, a su paso va arrancando electrones de los átomos presentes y dejando en lugar del átomo un ión cargado positivo.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Dosis absorbida (D)**

“Cuando la radiación atraviesa el material, se invierte una cantidad de energía por cada electrón liberado. Si en lugar de contar la cantidad de carga, consideramos la energía que el material ha absorbido para que se haya generado la carga, estamos midiendo dosis absorbida.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Dosis equivalente (H)**

“En realidad lo que nos importa al final es el daño biológico, y resulta que para igual dosis absorbida el daño es distinto según el tipo de radiación



ionizante: por ejemplo los haces de neutrones son más dañinos que los de radiación X.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Dosis efectiva (E)**

“Por último resulta que cuando somos irradiados no todos nuestros órganos responden igual: unos son más radio sensibles que otros. De ahí que para caracterizar la aparición de efectos radio inducidos cuando la irradiación afecta a más de un órgano, se haya creado la magnitud.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Dosis efectiva**

**Tabla 2.3** *Dosis Efectiva*

<b>TEJIDO Y ORGANNO</b>	<b>FACTOR DE PONDERACION</b>
Gónadas	0,2
Medula ósea (roja)	0,12
Colon	0,12
Pulmón	0,12
Estomago	0,12
Vejiga	0,5
Mama	0,5
Hígado	0,5
Esófago	0,5
Tiroides	0,5
Piel	0,1
Superficie Ósea	0,1
Resto del cuerpo	0,05

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

### **2.6.1.3 Efectos biológicos que produce la radiación ionizante.**

Las radiaciones ionizantes atacan directamente al núcleo de las células, de manera partícula al material genético, es decir, su ADN sea de forma indirecta o de forma directa. Cuando esto sucede tenemos las siguientes consecuencias:

- No existe cambio o alteración genética, por lo tanto, no existe daño biológico.
- Existe un daño de material genético:
  - Las células pueden reparar el daño.

- La célula muere
- Se forma una mutación la cual con lleva cáncer o un efecto hereditario.

Deterministas piensan que el efecto es proporcional a la dosis recibida. Lo cual nos permite entender que una mayor dosis recibida provoca un mayor daño biológico. Cuando existe mayor cantidad de células puede ocasionar el colapso funcional de un órgano, por ejemplo las cataratas.

Probabilistas piensan que a probabilidad del efecto es proporcional a la dosis recibida. Por lo tanto podemos entender que esto podría suceder con una mínima exposición a la radiación. Por ejemplo es el cáncer es suficiente que a una célula tenga una mutación para generar un tumor.

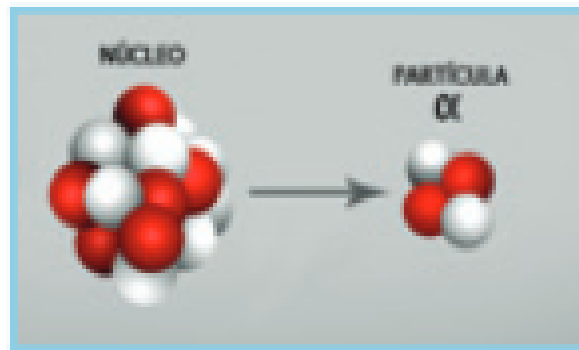
**Tabla 2.4** *Limites de Dosis de Radiación*

PERSONA		LIMITE	LIMITE ESPECIAL (mSv)
		ANUAL (mSv)	
<b>Personal profesionalmente expuesto</b>	Cuerpo entero	20	
	Manos	500	
	Piel	500	
	Cristalino	150	
<b>Publico (cuerpo entero)</b>		1	
<b>Estudiantes</b>	Edad<16	---	
	16<edad<18	6	
	Edad<18	20	
<b>Embarazadas</b>			1 al feto en todo el embarazo

*Fuente:* (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

Las radiaciones ionizantes se pueden clasificar de la siguiente manera:

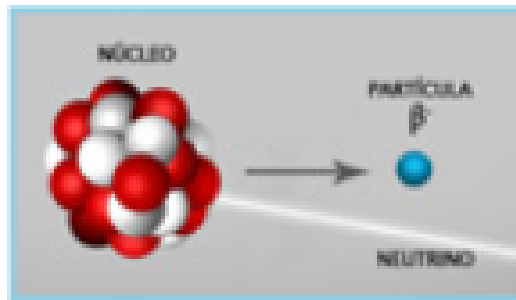
- "Radiación  $\alpha$  (alfa): Un núcleo inestable emite un núcleo de helio (formado por dos protones y dos neutrones); el núcleo original se transforma en otro." (Gonzales & Rabin, 2011)



**Figura 2.12** Radiación alfa

Fuente: (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008) (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

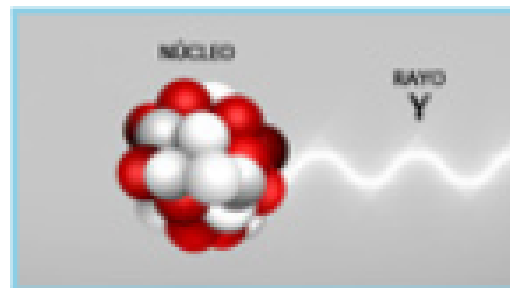
- "Radiación  $\beta$  (beta): Existen dos tipos de esta radiación: si un núcleo inestable emite un electrón, se llama beta menos ( $\beta^-$ ), y si emite un positrón se llama beta más ( $\beta^+$ ); el núcleo original se transforma en otro." (Gonzales & Rabin, 2011)



**Figura 2.13** Radiación Beta

Fuente: (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

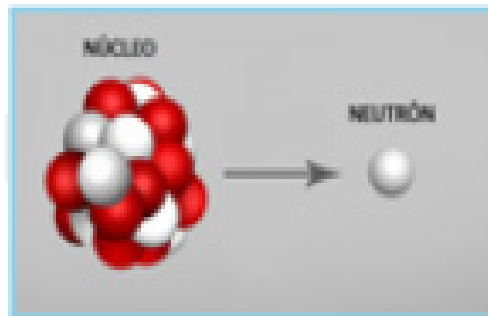
- “Radiación g (gamma): Son fotones usualmente de muy alta energía, emitidos por núcleos inestables u otros procesos. El núcleo no cambia su identidad sino que únicamente pierde energía.” (Gonzales & Rabin, 2011)



**Figura 2.14** Radiación Gamma

Fuente: (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008) (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- “Radiación neutrónica: Es la emisión de neutrones en procesos nucleares.” (Gonzales & Rabin, 2011)



**Figura 2.15** *Radiación Neutrónica*

Fuente: (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008) (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

### **2.6.2 Radiaciones no ionizantes**

En los últimos años las radiaciones no ionizantes han llamado la atención en el campo de las telecomunicaciones debido al gran crecimiento tecnológico que está ocurriendo, sea han puesto atención a sus efectos biológicos dañinos. Con anterioridad ese tipo de radiación era fácil de controlar, sus efectos no eran inmediatos y se presumía que además de los pocos problemas de salud que se suscitaban no existían otros.

En todo esto existe paralelamente un gran crecimiento tecnológico en los últimos 15 años de equipos que producen este tipo de radiación como por ejemplo laser, microondas y telefonía móvil avanzada. En la actualidad aun es desconocido si la radiación no ionizante puede producir daños a nivel celular que vaya más allá de generación de minúsculas corrientes eléctricas o pérdida de temperatura, excepto ciertos casos en los cuales pueda parecer reversible.

No existen aún registros confirmados epidemiológicos que logren refutar los puntos expuestos anteriormente y esto se debe a lo reciente de dicho problema y a la cantidad de factores a los cuales se podrían predominar debido a dichos estudios y las consecuencias de las mismas.

Los escasos registros de estudios que se poseen sobre efectos epidemiológicos en la actualidad no poseen una información concreta apuntando en direcciones opuestas; Existen registros que apuntan a una relación entre el cáncer y las radiaciones no ionizantes, mientras que por el contrario se tienen algunas que nos indican lo contrario.

#### **2.6.2.1 Zona óptica**

- **Radiación ultravioleta (UV)**

“Se denomina UVA (o cercano) a la Rem de longitud de onda entre 315 y 400 nm. Se denomina UVB (medio) a la Rem de longitud de onda entre 280 y 315 nm. Se denomina UVC (o lejano) a la Rem de longitud de onda entre 100 y 280 nm.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Fuentes**

“Se origina a partir de transiciones electrónicas de capas exteriores de átomos (frente a los rayos X que se originan en transiciones de capas interiores). La fuente principal de radiación ultravioleta es el Sol: contiene los tres tramos, pero a nosotros, debido a la absorción atmosférica no nos llega

prácticamente nada de UVC. Además se genera en fuentes artificiales (paso de corriente eléctrica a través de mercurio vaporizado, lámparas de gases, flashes, arcos de soldadura). De igual forma, los tubos fluorescentes de luz blanca emiten una pequeña cantidad de UV, que contribuye a la dosis anual UV de los trabajadores.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Aplicaciones.**

Como pudimos conocer anteriormente la radiación ultravioleta es muy dañina pero a su vez tiene muchos beneficios para nuestra salud; es necesario recibir esta radiación para la producción de vitamina D3 de nuestra piel. Los rayos UVA para el tratamiento de la psoriasis y para un bronceado en la piel. Los rayos UVC para el uso de esterilización de distintos objetos ya que puede eliminar bacterias.

- **Efectos biológicos dañinos.**

Los mayores efectos dañinos de los rayos UV es en la vista y en la epidermis. Si se mantiene una exposición durante un gran periodo de tiempo puede producir una pérdida de ciertas propiedades de los pies como su elasticidad e incluso puede producir cáncer a la piel. Las estadísticas indican que la mayor causa de cáncer a la piel es la radiación ultravioleta específicamente los rayos UVB.



- **Piel:**

“Eritema (enrojecimiento): Respuesta fotoquímica de la piel resultado normalmente de sobreexposición a UVB y UVC. El UVA para producir por sí solo eritema debe recibirse a valores muy elevados (más de 10 J/cm<sup>2</sup>).”  
(Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Ojos:**

Conjuntivitis.

Cataratas.

- **Estándares de seguridad y recomendaciones.**

A lo largo de los años se ha dado límites de exposición (LE) establecidos por la Asociación de Protección de Radiación Internacional / Comité de Radiación No Ionizante (IRPA/INIRC), estos niveles de radiación no deben sobrepasarse durante un cierto tiempo.

**Tabla 2.5** Límites de exposición de radiación ultravioleta y espectral en función al peso

Wavelength* (nm)	EL (J m <sup>-2</sup> )	EL (mJ cm <sup>-2</sup> )	Relative Spectral Effectiveness S <sub>λ</sub>	Wavelength* (nm)	EL (J m <sup>-2</sup> )	EL (mJ cm <sup>-2</sup> )	Relative Spectral Effectiveness S <sub>λ</sub>
180	2,500	250	0.012	310	2,000	200	0.015
190	1,600	160	0.019	313 <sup>b</sup>	5,000	500	0.006
200	1,000	100	0.030	315	1.0 × 10 <sup>4</sup>	1.0 × 10 <sup>3</sup>	0.003
205	590	59	0.051	316	1.3 × 10 <sup>4</sup>	1.3 × 10 <sup>3</sup>	0.0024
210	400	40	0.075	317	1.5 × 10 <sup>4</sup>	1.5 × 10 <sup>3</sup>	0.0020
215	320	32	0.095	318	1.9 × 10 <sup>4</sup>	1.9 × 10 <sup>3</sup>	0.0016
220	250	25	0.120	319	2.5 × 10 <sup>4</sup>	2.5 × 10 <sup>3</sup>	0.0012
225	200	20	0.150	320	2.9 × 10 <sup>4</sup>	2.9 × 10 <sup>3</sup>	0.0010
230	160	16	0.190	322	4.5 × 10 <sup>4</sup>	4.5 × 10 <sup>3</sup>	0.00067
235	130	13	0.240	323	5.6 × 10 <sup>4</sup>	5.6 × 10 <sup>3</sup>	0.00054
240	100	20	0.300	325	6.0 × 10 <sup>4</sup>	6.0 × 10 <sup>3</sup>	0.00050
245	83	8.3	0.360	328	6.8 × 10 <sup>4</sup>	6.8 × 10 <sup>3</sup>	0.00044
250	70	7.0	0.430	330	7.3 × 10 <sup>4</sup>	7.3 × 10 <sup>3</sup>	0.00041
254 <sup>b</sup>	60	6.0	0.500	333	8.1 × 10 <sup>4</sup>	8.1 × 10 <sup>3</sup>	0.00037
255	58	5.8	0.520	335	8.8 × 10 <sup>4</sup>	8.8 × 10 <sup>3</sup>	0.00034
260	46	4.6	0.650	340	1.1 × 10 <sup>5</sup>	1.1 × 10 <sup>4</sup>	0.00028
265	37	3.7	0.810	345	1.3 × 10 <sup>5</sup>	1.3 × 10 <sup>4</sup>	0.00024
270	30	3.0	1.000	350	1.5 × 10 <sup>5</sup>	1.5 × 10 <sup>4</sup>	0.00020
275	31	3.1	0.960	355	1.9 × 10 <sup>5</sup>	1.9 × 10 <sup>4</sup>	0.00016
280 <sup>b</sup>	34	3.4	0.880	360	2.3 × 10 <sup>5</sup>	2.3 × 10 <sup>4</sup>	0.00013
285	39	3.9	0.770	365 <sup>b</sup>	2.7 × 10 <sup>5</sup>	2.7 × 10 <sup>4</sup>	0.00011
290	47	4.7	0.640	370	3.2 × 10 <sup>5</sup>	3.2 × 10 <sup>4</sup>	0.000093
295	56	5.6	0.540	375	3.9 × 10 <sup>5</sup>	3.9 × 10 <sup>4</sup>	0.000077
297 <sup>b</sup>	65	6.5	0.460	380	4.7 × 10 <sup>5</sup>	4.7 × 10 <sup>4</sup>	0.000064
300	100	10	0.300	385	5.7 × 10 <sup>5</sup>	5.7 × 10 <sup>4</sup>	0.000053
303 <sup>b</sup>	250	25	0.190	390	6.8 × 10 <sup>5</sup>	6.8 × 10 <sup>4</sup>	0.000044
305	500	50	0.060	395	8.3 × 10 <sup>5</sup>	8.3 × 10 <sup>4</sup>	0.000036
308	1,200	120	0.026	400	1.0 × 10 <sup>6</sup>	1.0 × 10 <sup>5</sup>	0.000030

\* Wavelengths chosen are representative; other values should be interpolated at intermediate wavelengths.

<sup>b</sup> Emission lines of a mercury discharge spectrum.

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

Estos estándares para poder determinar si puede existir algún efecto deben determinarse ciertos factores como longitud de onda presente, exposición radiante y duración de las mismas.

- **Radiación infrarroja (IR) y visible**

- **Localización.**

“Visible: Longitudes de onda entre 400 y 780 nm. Infrarrojo:

Desde los 780 nm (limitando con visible rojo) hasta 1000 micras

(limitando con las microondas).” (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

Se suele dividir en:

- “IRA, el más cercano al visible: Entre los 780 y los 1400 nm. (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)
- IRB, intermedio: Entre 1,4 micras y 3 micras. (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)
- IRC, el más alejado del visible: De 3 a 1000 micras.” (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Fuentes.**

La principal fuente de rayos infrarrojos es el sol, pero también tenemos en nuestra planeta fuentes artificiales de la misma como bombillas eléctricas, a esta la podemos denominar como radiación infrarroja visible

Infrarrojo es la temperatura mayor al cero absoluto que puede emitir cualquier cuerpo u objeto existente, la cantidad depende de las consistencias y tamaño del objeto. Como se indicaba anteriormente el sol es una de las mayores fuentes de radiación infrarroja con un 59% de emisión solar.

- **Aplicaciones.**

“Visible: Básicamente iluminación (pero también fototerapia,...).  
Infrarrojo: Todas aquellas en que se desee transmitir calor a la piel o al interior por conducción. En particular a nivel médico terapéutico para artritis reumatoide, artrosis, inflamaciones, dolores irritativos, medicina deportiva,... Obtención de imágenes termo gráficas.”  
(Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Efectos biológicos.**

“Tanto en el visible como especialmente en el caso de IR, se produce deposición de calor. En IR se produce deposición de energía en el primer centímetro de la piel, siguiendo una ley exponencial negativa. Son más penetrantes cuanto más energéticos sean. Los efectos biológicos (beneficiosos y dañinos) son los derivados de la deposición de calor a nivel superficial: eritema, quemaduras, problemas en retina.” (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

Al menos existen cinco tipos de daños a los ojos y la piel provocados por la radiación visible e infrarroja:

- “Daño térmico a la retina (380 nm-1400 nm)
- Daño fotoquímico “luz-azul” a la retina (básicamente 380 nm – 550 nm)

- Daño térmico al cristalino provocado por el infrarrojo cercano (800 – 3000 nm)
- Quemaduras en piel (380 nm – 1 mm) y córnea (1400 nm – 1 mm)
- Daños a piel foto sensibilizada (p. e. tras la ingestión de ciertas moléculas fotosensibilizantes en la comida o medicinas).” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **LASER (Amplificación de luz por emisión estimulada de radiación)**

- **Localización.**

“Existen Láser de IR, UV y visible. P. e. El láser de Argón emite en la zona del verde; el láser de He-Ne emite en rojo; el láser Neodimio-YAG emite en infrarrojo cercano, algunos láseres quirúrgicos emiten en UV.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Propiedades:**

La radiación laser tiene las mismas características al tramo de espectro en el que se encuentre. Lo que la hace particular son sus tres propiedades:

- Mono cromaticidad: Emite un corto rango de frecuencia
- Coherencia: Todas las ondas se encuentran en sus respectivas fases.

- Direccionalidad: divergencia muy poca.

Otra de sus más importantes características es la posibilidad de utilizar fibra óptica para la transmisión, lo que indica que se puede utilizar en grandes intensidades y a ser muy poco divergente, separarse de su fuente no significa que pierda consustancialmente la dosis.

- **Generación.**

“Un láser consta de un medio activo (cuya composición determina la longitud de onda de la emisión), un sistema de bombeo (para elevar los electrones a niveles energéticos superiores; se puede hacer por medios ópticos –fuente luminosa como en láser de rubí, medios eléctricos –corriente eléctrica como en láser He-Ne-, ó medios químicos – energía liberada en creación y ruptura de enlaces químicos como en láser Flúor - Hidrógeno) y una cavidad resonante (dos espejos paralelos uno en cada extremo del medio activo, para provocar amplificación). De acuerdo con su nombre (siglas en inglés), el láser es emisión estimulada de radiación. Básicamente el proceso consiste en lo siguiente: al interaccionar con un átomo excitado un fotón cuya energía es idéntica a la que éste átomo emitiría al desexcitarse espontáneamente, se induce de forma inmediata la desexcitación, y de esta forma la emisión de un fotón idéntico al primero en frecuencia, fase y dirección. La radiación así generada se amplifica por reflexiones sucesivas en los espejos situados en los extremos de una cavidad resonante.” (Carrasco Rodriguez, [marcoshurvitz.com.ar](http://marcoshurvitz.com.ar) Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

- **Aplicaciones.**

Las aplicaciones del láser son muy extensas, se lleva utilizando muy comúnmente como lector de CD y puntero para exposiciones, en la medicina, en las telecomunicaciones e incluso en la fusión nuclear.

- **Efectos biológicos dañinos.**

Los efectos más dañinos producidos por el láser son térmicos o termoquímicos, el daño que pueda causar depende de dos factores determinantes las características del láser y del tejido al cual impacta.

**Tabla 2.6** *Efectos Dañinos del Laser*

REGION ESPECTRAL	OJO	PIEL
UV-C	Foto queratitis	Eritema, Envejecimiento de piel
UV-B	Foto queratitis	Aumento de pigmentación
UV-A	Catarata fotoquímica	Oscurecimientos de pigmentos
VISIBLE	Lesiones en retina fotoquímicas y térmicas	Reacciones fotosensibles
IR-A	Catarata , quemadura en retina	Quemaduras
IR-B	Visión borrosa, catarata, quemadura en cornea	Quemaduras
IR-C	Quemadura en cornea	Quemaduras

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

**Tabla 2.7 Límites de exposición de laser a la vista**

Wavelength $\lambda$ (nm)	Exposure duration $t$ (s)	Exposure limit EL (J/cm <sup>2</sup> or W/cm <sup>2</sup> )	Exposure limit EL (J/m <sup>2</sup> or W/m <sup>2</sup> )	Restrictions
Ultraviolet				
<i>Dual limits for 180–600 nm ultraviolet laser exposures at <math>t &gt; 1</math> ns:</i>				
Photochemical				
180 to 302	1 ns to 30 ks	3 mJ/cm <sup>2</sup>	30 J/m <sup>2</sup>	Aperture sizes: 1 mm for $t < 0.3$ s 1.5 $t^{0.375}$ mm for 0.3 s $< t < 10$ s 3.5 mm for $t > 10$ s
303	1 ns to 30 ks	4 mJ/cm <sup>2</sup>	40 J/m <sup>2</sup>	
304	1 ns to 30 ks	6 mJ/cm <sup>2</sup>	60 J/m <sup>2</sup>	
305	1 ns to 30 ks	10 mJ/cm <sup>2</sup>	100 J/m <sup>2</sup>	
306	1 ns to 30 ks	16 mJ/cm <sup>2</sup>	160 J/m <sup>2</sup>	
307	1 ns to 30 ks	25 mJ/cm <sup>2</sup>	250 J/m <sup>2</sup>	
308	1 ns to 30 ks	40 mJ/cm <sup>2</sup>	400 J/m <sup>2</sup>	
309	1 ns to 30 ks	63 mJ/cm <sup>2</sup>	630 J/m <sup>2</sup>	
310	1 ns to 30 ks	0.1 J/cm <sup>2</sup>	1.0 kJ/m <sup>2</sup>	
311	1 ns to 30 ks	0.16 J/cm <sup>2</sup>	1.6 kJ/m <sup>2</sup>	
312	1 ns to 30 ks	0.25 J/cm <sup>2</sup>	2.5 kJ/m <sup>2</sup>	
313	1 ns to 30 ks	0.40 J/cm <sup>2</sup>	4 kJ/m <sup>2</sup>	
314	1 ns to 30 ks	0.63 J/cm <sup>2</sup>	6.3 kJ/m <sup>2</sup>	
315 to 400	10 s to 30 ks	1.0 J/cm <sup>2</sup>	10 kJ/m <sup>2</sup>	
Thermal				
180 to 400	1 ns to 10 s	0.56 $t^{0.25}$ J/cm <sup>2</sup>	5.6 $t^{0.25}$ kJ/m <sup>2</sup>	

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)

**Tabla 2.8 Límites de exposición de laser a la vista**

Visible				
400 to 700	100 fs to 10 ps	0.015 $C_E$ $\mu$ J/cm <sup>2</sup>	0.15 $C_E$ mJ/m <sup>2</sup>	
400 to 700	10 ps to 1 ns	2.7 $C_E t^{0.75}$ J/cm <sup>2</sup>	27 $C_E t^{0.75}$ kJ/m <sup>2</sup>	
400 to 700	1 ns to 18 $\mu$ s	0.5 $C_E$ $\mu$ J/cm <sup>2</sup>	5 $C_E$ mJ/m <sup>2</sup>	
400 to 700	18 $\mu$ s to 10 s	1.8 $C_E t^{0.75}$ mJ/cm <sup>2</sup>	18 $C_E t^{0.75}$ J/m <sup>2</sup>	
<i>Dual limits for 400–600 nm visible laser exposures at <math>t &gt; 10</math> s</i>				
Photochemical <sup>a</sup>				
400 to 600	10 s to 100 s	10 $C_B$ mJ/cm <sup>2</sup>	100 $C_B$ J/m <sup>2</sup>	(all for 7-mm limiting aperture)
400 to 600	100 s to 30 ks	0.1 $C_B$ mW/cm <sup>2</sup>	1 $C_B$ W/m <sup>2</sup>	for $\alpha < 11$ mrad ( $\gamma = 11$ mrad <sup>b</sup> )
400 to 600	100 s to 10 ks	0.1 $C_B$ mW/cm <sup>2</sup>	1 $C_B$ W/m <sup>2</sup>	for $\alpha < 11$ mrad
400 to 600	10 ks to 30 ks	10 $C_B$ mW/(cm <sup>2</sup> sr)	100 $C_B$ W/(m <sup>2</sup> sr)	for $\alpha > 11$ mrad ( $\gamma = 1.1 t^{0.5}$ mrad)
Thermal <sup>a</sup>				
400 to 700	10 s to 30 ks	1.0 mW/cm <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>	(See Note <sup>a</sup> )
400 to 700	10 s to $T_1$ s	1.8 $C_E t^{0.75}$ mJ/cm <sup>2</sup>	18 $C_E t^{0.75}$ J/m <sup>2</sup>	(all for 7-mm limiting aperture)
400 to 700	$T_2$ s to 30 ks	1.8 $C_E T_2^{-0.25}$ mW/cm <sup>2</sup>	18 $C_E T_2^{-0.25}$ W/m <sup>2</sup>	for $\alpha < 1.5$ mrad
				for $\alpha > 1.5$ mrad

Fuente: (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008) (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003)



**Tabla 2.9 Límites de exposición de laser a la vista**

Near Infrared, IR-A					
700 to 1,050	100 fs to 10 ps	$0.015 C_A C_E \mu\text{J}/\text{cm}^2$	$0.15 C_A C_E \text{mJ}/\text{m}^2$	7 mm limiting aperture	
700 to 1,050	10 ps to 1 ns	$2.7 C_A C_E t^{0.75} \mu\text{J}/\text{cm}^2$	$27 C_A C_E t^{0.75} \text{mJ}/\text{m}^2$		
700 to 1,050	1 ns to 18 $\mu\text{s}$	$0.5 C_A C_E \mu\text{J}/\text{cm}^2$	$5 C_A C_E \text{mJ}/\text{m}^2$		
700 to 1,050	18 $\mu\text{s}$ to 10 s	$1.8 C_A C_E t^{0.75} \text{mJ}/\text{cm}^2$	$18 C_A C_E t^{0.75} \text{J}/\text{m}^2$		
1,051 to 1,400	100 fs to 10 ps	$0.15 C_C C_E \mu\text{J}/\text{cm}^2$	$1.5 C_C C_E \text{mJ}/\text{m}^2$		
1,051 to 1,400	10 ps to 1 ns	$27 C_C C_E t^{0.75} \text{J}/\text{cm}^2$	$270 C_C C_E t^{0.75} \text{kJ}/\text{m}^2$		
1,051 to 1,400	1 ns to 50 $\mu\text{s}$	$5 C_C C_E \mu\text{J}/\text{cm}^2$	$50 C_C C_E \text{mJ}/\text{m}^2$		
1,051 to 1,400	50 $\mu\text{s}$ to 10 s	$9.0 C_C C_E t^{0.75} \text{mJ}/\text{cm}^2$	$90 C_C C_E t^{0.75} \text{J}/\text{m}^2$		
700 to 1,400	10 s to 30 ks	$1.0 C_A C_C \text{mW}/\text{cm}^2$	$10 C_A C_C \text{W}/\text{m}^2$		for $\alpha < 1.5 \text{ mrad}$
700 to 1,400	10 s to $T_2$ s	$1.8 C_A C_C C_E t^{0.75} \text{mJ}/\text{cm}^2$	$18 C_A C_C C_E t^{0.75} \text{J}/\text{m}^2$		for $\alpha > 1.5 \text{ mrad}$
700 to 1,400	$T_2$ s to 30 ks	$1.8 C_A C_C C_E T_2^{-0.25} \text{mW}/\text{cm}^2$	$18 C_A C_C C_E T_2^{-0.25} \text{W}/\text{m}^2$	for $\alpha > 1.5 \text{ mrad}$	
			NTE <sup>b</sup> 100 mW/cm <sup>2</sup>		

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

- **Microondas y RF**

- **Localización**

“Zona del espectro desde 1 Hz hasta la frecuencia del infrarrojo más lejano. En particular las microondas quedarían entre 1 GHz y 300 GHz, y las Radiofrecuencias (y extremadamente bajas frecuencias) tendrían frecuencias inferiores a 1 GHz.” (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

**Tabla 2.10** Índices permisibles de radiaciones

No ionizante						Ionizante			
hf < 12,4 eV						hf < 12,4 eV			
Subradio frecuencias	Radio frecuencias	Microondas	Infrarrojos	Luz visible	Ultravioletas no ionizantes	Ultravioletas ionizantes	Rayos X	Rayos γ	Rayos cósmicos
0   30 kHz	30 kHz   1 GHz	1 GHz   300 GHz	300 GHz   385 THz	385 THz   750 THz	750 THz   3000 THz	3 Phz   30 PHz	30 PHz   300 EHz	3 EHz   3000 EHz	>3000 EHz
∞   100 km	100 km   300 mm	300 mm   1 mm	1 mm   780 nm	780 nm   400 nm	400 nm   100 nm	100 nm   10 nm	10 nm   1 pm	100 pm   0,1 pm	< 0,1 pm

N	Banda	f	λ	Aplicaciones
11	EHF Extremely high frequencies	300 GHz   30 GHz	1 mm   10 mm	Comunicaciones diversas. Radar de navegación.
10	SHF Super high frequencies	30 GHz   3 GHz	10 mm   100 mm	Radar, radio, satélite. Usos industriales. Fisioterapia.
9	UHF Ultra high frequencies	3 GHz   300 MHz	100 mm   1 m	Horno microondas. Usos industriales y médicos. Fisioterapia. TV.
8	VHF Very high frequencies	300 MHz   30 MHz	1 m   10 m	Radio FM, TV.
7	HF High frequencies	30 MHz   3 MHz	10 m   100 m	Soldadura plásticos. Diatermia. Radio OC.
6	MF Medium frequencies	3 MHz   300 kHz	100 m   1 Km	Radio AM.
5	LF Low frequencies	300 kHz   30 KHz	1 Km   10 Km	Calentamiento por inducción.
—	ELF Extremely low frequencies	30 KHz   0 Hz	10 Km   ∞	Ultrasonidos. Técnicas de audio. Transporte energía eléctrica.

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

### ○ Aplicaciones

La aplicación más importante sobre las microondas es el calentamiento de los objetos (diatermia). Otra de sus aplicaciones es en las telecomunicaciones en el tráfico de la telefonía móvil. Además existe una aplicación poco conocida como en resonancias magnéticas

nucleares y de una forma poco profunda con fines terapéuticos para generar corrientes en el interior del paciente.

- **Efectos biológicos.**

Niveles elevados de intensidad en la radiación de ondas de microonda puede tener ciertos efectos importantes en la salud de las personas como por ejemplo: quemaduras superficiales o profundas, alteraciones en fetos de mujeres embarazadas, cambios de comportamiento e incluso hipertermia.

**Tabla 2.11** Profundidad de penetración dependiendo las bandas establecidas

Bandas establecidas según las características de absorción	Frecuencia MHz	Profundidad de penetración (cm)	
		Músculos, piel y tejidos con alto contenido en agua	Grasa, huesos y tejidos con bajo contenido en agua
Banda de subresonancias $f < 30$ MHz Domina la absorción superficial en el cuerpo pero no en cuello y piernas. La absorción decrece rápidamente con la frecuencia.	1	91,30	-
	10	21,60	-
	27,12	14,30	159,00
Banda de resonancias $30 \text{ MHz} < f < 400 \text{ MHz}$ La absorción es alta debido a resonancias del cuerpo entero ( $\approx 70$ MHz), o parciales como la cabeza ( $\approx 400$ MHz)	40,68	11,20	118,00
	100	6,66	60,40
	200	4,79	39,20
	300	3,89	32,10
Banda de puntos calientes $400 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz}$ Se produce absorción localizada por resonancias o por enfoque quasi-óptico del campo electromagnético incidente. El tamaño de los calientes varía entre 1 y varios cm.	433	3,57	26,20
	750	3,18	23,00
	915	3,04	17,70
	1500	2,42	13,90
Banda de absorción superficial $2 \text{ GHz} < f < 300 \text{ GHz}$ La energía se disipa en la superficie del cuerpo de forma similar a las radiaciones infrarrojas.	2450	1,70	11,20
	3000	1,61	9,74
	5000	2,78	6,67
	5300	0,72	5,24
	8000	0,41	4,61
	10000	0,34	3,39

Fuente: (Carrasco Rodriguez, marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes, 2003) (Carrasco Rodriguez, <http://es.slideshare.net>, 2008)

## **2.7 Sistemas de Frecuencia a analizar**

### **2.7.1 Telefonía Móvil**

Para las distintas necesidades de los usuarios existe gran variedad de soluciones para satisfacer las mismas en el ámbito de la telefonía móvil. Como por ejemplo para cubrir un servicio de internet en un edificio tenemos el servicio de redes LAN (redes inalámbricas de área local. Cuando se trata de la cobertura de un área extensa como la metropolitana existen otros tipos de servicio y las opciones de solución serán extensos. Para que todos estos servicios sean disponibles se requiere un estándar universal que permita el control y la garantía de los datos a transmitir en estas redes, esto sería lo ideal, lastimosamente aún no existe un estándar o norma que pueda cumplir con tales disposiciones y así garantizar la navegación desde cualquier dispositivo inteligente.

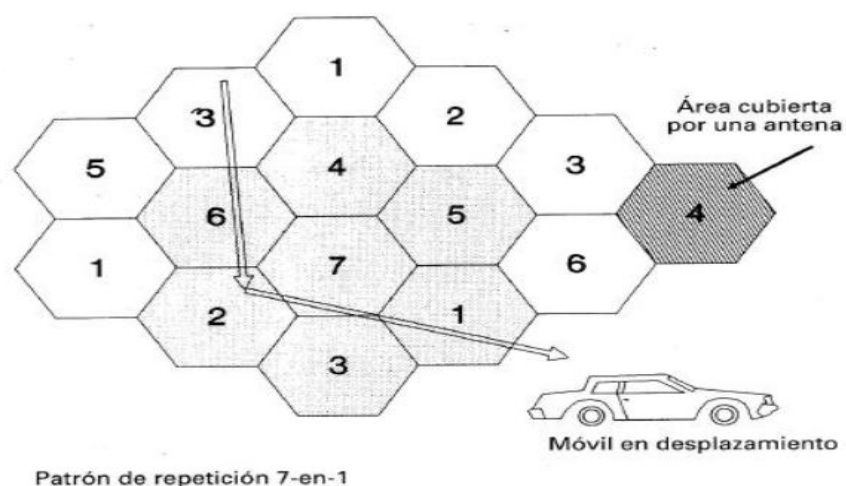
En la actualidad las personas poseen gran variedad de opciones que puede satisfacer sus necesidades en lo que concierne a la telefonía móvil. Existe actualmente una gran demanda de comunicación por parte de las personas ya que los teléfonos con el pasar de los años han reducido su tamaño y han multiplicado sus aplicaciones, con los cuales se pueden realizar no solo llamadas sino textos, imágenes e incluso videos.

#### **2.7.1.1 Funcionamiento**

“Un sistema celular se forma al dividir el territorio al que se pretende dar servicio en células-normalmente hexagonales- de mayor o menor

tamaño, cada una de las cuales es atendida por una estación de radio que restringe su zona de cobertura a la misma, aprovechando el alcance limitado de la propagación de las ondas de radio a frecuencias elevadas así, el espectro de frecuencias puede volver a ser reutilizado en cada nueva célula, siempre teniendo cuidado de evitar las interferencias entre células próximas.” (Fernandez & Gonzalez, 2012)

Al no ser necesaria una frecuencia específica para cada persona se puede lograr un aumento considerable en el número de clientes. Cuanto más pequeñas sean las células mayor será el número de canales que soporte el sistema, un factor determinante para un servicio a las personas es tener grupos de distintas frecuencias para diferentes áreas.



**Figura 2.16** División de Celdas Móviles  
Fuente: (Fernandez & Gonzalez, 2012)

“La razón para elegir células hexagonales es que así en el retículo que se forma la relación entre el perímetro y la superficie es mínima, lo que disminuye el número de handovers que se producen cuando un móvil se desplaza aleatoriamente por las células.” (Fernandez & Gonzalez, 2012)

#### **2.7.1.2 Características**

“Entre las principales características de un sistema de telefonía celular tenemos:

- Mayor capacidad de usuarios.
- Optimización del uso del espectro.
- Extensa cobertura.

El enlace entre el terminal y la red debe mantenerse cuando éste pasa de una célula a otra (handover) y cuando la red identifica la posición del móvil, realizando su seguimiento, facilidad que se conoce como roaming.” (Fernandez & Gonzalez, 2012)

**Tabla 2.12** *Diferentes estándares de uso en Europa*

<b>SISTEMAS MÓVILES CELULARES EUROPEOS</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>BANDA (MHz)</b>	<b>MODULACIÓN</b>
NMT	450/900	FM/FSK
(E)TACS	900	FM/FSK
GSM	900	GMSK
CT-2	900	GMSK
PCN/DCS	1.800	GMSK
DECT	1.800	GFSK

Fuente: (Fernandez & Gonzalez, 2012)

## **2.8 Radiaciones no ionizantes en Ecuador**

En atención a las crecientes inquietudes creadas por las emisoras de radiación no ionizante (RNI) generadas por la instalación de estaciones radioeléctricas , en especial las de servicio Móvil Avanzado (SMA), la superintendencia de telecomunicaciones ha efectuado varias acciones y considera que es necesario que la comunidad conozca y entienda las definiciones técnicas sobre el tema, así como las acciones de control realizadas para garantizar el cumplimiento de lo dispuesto en la normativa vigente.

## **2.9 Ley especial de telecomunicaciones reformada**

Art. 147 del reglamento General a la ley Especial de Telecomunicaciones:

“Los usuarios de los servicios de telecomunicaciones no podrán usar ningún tipo de terminal que no pueda impedir o interrumpir el servicio,



deflagrar su calidad, causar daños a otros usuarios o a otras redes públicas o privadas, ni a empleados de las operadoras de dichas redes. El suministro, instalación, mantenimiento y reparación de los equipos terminales será responsabilidad del propietario del equipo.”

## **2.10 Evolución de la tecnología celular en el Ecuador.**

En el Ecuador la tecnología móvil puede ser dividida por generaciones para un estudio más ordenado y detallado. En el año de 1993 se produce la llegada de una de las operadoras pionera en el país, esta operadora es la muy conocida en esa época como PORTA, cuya razón social es CONECEL S .A., actualmente conocida como la operadora CLARO, junto con el ingreso de esta operadora se produce la llegada de OTECEL S. A. más conocida en la época como CELULAR, años posteriores cambiaría de nombre a BELLSOUTH, actualmente conocida como la internacional MOVISTAR. Durante 10 años desde su llegada en 1993 estas dos operadoras se convirtieron en las únicas que manejaron las telecomunicaciones móviles en el país, pero en el año 2003 se produce la incursión de una tercera operadora para fomentar la competitividad que no existía hasta aquel momento, esta operadora fue conocida como TELECSA que operó en sus primeros años con el nombre de ALEGRO, sin poder competir con las demás fue absorbida por el estado para así repotenciar sus servicios y se convirtió en la actual CNT E.P.

## **2.11 Evolución de las generaciones de Telefonía móvil en el Ecuador**

### **2.11.1 Primera Generación**

Los primeros sistemas de telefonía móvil tenían una baja calidad en el servicio de voz, porque utilizaba una tecnología FDMA brindando servicios de voz aun por canales analógicos, esto provocaba un número limitado de usuarios para los cuales podría llegar con el servicio. Era un sistema con muy poca seguridad en su servicio. La empresa BELL incorporo por primera vez un sistema denominado AMPS más conocido como “Sistema avanzado de telefonía Móvil” el cual fue una de las principales características que se presentaron en esta primera generación.

### **2.11.2 Segunda Generación (2G)**

La segunda generación tuvo un crecimiento exponencial enorme con la implementación de las transmisiones digitales que ayudaron a mejorar distintos factores de la comunicación como el costo del servicio, el tamaño, los equipos y se logró una transmisión con menor tamaño. Con la apertura de los servicios digitales ocurrió la apertura a nuevos servicios como: mensajes de texto (SMS), mensajes multimedia (MMS), identificador de llamadas, etc. Con la llegada de la tecnología digital en las telecomunicaciones se vivió una gran mejora en la seguridad del servicio, la calidad de la voz que se transmitía y la velocidad de TX. La segunda generación incorporo técnicas de MA (acceso múltiple) conocidas como

TDM y CDMA y gracias a esto se logró apertura al sistema conocido como GSM que se volvería muy popular durante unos años.

En el año de 1982 se produjo el desarrollo de programa denominado GSM (Sistema Global para las Telecomunicaciones Móviles) pero logró ser implementado en el años de 1992 en Europa en las redes GSM-900 y se logró iniciar la actividad con ellos en ese año. En el año de 1992 se introducen en el mercado los primeros dispositivos móviles que utilizan GSM. Las tecnologías FDMA Y TDMA de acceso múltiple se utilizaron en la segunda generación.

La segunda generación de telefonía móvil posteriormente evoluciono a la conocida como 2.5G que casi podía alcanzar en ciertos aspectos de la conocida 3G o redes de tercera generación y podían alcanzar 384 kbps en velocidades, lo cual mejoraba enormemente la transmisión de datos hasta el momento, esta tecnología sería solo un preámbulo a la muy conocida 3G que abriría el mercado a una nueva tasa de transmisión. La generación 2.5 de la telefonía móvil posee estas mejoras:

- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) el cual mejora el mecanismo de transmisión de datos.
- GPRS (General Packet Radio Service) utilizaba transmisión por paquetes y utilizaba servicios WAP.
- EDGE (Evolved GPRS) es una evolución del sistema GPRS

Todas estas mejoras apuntaban a una tercera generación dado a las velocidades que podían alcanzar.

Mejoras implementadas en la tecnología 2.5G:

- El sistema de transmisión de datos mejora con la implementación de High Speed Circuit Switched Data (HSCSD).
- Se usaba un servicio WAP y una transmisión por paquetes, servicio conocido como General Packet Radio Service (GPRS).
- Se dio un cambio hacia un mejor servicio después de GPRS con EDGE.

Con las velocidades que se lograban alcanzar se apuntaba hacia una nueva generación de tecnologías móviles y un abanico nuevo de servicios.

### **2.11.3 Tercera Generación (3G).**

El estándar establecido por la IMT-2000 creado con el respaldo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha logrado permitir a través de la telefonía móvil la transmisión de datos mediante el Servicio Universal de Telefonía Móvil. La transmisión de voz y datos así como transmitir solo datos se hace posible con la aparición de la tercera generación, así como la aparición de nuevos servicios, como por ejemplo la recepción y envío de correos electrónicos, descargar aplicaciones y el servicio más popular acceder a servicios de mensajería instantánea como por ejemplo WhatsApp, BlackBerry Messenger, Line, etc., también se realizó

una mejora en la calidad del servicio que brinda para lograr suplir sin inconvenientes las nuevas aplicaciones, así mismo, se hicieron mejoras en las distintas formas de tarificación.

#### **2.11.4 Cuarta Generación (4G)**

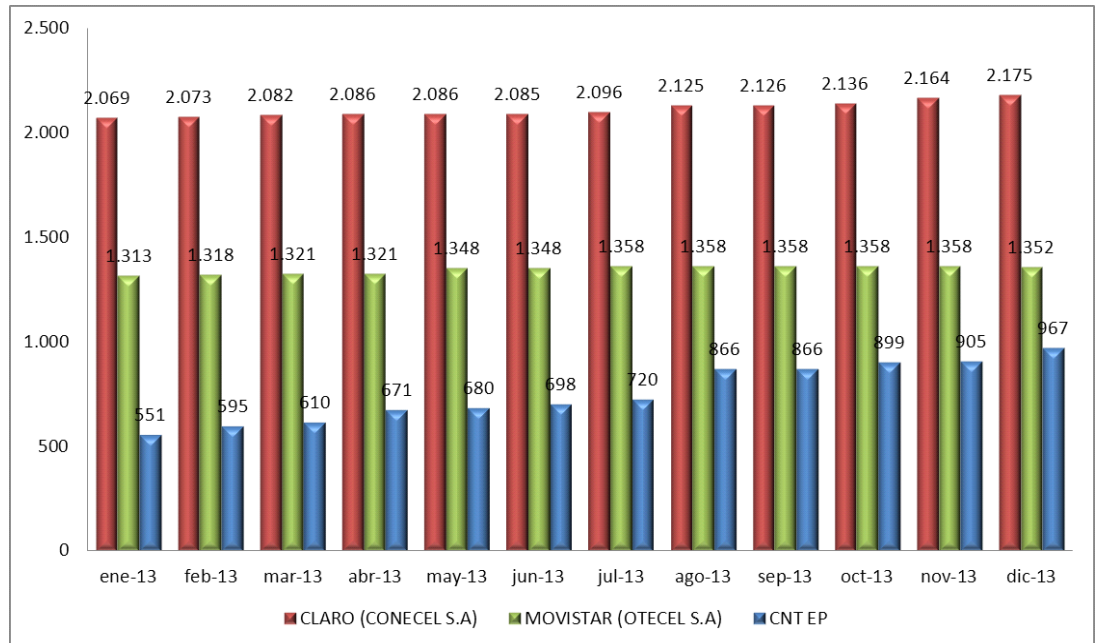
En esta generación se unificarán las redes para así lograr hacerlas aptas para el uso de los teléfonos inteligentes y módems inalámbricos para lograr esto se eliminaron los circuitos de intercambio y se utiliza solamente la tecnología IP con lo cual prácticamente se define esta tecnología. Con estos cambios se espera hacer un uso de un mayor ancho de banda, se espera que para transmitir toda la información por paquetes se logre alcanzar velocidades que alcancen o estén por encima de 1 Gbps.

#### **2.11.5 Radio bases por operador.**

“En el Ecuador las operadoras de SMA (Servicio Móvil Avanzado, término dado por la SUPERTEL a la telefonía celular) han repartido su red por todo el país para poder dar cobertura a la mayor cantidad de usuarios posibles. Como se puede observar en la Figura el número total de estructuras para SMA en el país por operador hasta diciembre del 2013 era de 4494 de las cuales 2175 estructuras pertenecen a Claro, compañía que posee el mayor número de abonados en el país.

Analizando la Figura 2.17 podemos observar que las demás empresas de comunicaciones poseen un gran número de estructuras para SMA en el país Movistar posee un total de 1352 estructuras, mientras que

CNT EP posee 967. Dicho esto podemos ver que la operadora de Claro es la que más cobertura da al país.” (Rodríguez Segura, 2014) (htt)



**Figura 2.17** Radio Bases por Operador  
Fuente: (Ordoñez Luque, 2012)

### 2.11.5.1 Radio bases Claro.

“En el Ecuador se han implementado todas las generaciones de redes que han surgido en el mundo desde que apareció la telefonía celular. Las redes en el Ecuador se están impulsando por las redes 4G siendo CNT EP la operadora que está implementando las primeras redes 4G en el país empezando por Guayas y Pichincha, pero para que estas redes ocupen todo el territorio nacional va a requerir de una gran cantidad de tiempo para que toda la red este implementada.” (Rodríguez Segura, 2014) (htt)

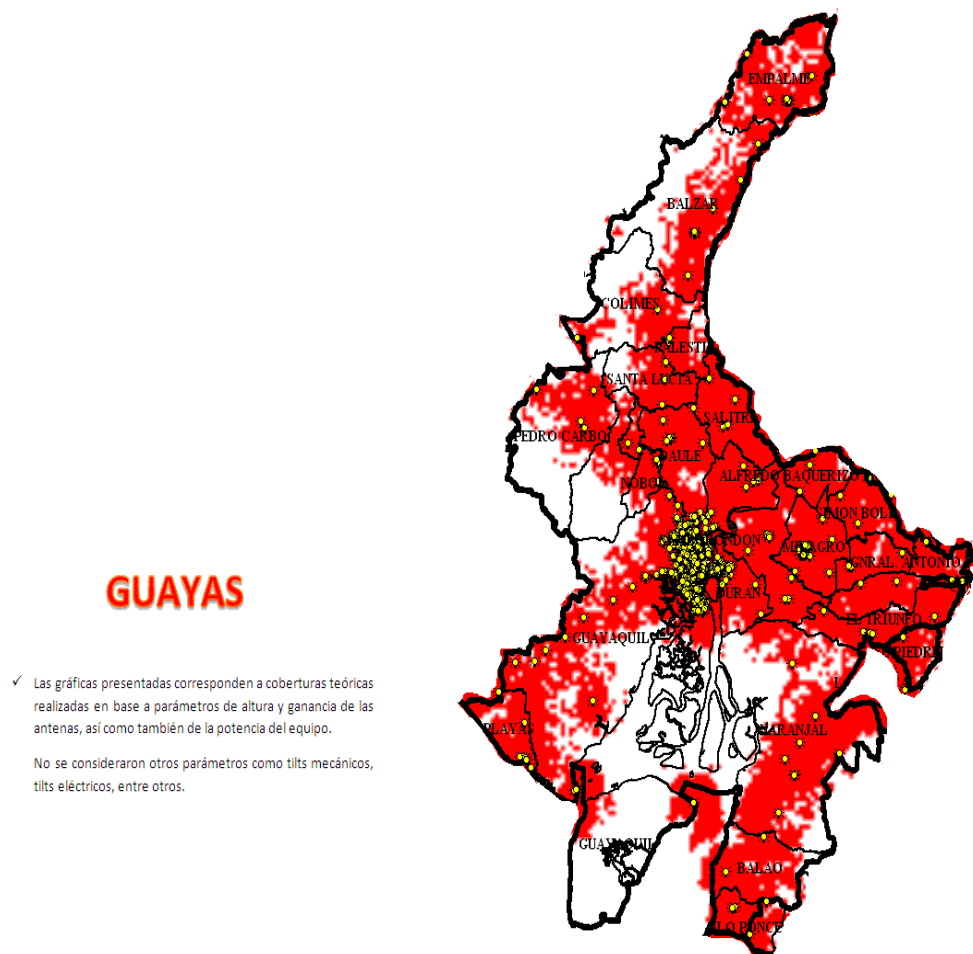
**Tabla 2.13** *Radio Bases Claro*

Radio bases CONECEL S.A.	Dic-13		
	GSM 850	GSM 1900	UMTS 850
Azuay	87	42	48
Bolívar	21	10	7
Cañar	18	4	6
Carchi	25	12	8
Chimborazo	45	20	21
Cotopaxi	33	10	18
El Oro	74	52	39
Esmeraldas	71	48	39
Galápagos	9	5	0
Guayas	568	474	499
Imbabura	45	34	35
Loja	71	35	30
Los Ríos	93	52	49
Manabí	178	115	111
Morona Santiago	14	5	3
Napo	18	3	4
Orellana	22	13	16
Pastaza	8	2	4
Pichincha	428	278	366
Santa Elena	47	31	36
Santo Domingo de los Tsachilas	62	48	43
Sucumbíos	30	16	15
Tungurahua	47	26	29
Zamora Chinchiipe	12	3	2

Fuente: (Rodriguez Segura, 2014)

En la tabla 2.11 tenemos 2026 radio bases pertenecientes a la red de claro en la cual se detalla la cantidad que existen en cada provincia y la tecnología que estas utilizan (GSM 850) siendo la que principal en uso por las redes de Claro. Existen 1428 radio bases en todo el Ecuador que están

**Figura 2.18** Radio Bases Claro Guayas  
Fuente: (Rodriguez Segura, 2014)



implementadas para la aplicación de 3G que utiliza una tecnología denominada UMTS. Existen 499 solo en la provincia del Guayas que implementan esta tecnología, entre las cuales no se encuentran incluidas las otras radios bases que utilizan otra tecnología.

En esta imagen tenemos marcadas las radio bases de la compañía Claro en la provincia como se observa así mismo como la cobertura que



tiene las mismas. En los últimos años se ha incrementado el uso de la tecnología UMTS con la aparición de la tecnología 3G la cual ha tenido un gran crecimiento en el Ecuador y ha brindado una gran demanda de estos servicios. La empresa Claro ha implementado 1428 radio bases que utilizan este tipo de tecnología en los últimos 6 años para poder suplir esta demanda de servicios 3G. En la tabla que se muestra a continuación tenemos detallado esto.

**Tabla 2.14** *Radio Bases Claro*

<b>AÑOS</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>PROVINCIA</b>	<b>UMTS</b>					
<b>Azuay</b>	29	31	33	39	41	48
<b>Bolívar</b>	0	2	2	2	2	7
<b>Cañar</b>	0	0	6	6	6	6
<b>Carchi</b>	0	3	3	4	7	8
<b>Chimborazo</b>	9	11	12	14	18	21
<b>Cotopaxi</b>	8	10	12	13	16	18
<b>El Oro</b>	10	16	20	28	34	39
<b>Esmeraldas</b>	13	12	17	23	32	39
<b>Galápagos</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Guayas</b>	157	163	262	343	425	499
<b>Imbabura</b>	15	17	21	26	32	35
<b>Loja</b>	0	18	21	23	24	30
<b>Los Ríos</b>	11	19	25	30	43	49
<b>Manabí</b>	27	44	51	79	94	111
<b>Morona Santiago</b>	0	0	0	2	3	3
<b>Napo</b>	0	1	2	2	3	4
<b>Orellana</b>	0	6	7	10	13	16
<b>Pastaza</b>	0	2	2	3	3	4
<b>Pichincha</b>	115	132	196	249	300	366
<b>Santa Elena</b>	0	19	22	33	35	36
<b>Santo Domingo de los Tsáchilas</b>	0	20	22	29	38	43
<b>Sucumbíos</b>	0	7	8	9	13	15
<b>Tungurahua</b>	15	16	21	25	28	29
<b>Zamora Chinchipe</b>	0	0	0	1	0	2
<b>TOTAL</b>	409	549	765	993	1210	1428

Fuente: (Rodriguez Segura, 2014)

### 2.11.5.2 Radio bases Movistar.

“Movistar al igual que Claro desplego su red en base a la tecnología que estaba implementándose en el mundo y que estaba evolucionando, como ya se vio la evolución de la red de Movistar, la tecnología que posee más radio bases es la de GSM 850 con 1350 estaciones base y de ahí le sigue la UMTS 850 con 1099 radio bases como se observa en la Tabla.”  
(Rodríguez Segura, 2014) (htt)

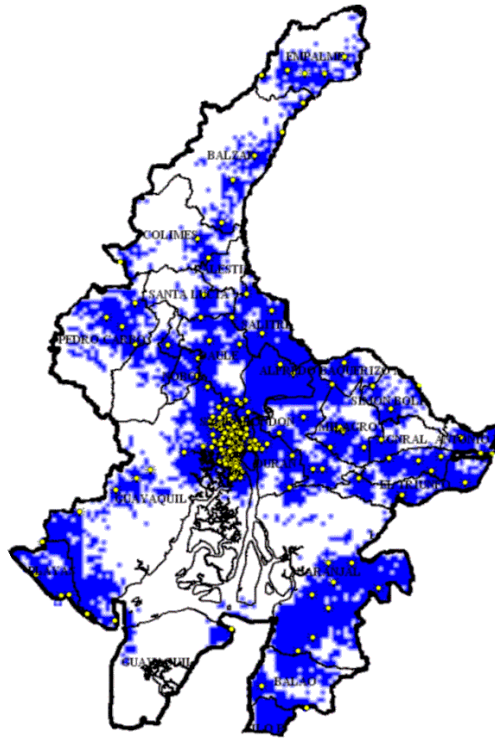
**Tabla 2.15** *Radio Bases Movistar*

Radio bases OTECEL S.A.	dic-13		
	GSM 850	GSM 1900	UMTS 850
Azuay	72	39	57
Bolívar	12	1	8
Cañar	25	9	20
Carchi	16	0	10
Chimborazo	47	19	32
Cotopaxi	44	24	25
El Oro	43	12	26
Esmeraldas	36	6	27
Galápagos	6	5	0
Guayas	237	117	212
Imbabura	21	6	20
Loja	29	9	20
Los Ríos	40	0	32
Manabí	111	18	88
Morona Santiago	10	0	5
Napo	17	5	11
Orellana	17	0	11
Pastaza	9	6	8
Pichincha	388	363	394
Santa Elena	19	3	18
Sto Domingo de los Tsachilas	31	5	17
Sucumbios	16	0	13
Tungurahua	53	33	43
Zamora Chinchiipe	9	0	2

Fuente: (Rodríguez Segura, 2014)

“A diferencia de la red de Claro la implementación de Movistar está más centrada en la región sierra, que posee mayor número de estaciones base que la red de Claro la cual su implementación está centrada en la región costa en donde posee mayor número de abonados que Movistar.”

(Rodríguez Segura, 2014) (htt)



**Figura 2.19** Radio Bases Movistar  
Fuente: (Rodríguez Segura, 2014)

“Centrándonos en el análisis en la provincia del Guayas y más aún en la ciudad de Guayaquil podemos decir que Movistar posee un total de 566 estaciones base en la provincia del Guayas, aproximadamente mil radio bases menos de las que posee Claro, esto se debe a que el mayor número de abonados los tiene en la provincia de Pichincha en la cual tiene 1145 radio bases.” (Rodriguez Segura, 2014) (htt)

**Tabla 2.16** Radio Bases Movistar

PROVINCIA	2009	2010	2011	2012	2013
	UMTS				
Azuay	15	28	30	43	57
Bolívar	0	0	8	8	8
Cañar	0	0	12	17	20
Carchi	0	0	10	10	10
Chimborazo	0	0	27	31	32
Cotopaxi	0	0	21	22	25
El Oro	0	7	12	22	26
Esmeraldas	0	3	22	24	27
Galápagos	0	0	0	0	0
Guayas	77	113	153	198	212
Imbabura	0	0	16	19	20
Loja	0	0	7	19	20
Los Ríos	0	0	21	31	32
Manabí	0	17	34	82	88
Morona Santiago	0	0	1	4	5
Napo	1	1	5	11	11
Orellana	0	0	3	8	11
Pastaza	0	0	2	7	8
Pichincha	130	192	226	346	394
Santa Elena	0	7	10	15	18
Santo Domingo de los Tsachilas	0	0	15	17	17
Sucumbios	0	0	2	7	13
Tungurahua	0	17	33	38	43
Zamora Chinchipe	0	0	1	2	2

Fuente: (Rodriguez Segura, 2014)

Después de la implementación de la tecnología UMTS por parte de Claro Movistar en el año 2009 empieza sus trabajos de implementación. La implementación de radio bases por parte de Movistar es muy constante refiriéndose a la tecnología de tercera generación como vimos anteriormente en la Tabla, pero la gran diferencia entre estas dos operadoras, Claro y Movistar, es el número de radio bases y de sus abonados. Mientras no exista un punto de gran tráfico de información y datos Claro posee una gran calidad de servicio y sin perderla da una mejor movilidad de sus servicios a los usuarios finales. Si nos referimos a un campus universitario, donde existe un gran tráfico de datos e información, podremos notar que al Movistar no tener un gran número de radio bases no lograra abastecer la demanda requerida para sus servicios lo cual pueda provocar malestar en los usuarios.

#### **2.11.5.3 Radio bases CNT EP (EX TELECSA).**

“La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP es la empresa del estado que da SMA en el país. Pensando, desde el momento en que absorbió a Alegra, en mejorar y expandir de manera masiva sus redes con la mejor tecnología posible, para poder romper la brecha digital y poder llegar donde directamente las redes cableadas no llegan. Es por esto que en el presente año decidió implementar en las principales ciudades Guayaquil y Quito la primera red 4G LTE del País, la cual según los funcionarios de la CNT EP va a expandirse por todo el Ecuador. La red de

CNT siempre estuvo orientada a la tecnología CDMA la cual actualmente ya está saliendo del país y las otras operadoras ya no la promueven como parte de sus servicios.” (Rodriguez Segura, 2014) (htt)

“En el país solo la CNT da el servicio de CDMA para las personas que lo soliciten, pero solo permiten servicio de llamadas mas no para tener internet en los dispositivos móviles. Como podemos ver en la Tabla la tecnología de CNT estaba implementada en CDMA pero tan solo en 2 años implementaron 749 radio bases con tecnología UMTS-1900 (Banda de 1900 MHz) y en el 2014 iban a implementar 400 radio bases adicionales en todo el país para poder brindar tecnología HSPA+. En la provincia del Guayas la implementación de radio bases con tecnología UMTS es de 150. Al igual que Movistar el número de usuarios es aún más bajo en comparación con lo que posee Claro, aun así 150 es una cantidad de radio bases muy bajas para todo el tráfico y para la cobertura que debería brindar en caso de que el número de usuarios aumente.” (Rodriguez Segura, 2014) (htt)

**Tabla 2.17 Radio Bases CNT**

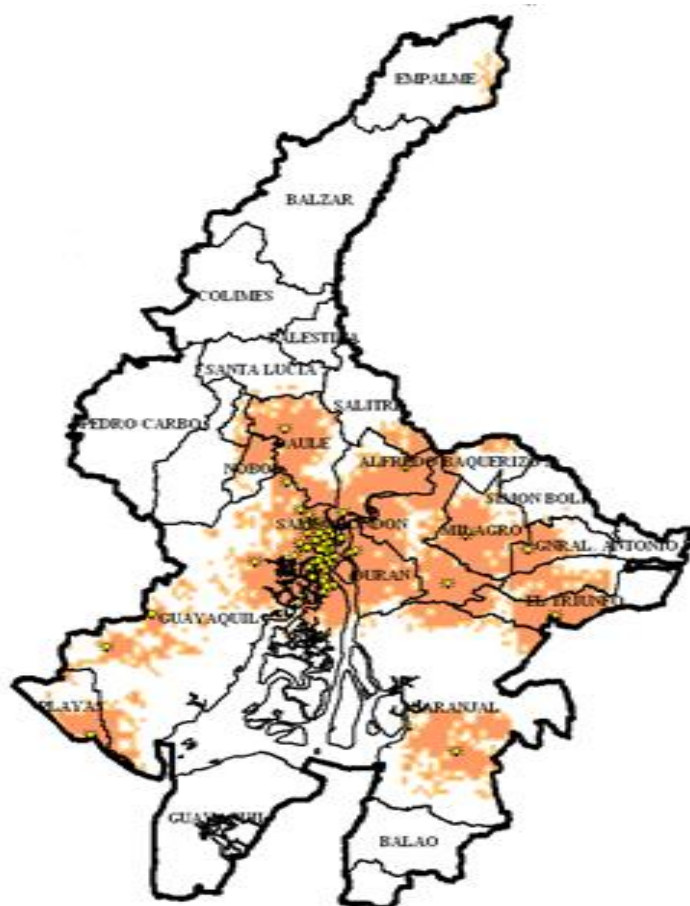
Radio bases CNT EP	dic-13			
	CDMA	UMTS	LTEAWS	LTE 700
Azuay	22	26	0	0
Bolívar	1	1	0	0
Cañar	3	3	0	0
Carchi	3	10	0	0
Chimborazo	3	28	0	0
Cotopaxi	3	20	0	3
El Oro	7	11	0	0
Esmeraldas	6	20	0	0
Galápagos	0	5	0	0
Guayas	58	150	5	0
Imbabura	6	29	0	0
Loja	3	6	0	0
Los Ríos	4	7	0	0
Manabí	16	34	0	0
Morona Santiago	0	2	0	0
Napo	0	8	0	0
Orellana	0	6	0	0
Pastaza	0	6	0	0
Pichincha	69	270	58	0
Santa Elena	8	14	0	0
Santo Domingo de los Tsachilas	7	30	0	0
Sucumbíos	0	13	0	0
Tungurahua	9	47	0	0
Zamora Chinchipe	0	3	0	0

Fuente: (Rodriguez Segura, 2014)

Como podemos observar en la tabla 2.15 existen 150 radio bases en la provincia del Guayas, dicha cantidad es muy baja para lograr cubrir la demanda existente en las principales ciudades de la provincia, Guayas siendo una de las provincia más importantes y significativas del Ecuador tiene un problema de la brecha digital el cual se suscita cuando en las



ciudades con gran número de habitantes los usuarios no pueden acceder a los servicios brindados por las operadoras, ya que estas no tienen suficientes radio bases para cubrir toda la provincia. Como dato adicional tenemos que Movistar le alquila a la compañía CNT la radio bases para poder dar servicio por llamadas de tecnología GSM.



**Figura 2.20** Radio Bases CNT  
Fuente: (Rodriguez Segura, 2014)

Como podemos observar en la figura 2.20 la cobertura de CNT en la provincia del guayas no es muy amplia en comparación a su competencia, esto quizás se deba al poco tiempo que tiene en el mercado en comparación

a su competencia. Esta baja tasa de cobertura provoca que la conectividad de este operador no sea la esperada, este inconveniente no solo suscita en la provincia del Guayas sino también en otras provincias del país.

**Tabla 2.18** *Radio Bases CNT*

PROVINCIA	2012	2013		
	UMTS 1900	UMTS 1900	LTE AWS	LTE 700
Azuay	18	26	0	0
Bolívar	0	1	0	0
Cañar	1	3	0	0
Carchi	3	10	0	0
Chimborazo	6	28	0	0
Cotopaxi	5	20	0	3
El Oro	7	11	0	0
Esmeraldas	8	20	0	0
Galápagos	1	5	0	0
Guayas	51	150	5	0
Imbabura	6	29	0	0
Loja	3	6	0	0
Los Ríos	2	7	0	0
Manabí	12	34	0	0
Morona Santiago	1	2	0	0
Napo	3	8	0	0
Orellana	2	6	0	0
Pastaza	1	6	0	0
Pichincha	110	270	58	0
Santa Elena	8	14	0	0
Sto Domingo de los Tsachilas	9	30	0	0
Sucumbios	2	13	0	0
Tungurahua	15	47	0	0
Zamora Chinchipe	1	3	0	0

Fuente: (Rodríguez Segura, 2014)

En el Ecuador existe un crecimiento en la telefonía móvil muy avanzado por lo cual la empresa del estado CNT desea cubrir la mayor

cantidad de zonas para mejorar la cobertura de su señal, este crecimiento se ha dado de manera muy veloz, el mismo que se puede observar en la tabla que se muestra anteriormente. El arribo de una nueva tecnología al país conocida como LTE ha impulsado al gobierno a que CNT sea la pionera en implementar este servicio en el Ecuador lo cual la convierte en este momento la única operadora que puede brindar este servicio a la comunidad y pueda disfrutar de todos sus beneficios, esta es la última tecnología vigente por lo cual convierte a CNT en una empresa que va en orientada a la evolución tecnológica evolución de la tecnología.

## **2.12 RADIO BASES EN LA UCSG.**

“En las inmediaciones de la UCSG se puede presenciar a simple vista varias antenas en el edificio de Cómputo ubicado muy cerca del centro de copiado “Docucentro” de estas antenas seis pertenecen a la operadora de Claro las cuales están sectorizadas en 60 grados, estas antenas están distribuidas en los vértices de la terraza del edificio de cómputo. Claro cuenta con una radio base en la terraza del edificio de cómputo y este a su vez tiene enlace el cual conecta a una segunda radio base dentro de la UCSG, que está ubicada sobre uno de los Edificios de la Facultad de Economía, esta radio base cuenta con seis antenas sectorizadas en 60 grados para dar servicio a las facultades que se encuentran cerca. Esta solución que implementa Claro es lo que genera que le dé cobertura a toda

la Universidad sin ningún problema dada las dos radio bases que tiene dentro de la UCSG.” (Rodriguez Segura, 2014) ([htt](#))

Movistar para brindar servicio a toda el campus de la UCSG cuenta con un enlace direccionado fuera de las instalaciones, con un conjunto de 6 antenas ubicadas en 60 grados para lograr toda la cobertura, Movistar cuenta con una radio base dentro del campus de la UCSG ubicada en el edificio de computo.

La compañía CNT EP no cuenta con alguna radio base dentro de los predios de la UCSG lo cual dificulta su servicio brindado, la señal que llega al campus universitario son las señales envidadas por las radio bases que se encuentran por el sector cumpliendo su trabajo de cursar el tráfico hacia otros sectores .

## **PARTE II APORTACIONES**

### **CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Aplicación de Recomendaciones**

Para realizar las mediciones de las radiaciones no ionizantes se toma en cuenta ciertas normas internacionales, las cuales son necesarias para mantener un control de las RNI. Existen varias normas destacadas entre ellas tenemos la ITU-T K.52 Y LA ITU –T K.61 de la Unión International Telecomunicaciones, así mismo, tenemos las normas de la ICNIRP. Estas normas son una referencia técnica de las normas para la protección de la radiación no ionizante y que aún se encuentran vigentes en el Ecuador.

La aplicación de estas normas que aún siguen vigentes en nuestro país, junto a los equipos de punta brindados por la Súper Intendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), lograron hacer posible el diseño y estudio de dicho proyecto el cual se detallara a continuación.

##### **3.1.1 ITU-T K.52**

Esta norma se refiere a lograr que las instalaciones de telecomunicaciones puedan mantener dentro de los límites permitidos los campos electromagnéticos para que no puedan ser nocivos para los humanos. Nos enseña una manera general de orientarnos sobre esto, un

método para calcular los límites permisivos y un procedimiento para la evaluación de las instalaciones. En su mayoría la documentación tratada aquí se refiere a los límites de exposición que los equipos de telecomunicaciones deben mantener para no afectar a las personas y son dispuestos por la Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes. (ICNIRP)

Esto se evalúa de acuerdo a unas ecuaciones que se mostraran a continuación, En las gamas de frecuencia tenemos que cubrir los siguientes parámetros:

$$\sum_{i=100KHz}^{1MHz} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1MHz}^{300GHz} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}}\right)^2 \leq 1$$

$$\sum_{j=100KHz}^{1MHz} \left(\frac{H_j}{b}\right)^2 + \sum_{j>1MHz}^{300GHz} \left(\frac{H_j}{h_{l,j}}\right)^2 \leq 1$$

$E_i$ : es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia  $i$

$E_{l,i}$ : es el límite de referencia a la frecuencia  $i$

$H_j$ : es la intensidad de campo magnético a la frecuencia  $j$

$H_{l,j}$ : es el límite de referencia a la frecuencia  $j$

$c = 610/f$  V/m ( $f$  en MHz) para exposición ocupacional y  $87/f^{1/2}$  V/m para exposición del público en general.

$b = 24,4$  A/m para exposición ocupacional y  $5$  A/m para exposición del público en general.

### **3.1.2 ITU-T K.61**

Esta recomendación ayuda a las personas relacionadas al ámbito de las telecomunicaciones a verificar que se cumplan las normas de exposición que son establecidas para las entidades nacionales o locales. Esta norma también nos ayuda a tener una guía sobre la forma de realizar las mediciones para determinar si se cumplen dichos parámetros. Para conocer la exposición de los usuarios ante los distintos casos se ejecutan directrices para lograr así la mejor selección del método.

### **3.2 Análisis de operadores.**

En el Ecuador existen tres operadoras de telefonía móvil OTECEL, CONECEL Y CNT EP las cuales han optado por su migración de tecnología basándose en varios parámetros como el crecimiento de la población, la demanda de tecnología, los nuevos servicios que aparecen en el mercado, la innovación dispositivos, las necesidades de la población, las regulaciones en las leyes de telecomunicaciones, entre otras; mismas que beneficien de distintas maneras al usuario y a la vez visualizar el punto al que podría evolucionar tecnológicamente hablando.

### **3.3 Instrumentación utilizada para las mediciones**

#### **3.3.1 Narda SRM 3000**

El Narda SRM 3000 es uno de los equipos especializados en mediciones de radiaciones no ionizantes que posee la SUPERTEL, este

equipo tiene las características necesarias para poder hacer mediciones tanto estáticas como continuas y así lograr recaudar la información necesaria que para esta investigación.

Para realizar estas mediciones con el NARDA SRM 3000 se deben configurar los parámetros necesarios para medir que son estándares ya establecidos para las mediciones de RNI establecidas para las operadoras móviles, una vez configurado esto el equipo se encuentra listo para realizar las mediciones. Así mismo por si solo el equipo mostrado en la figura 3.1 puede capturar tanto la intensidad y las frecuencias emitidas.



**Figura 3.1** Narda SRM 3000

*Fuente: Autor*

El rango de frecuencia para el funcionamiento de este equipo es de 100 kHz – 3 GHz, entre sus características se denota de muy poco peso una gama muy amplia en sus funciones y de muy simple interacción para condiciones donde se requiere mucha movilidad.



### **3.3.1.1 Características principales**

- Manejo: Los accesorios adicionales como la antena y los cables son de muy fácil detección y los resultados aparecen automáticamente.
- Se pueden realizar selecciones específicas del rango necesario para las investigaciones, lo cual nos permite tener resultados más exactos y fiables
- Permite su utilización en interiores por su gran inmunidad a la radiación.
- Medidas isotrópicas (no direccionales)
- Tiempos de barrido cortos: medidas rápidas
- Dispone de puerto serial y USB para control remoto, y acceso a información.

#### **3.3.1.1.1 Sonda de tipo isotrópica Rango 75 a 3000 MHz**

Es una antena que cubre un amplio rango de frecuencias comprendido entre 75 MHz – 3 GHz. Logra determinar automáticamente los 3 componentes espaciales del campo que se requiere medir. Es una antena que fue diseñada para poder realizar mediciones en lugares de difícil acceso y condiciones para el usuario.

Para realizar mediciones continuas se requiere adaptar un cable que ayuda a la extensión de la antena este cable extensión se conecta con la antena mediante un conector de clavijas múltiples.

#### **3.3.1.1.1 Características de la antena Isotrópica**

- Rango de frecuencia: 75 MHz - 3 GHz
- Antena tipo, campo eléctrico
- Rango dinámico, 0,25 mV / m a 200 V / m
- Destrucción límite, señal de 435 V / m ó 50 mW/cm<sup>2</sup>
- Conector de RF
- Conector N, 50  $\Omega$

#### **3.4 Procedimiento para las mediciones**

Para la configuración de los equipos es necesario seguir los siguientes pasos:

- Colocar antena al dispositivo Narda SMR3000
- Encender el dispositivo
- Seleccionar el modo (Analizador de espectro)
- Configurar frecuencia mínima.
- Configurar frecuencia máxima.
- Conectar el equipo NARDA SMR 3000 a la laptop.
- Abrir el software de análisis SAMRNI (Sistema automático de mediciones de radiaciones no ionizantes.
- Conectar el GPS a la laptop para poder tener los puntos de localización al momento de realizar las mediciones.

### **3.5 Mediciones.**

La forma de realizar mediciones con estos equipos es muy sencilla y práctica, una vez seguidos los pasos anteriormente explicados se adaptan los equipos de acuerdo al tipo de medición que se vaya a realizar. La SUPERTEL posee el equipo necesario para poder adaptar esos dispositivos a un automóvil y realizar recorridos por los distintos puntos de medición.

Existe otro tipo de medición, conocida como mediciones estáticas, las cuales consisten medir cada 30 grados durante 6 min cada punto alrededor de la radio base, este tipo de medición es bastante común en el campo y exacta, sin mucha diferencia de la mencionada anteriormente, cada medición se va utilizar dependiendo de las facilidad que pueda brindar el sector que se encuentre en los alrededores de la radio base.

Para motivos de este diseño e implementación se realizaron las mediciones de manera continua en los dos puntos de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, tanto en la radio base ubicada en el centro de cómputo como en la radio base ubicada en la facultad de economía, para motivos didácticos también se realizó una medición continua en la radio base ubicada en el centro de cómputo.

La forma de realizar una medición continua es muy simple, se necesita tener una distancia promedio de 20 m de la radio base que se va a

medir. Una vez realizado esto se debe recorrer los alrededores para poder obtener lecturas de la potencia de RNI.

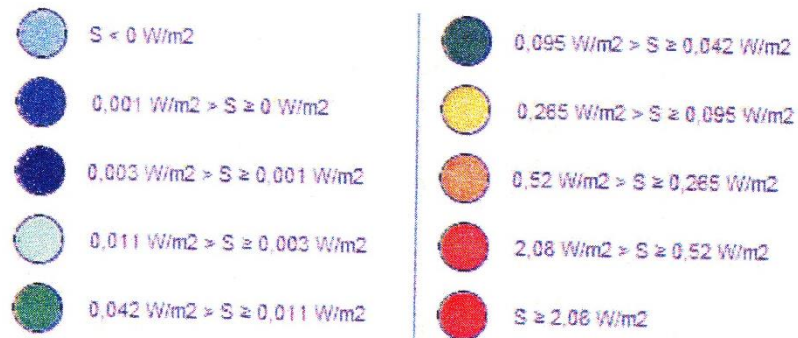
Se deben tener en cuenta lo siguiente: El GPS se debe mantener un punto estático para que así pueda enviar lecturas correctas de posición, se debe tener un camino trazado de recorrido a velocidad media para obtener mediciones exactas y sin ningún tipo de problema. Todos los datos adquiridos son almacenados en la laptop para su posterior manejo. Se debe tener en cuenta que los equipos poseas la batería suficiente para el recorrido a cubrir.

Para el levantamiento de la información se utilizó el sistema automático de Mediciones de radiaciones no ionizantes (SAMRNI) el cual se encuentra esquematizado de la siguiente manera:



**Figura 3.2 SAMRNI**  
*Fuente: Autor*

El SAMRNI permite obtener un mapa de niveles de campo eléctrico visualizados gráficamente mediante un código de colores que se detalla a continuación:



**Figura 3.3** Niveles de Campo Eléctrico  
Fuente: Autor

Los valores medidos son adquiridos mediante el módulo de recolección de datos el cual emplea el equipo NARDA SRN 3000 y un GPS para georreferencia de las muestras. Los valores tomados son adquiridos en modo de ACT, esto es muestras “instantáneas” de campo eléctrico

Una vez realizado el recorrido se reciben los datos en el software SAMRNI (Sistema automático de mediciones de radiación no ionizante) se guardan de manera automática para su posterior análisis, este software es de propiedad de la SUPERTEL y nos permite tener de manera automática tanto archivos .xlsx en el cual podremos observar con detalle posicionamiento, rangos de frecuencia máxima y mínima ingresada anteriormente, potencia eléctrica, y campo electromagnético que podremos observar en los anexos de esta investigación.

Una vez obtenido los archivos .xlsx podremos realizar el diseño cartográfico dinámico de la intensidad de radiación no ionizante, que es el objetivo de esta investigación.

Este diseño es un trabajo conjunto con el software conocido como Google Earth el cual nos mostrara en forma de un mapa interactivo los distintos puntos de intensidad de RNI, así mismo con distintos colores la radio bases ubicadas en el sector.

Cada uno de estos puntos posee distintos tipo de intensidad diferenciados cada uno por distintos colores. Así mismo como las radio bases de las diferentes operadoras OTECEL, CONECEL Y CNT EP.

Adicionalmente, se realizaron mediciones de RNI dentro de la Facultad Técnica para el desarrollo ubicada en los alrededores de una de las radio bases, estas mediciones comprendían los interiores de las aulas para así lograr verificar que se mantengan todo dentro de los rangos permisibles. Así mismo estas mediciones se encuentran adjuntadas y con división de colores dependiendo de la intensidad de las radiaciones no ionizantes.

### **3.6 Recorrido de mediciones continuas.**

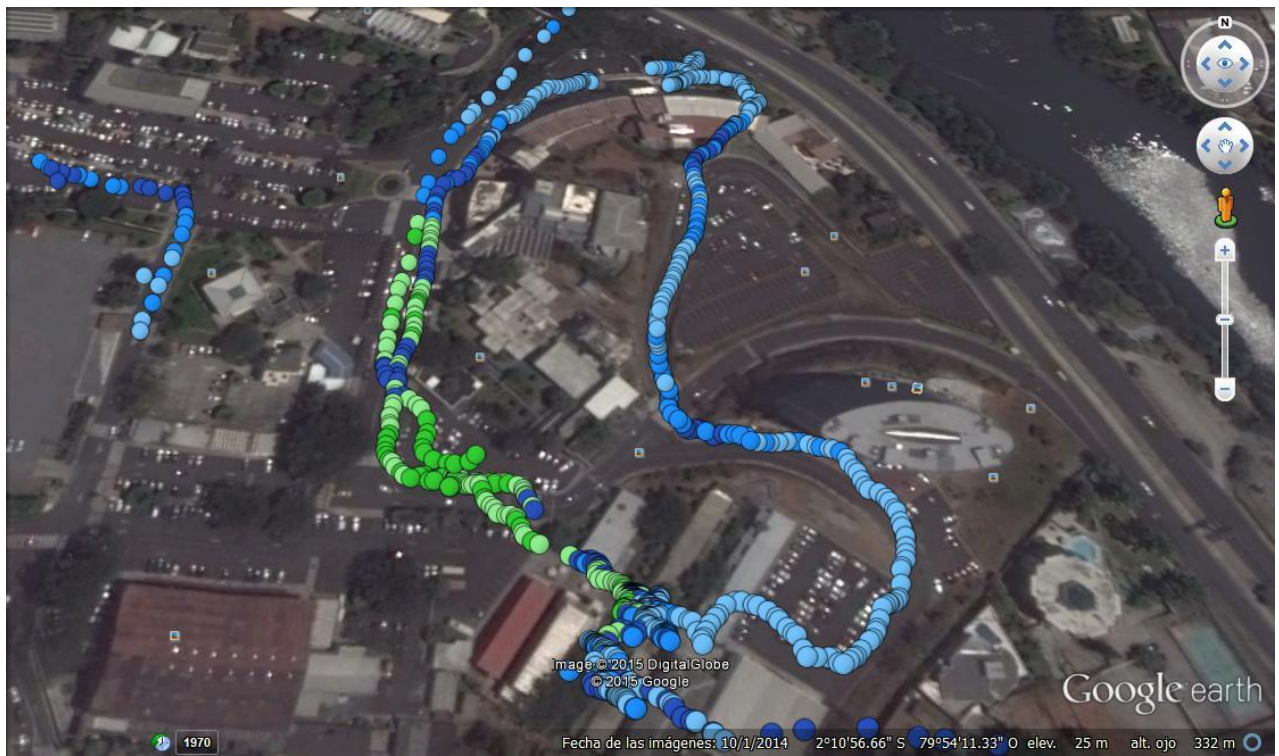
A continuación se observan las imágenes satelitales obtenidas del software de los puntos de medición continuas en las cuales se podrán observar los distintos puntos de mayor intensidad.



**Figura 3.4** Recorrido de Mediciones Continúas  
Fuente: Autor



**Figura 3.5** Recorrido de Mediciones Continúas  
Fuente: Autor

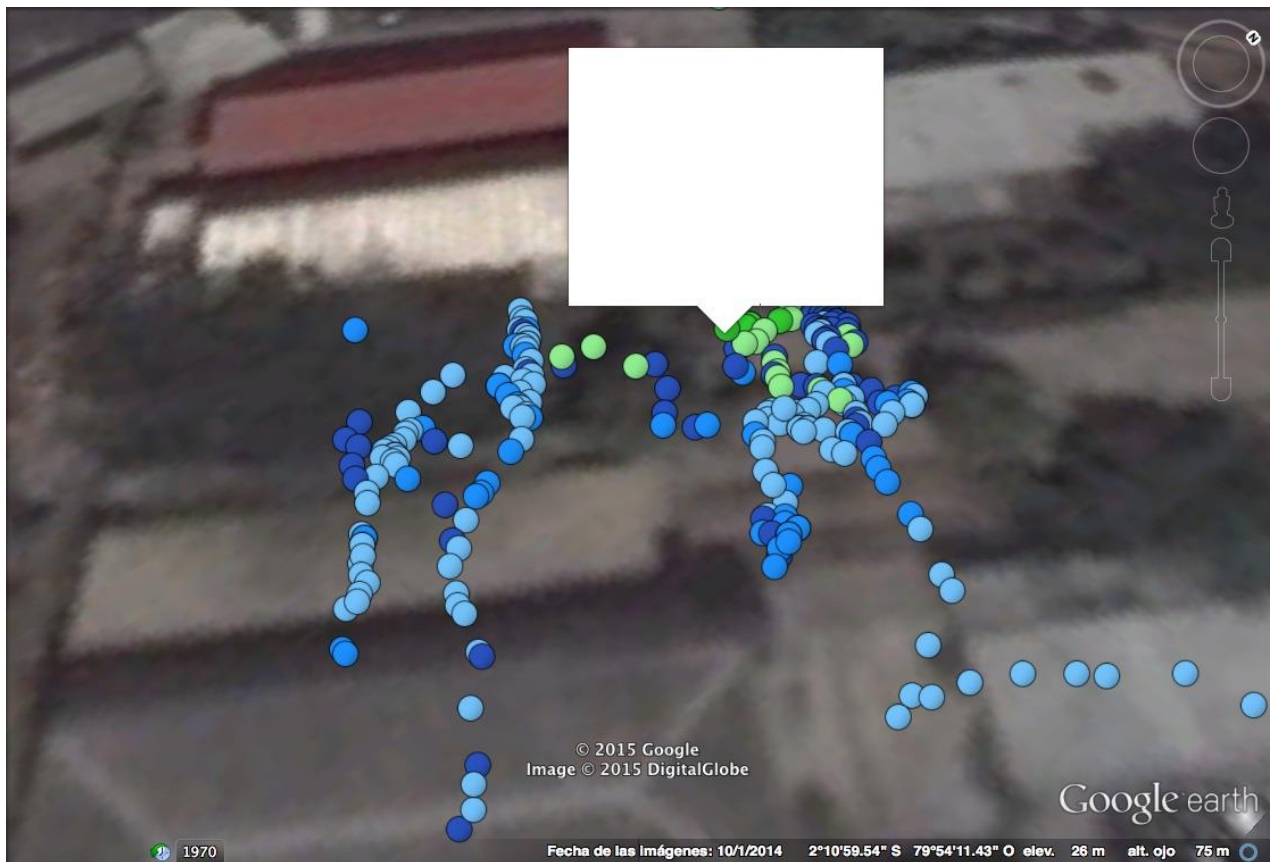


**Figura 3.6** Recorrido de Mediciones Continúas  
Fuente: Autor



**Figura 3.7** Recorrido de Mediciones Continúas  
Fuente: Autor





**Figura 3.8** Recorrido de Mediciones Continúas  
 Fuente: Autor

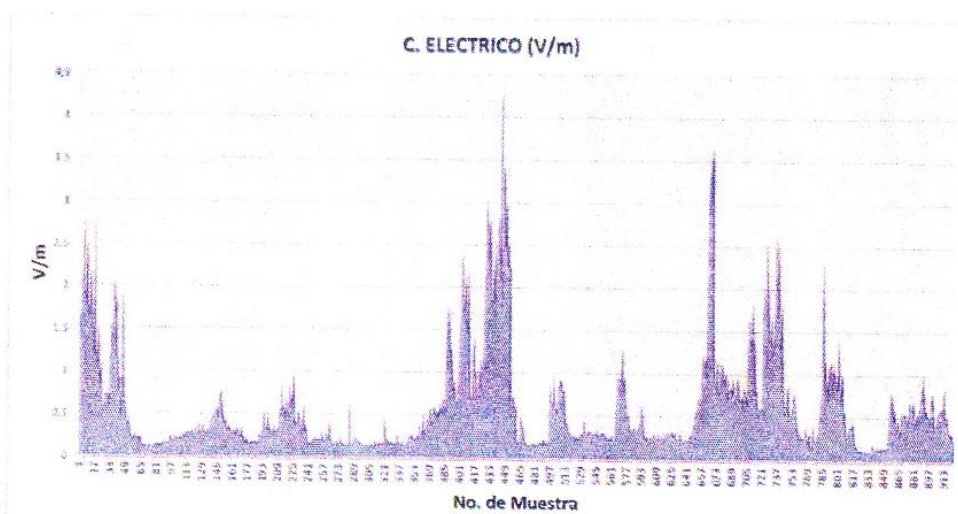
### 3.7 Análisis de los Resultados

De los resultados obtenidos en base a las mediciones realizadas en los predios de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se puede observar que no existen valores superiores a 4,5 V/m, es decir los valores medidos se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido el cual es de 28 V/m.

En la figura 3.9 tenemos el muestreo de las mediciones en los puntos del centro de cómputo y la facultad de economía donde se encuentran las radio bases que se iban a analizar.

El gráfico se encuentra en función del campo eléctrico y el número de muestras tomadas, en el cual podemos observar distintos puntos donde existe una variación del campo eléctrico (V/m), los picos indican un aumento del campo eléctrico observando un máximo en las mediciones de 4.2 V/m valor obtenido en la radio base ubicada en el centro de cómputo, punto donde se han obtenido los valores más elevados que se encuentran en la gráfica como picos; a pesar de observarse distintos picos estos se mantienen dentro de los máximos correspondientes.

Los puntos más bajos visualizados en la graficas pertenecen en su mayoría a la medición realizada en la facultad de economía mismos que están por debajo de 1.2 V/m de intensidad de campo eléctrico.



**Figura 3.9** Mediciones de RNI en UCSG  
Fuente: Autor

En total se tomaron 924 muestras comprendiendo puntos de medición en las tres radio bases (CONECEL, OTECEL, CNT EP) en las cuales se obtuvieron valores comprendidos entre 4,253 V/m y 0,095 V/m, la forma de medición utilizada en estos puntos fue continua rodeando las radio bases a una distancia variable considerando puntos de mayor tránsito, la tabla 3.1 muestra lo explicado anteriormente con un valor promedio obtenido de las mediciones de campo eléctrico, esta es una tabla general de todas las mediciones realizadas en los anexos podemos encontrar en detalle las mediciones realizadas en cada punto con su respectiva latitud.

**Tabla 3.1** *Tabla de Resultados con su descripción*

<b>DESCRIPCION DEL RESULTADO</b>	<b>Valores</b>
<b>Valor Máximo Medido (V/m)</b>	4,253
<b>Valor Mínimo Medido (V/m)</b>	0,095
<b>Valor Promedio Medido (V/m)</b>	0,599
<b>Desviación Estándar</b>	0,619
<b>Muestras Totales</b>	924

Fuente: Autor

## **CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

Se levantaron las Mediciones de RNI con equipos y personal técnico de la SUPERTEL donde se implementó una cartografía dinámica de intensidad de Radiación No Ionizante mediante un programa llamado SAMRNI, en el cual se determinó que las mismas están por debajo de los límites máximos permitidos por la SUPERTEL mediante la Resolución 01-01-CONATEL-2005.

Se concluyó después de las mediciones en los alrededores de las radio bases de la UCSG mediante el método continuo, que los niveles de radiación no ionizante al mantenerse por debajo del límite establecido no podrían provocar alguna afección dentro de la población universitaria.

A pesar de que el centro de cómputo sea un punto estratégico para la implementación de radio bases, lo cual podría presumir que exista mayor probabilidad de intensidad de la radiación no ionizante no existe mayor contaminación de la misma manteniéndose en valores menores a los 2.08 W/m<sup>2</sup> de campo eléctrico.

En cuanto a que la UCSG sea un punto de gran afluencia de estudiantes motivo por el cual se requiere una mayor demanda de servicios que podrían emitir radiación de energía no ionizante no sobrepasa ni alcanza algún punto de intensidad a considerar lo cual indica que podrían existir futuras implementaciones de dispositivos, mientras se mantengan en los parámetros necesarios como los ya ubicados dentro de la universidad.

## **4.2 Recomendaciones**

Después de las investigaciones y procedimientos realizados en este trabajo, se pudo constatar que en la facultad técnica del desarrollo se podría realizar la adquisición de uno de estos equipos de medición, así mismo como el software de medición que utiliza la SUPERTEL. Adquirir estos equipos podría potenciar las investigaciones y desarrollo de la carrera, así como impulsar a los estudiantes al estudio de este campo ya que en la universidad católica Santiago de Guayaquil se encuentra un amplio campo de mediciones por las radio bases encontradas dentro de los predios, así como el canal de televisión.

El campo de las radiaciones no ionizantes es importante por el crecimiento exponencial de las tecnologías, recomiendo que la facultad pueda impulsar este campo en las aulas, para que así se tenga mayor

control y conocimiento de los riesgos y métodos de prevención, así como los equipos y formas de medición.

Al contar en la universidad con un gran campo de trabajo, se pueden realizar estudios, mediciones y mapas de implementación para tener un mejor control y diseño de las radio base, así como sus efectos en las personas.

Las radiaciones no ionizantes es un campo poco explorado con el cual pocas universidades se arriesgan a incurrir en él y sería pionera en investigación y desarrollo el cual se vería con gran demanda al existir unos crecimientos tan grandes en comunicación móvil como los suscitados en estos últimos 10 años.

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de <https://secure.urkund.com/view/document/10224263-626031-934084/download>

Carrasco Rodriguez, J. L. (2003). *marcoshurvitz.com.ar Radiaciones Ionizantes y no ionizantes*. Obtenido de <http://www.marcoshurvitz.com.ar>: <http://www.marcoshurvitz.com.ar/Archivos/Docen/ISFT%20190/Radiaciones%20y%20patologia.pdf>

Carrasco Rodriguez, J. L. (26 de 10 de 2008). *http://es.slideshare.net*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/rahterrazas/riesgoseventuales-presentation?related=1>

Fernandez, A., & Gonzalez, D. (2012). *uhu.es transmision y redes de datos*. Obtenido de <http://www.uhu.es>: [http://www.uhu.es/fernando.gomez/transydat\\_archivos/Movil.PDF](http://www.uhu.es/fernando.gomez/transydat_archivos/Movil.PDF)

Gonzales, G., & Rabin, C. (2011). *Para entender las radiaciones: divnuclear.fisica.edu.uy*. Obtenido de <http://divnuclear.fisica.edu.uy/libro/>: [http://divnuclear.fisica.edu.uy/libro/Para\\_entender\\_las\\_radiaciones.pdf](http://divnuclear.fisica.edu.uy/libro/Para_entender_las_radiaciones.pdf)

Ordoñez Luque, J. (28 de 3 de 2012). *Acta.es Espectro Electromagnetico y Espectro radioelectrico*. Obtenido de <http://www.acta.es/medios>: [http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/062017.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf)

Rodriguez Segura, H. A. (2014). *Repositorio: UCSG*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec>:

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/1806/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-45.pdf>

SUPERTEL. (2012). Evolucion de la Telefonía móvil en Ecuador.

*SUPERTEL no. 16, 4-6.*



## ANEXOS

### Anexo 1



Fotografía de radio bases ubicadas en el centro de computo de las cuales se obtuvieron las mediciones.

## Anexo 2



Radio bases ubicadas en el centro de computo de la UCSG

### Anexo 3



Ing. Milton Alfonso ajustando el software para iniciar las mediciones en los predios de la UCSG

## Anexo 4



Datos y recorrido de las mediciones junto al Ing. Milton Alfonso en los predios de la UCSG

## Anexo 5

**narda**  
Safety Test Solutions

SRM

Ant: 3A175M 30 SMA

Mode: Safety Evaluation Cbl

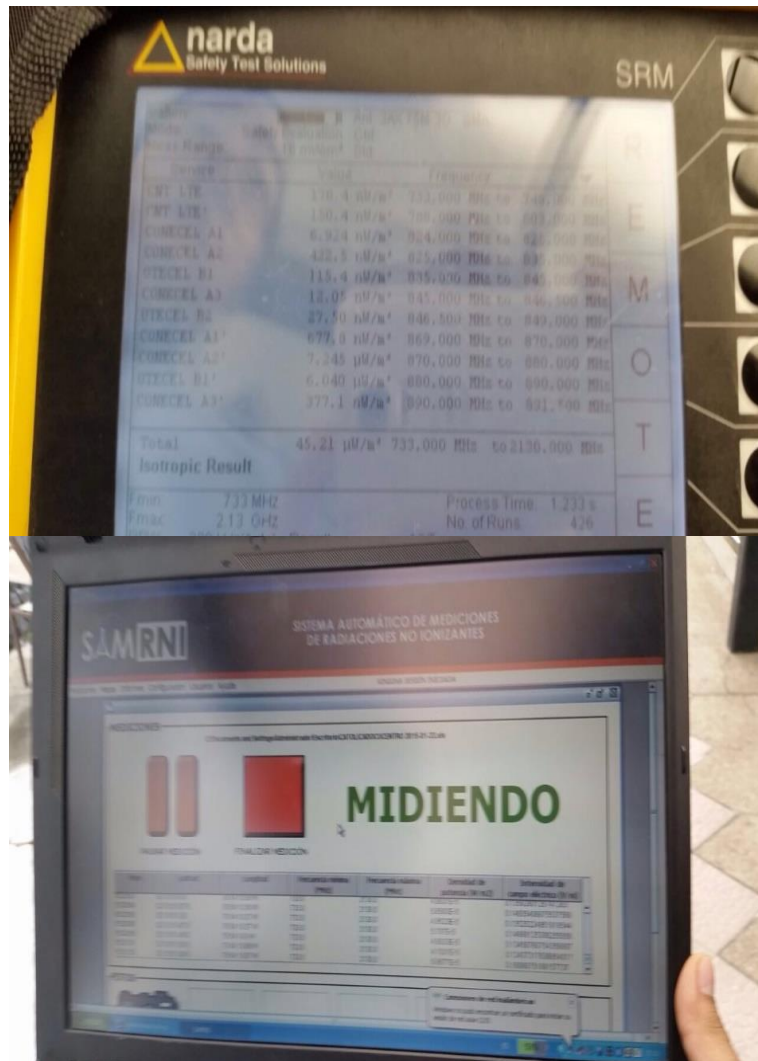
Meas Range: 16 mW/m<sup>2</sup> Sld

Service	Value	Frequency
CNT LTE	167.8 nW/m <sup>2</sup>	733,000 MHz to 748,000 MHz
CNT LTE'	135.6 nW/m <sup>2</sup>	788,000 MHz to 803,000 MHz
CONCEL A1	7.855 nW/m <sup>2</sup>	824,000 MHz to 825,000 MHz
CONCEL A2	184.6 nW/m <sup>2</sup>	825,000 MHz to 835,000 MHz
OTECEL B1	130.4 nW/m <sup>2</sup>	835,000 MHz to 845,000 MHz
CONCEL A3	11.17 nW/m <sup>2</sup>	845,000 MHz to 846,500 MHz
OTECEL B2	19.80 nW/m <sup>2</sup>	846,500 MHz to 849,000 MHz
CONCEL A1'	171.8 nW/m <sup>2</sup>	869,000 MHz to 870,000 MHz
CONCEL A2'	8.672 μW/m <sup>2</sup>	870,000 MHz to 880,000 MHz
OTECEL B1'	5.750 μW/m <sup>2</sup>	880,000 MHz to 890,000 MHz
CONCEL A3'	485.4 nW/m <sup>2</sup>	890,000 MHz to 891,500 MHz
Total	47.32 μW/m <sup>2</sup>	733,000 MHz to 2130,000 MHz

Isotropic Result

Imágenes de las lecturas tomadas por el equipo NARDA en la UCSG

## Anexo 6



Imágenes del software SAMRNI al momento de tomar las lecturas de las mediciones en la radio base del centro de cómputo en la UCSG

## Anexo 7



Proceso de medición con el equipo y personal de la SUPERTEL dentro de las aulas de la facultad técnica

Anexo 8



Imágenes de mediciones con el personal de la SUPERTEL en la UCSG



## Anexo 9



Radio base ubicada en la facultad de economía alrededor de la cual se realizaron las mediciones.

Anexo 10



Radio base ubicada en la facultad de economía.

## Anexo 11

Tabla de datos de las mediciones realizadas en el centro de cómputo.

FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	FMINIMA(Hz)	FMAXIMA(Hz)	DPOTENCIA(W/m2)	CELECTRICO(V/m)
2015-01-22	15:12:19	02 10 57.82 S	79 54 13.16 W	733000000	2130000000	0,0032047	1,099168731
2015-01-22	15:12:20	02 10 57.79 S	79 54 13.16 W	733000000	2130000000	0,0072258	1,650492835
2015-01-22	15:12:22	02 10 57.85 S	79 54 13.18 W	733000000	2130000000	0,005027	1,376655004
2015-01-22	15:12:23	02 10 57.86 S	79 54 13.19 W	733000000	2130000000	0,011159	2,051083372
2015-01-22	15:12:25	02 10 57.88 S	79 54 13.2 W	733000000	2130000000	0,012113	2,136960692
2015-01-22	15:12:27	02 10 57.88 S	79 54 13.19 W	733000000	2130000000	0,01982	2,733521538
2015-01-22	15:12:28	02 10 57.88 S	79 54 13.13 W	733000000	2130000000	0,010211	1,962026249
2015-01-22	15:12:30	02 10 57.92 S	79 54 13.1 W	733000000	2130000000	0,0082408	1,762606479
2015-01-22	15:12:32	02 10 57.94 S	79 54 13.08 W	733000000	2130000000	0,016182	2,469942105
2015-01-22	15:12:33	02 10 57.94 S	79 54 13.03 W	733000000	2130000000	0,0092856	1,871008071
2015-01-22	15:12:35	02 10 57.94 S	79 54 13.00 W	733000000	2130000000	0,0069981	1,62427944
2015-01-22	15:12:36	02 10 57.93 S	79 54 12.92 W	733000000	2130000000	0,0083167	1,770704916
2015-01-22	15:12:38	02 10 57.92 S	79 54 12.85 W	733000000	2130000000	0,012218	2,146202693
2015-01-22	15:12:40	02 10 57.93 S	79 54 12.79 W	733000000	2130000000	0,011366	2,070019807
2015-01-22	15:12:41	02 10 57.92 S	79 54 12.75 W	733000000	2130000000	0,0060559	1,510984547
2015-01-22	15:12:43	02 10 57.92 S	79 54 12.68 W	733000000	2130000000	0,0035269	1,153100733
2015-01-22	15:12:45	02 10 57.93 S	79 54 12.65 W	733000000	2130000000	0,019413	2,705309779
2015-01-22	15:12:46	02 10 57.95 S	79 54 12.56 W	733000000	2130000000	0,0036011	1,165167241
2015-01-22	15:12:48	02 10 57.99 S	79 54 12.5 W	733000000	2130000000	0,0044051	1,288690304
FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	FMINIMA(Hz)	FMAXIMA(Hz)	DPOTENCIA(W/m2)	CELECTRICO(V/m)
2015-01-22	15:12:50	02 10 58.02 S	79 54 12.49 W	733000000	2130000000	0,0029079	1,047033094
2015-01-22	15:12:51	02 10 58.06 S	79 54 12.47 W	733000000	2130000000	0,0057841	1,476687408
2015-01-22	15:12:53	02 10 58.07 S	79 54 12.47 W	733000000	2130000000	0,0044355	1,293129344
2015-01-22	15:12:54	02 10 58.1 S	79 54 12.45 W	733000000	2130000000	0,001856	0,836487896
2015-01-22	15:12:56	02 10 58.18 S	79 54 12.4 W	733000000	2130000000	0,0030915	1,079581169
2015-01-22	15:13:19	02 10 58.22 S	79 54 12.38 W	733000000	2130000000	0,0013023	0,700690445
2015-01-22	15:13:21	02 10 58.77 S	79 54 11.87 W	733000000	2130000000	0,00067941	0,506100356
2015-01-22	15:13:23	02 10 58.78 S	79 54 11.85 W	733000000	2130000000	0,00062201	0,484249698
2015-01-22	15:13:24	02 10 58.78 S	79 54 11.79 W	733000000	2130000000	0,0013552	0,714779966
2015-01-22	15:13:26	02 10 58.79 S	79 54 11.76 W	733000000	2130000000	0,0013811	0,721577924
2015-01-22	15:13:27	02 10 58.82 S	79 54 11.74 W	733000000	2130000000	0,0013811	0,721577924
2015-01-22	15:13:29	02 10 58.9 S	79 54 11.68 W	733000000	2130000000	0,0013811	0,721577924
2015-01-22	15:13:31	02 10 58.93 S	79 54 11.65 W	733000000	2130000000	0,00089344	0,580367883
2015-01-22	15:13:32	02 10 58.97 S	79 54 11.59 W	733000000	2130000000	0,0035472	1,156414459
2015-01-22	15:13:34	02 10 58.98 S	79 54 11.55 W	733000000	2130000000	0,0037151	1,183466392
2015-01-22	15:13:35	02 10 59.00 S	79 54 11.53 W	733000000	2130000000	0,0063649	1,549053679
2015-01-22	15:13:37	02 10 59.01 S	79 54 11.5 W	733000000	2130000000	0,0038864	1,210443225
2015-01-22	15:13:39	02 10 59.03 S	79 54 11.49 W	733000000	2130000000	0,011014	2,037713915
2015-01-22	15:13:40	02 10 59.05 S	79 54 11.48 W	733000000	2130000000	0,010459	1,985709697
2015-01-22	15:13:42	02 10 59.11 S	79 54 11.47 W	733000000	2130000000	0,0075162	1,683332231

FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	FMINIMA(Hz)	FMAXIMA(Hz)	DPOTENCIA(W/m2)	CELECTRICO(V/m)
2015-01-22	15:13:42	02 10 59.11 S	79 54 11.47 W	733000000	2130000000	0,0075162	1,683332231
2015-01-22	15:13:44	02 10 59.14 S	79 54 11.46 W	733000000	2130000000	0,0092426	1,866670887
2015-01-22	15:13:45	02 10 59.22 S	79 54 11.45 W	733000000	2130000000	0,0037173	1,183816751
2015-01-22	15:13:47	02 10 59.27 S	79 54 11.45 W	733000000	2130000000	0,0032856	1,112956064
2015-01-22	15:13:48	02 10 59.29 S	79 54 11.45 W	733000000	2130000000	0,0017387	0,809623307
2015-01-22	15:13:50	02 10 59.32 S	79 54 11.42 W	733000000	2130000000	0,0022563	0,922293391
2015-01-22	15:13:52	02 10 59.32 S	79 54 11.4 W	733000000	2130000000	0,00052706	0,445759599
2015-01-22	15:13:53	02 10 59.28 S	79 54 11.36 W	733000000	2130000000	0,0011193	0,649596875
2015-01-22	15:13:55	02 10 59.24 S	79 54 11.28 W	733000000	2130000000	0,01002	1,943589463
2015-01-22	15:13:57	02 10 59.23 S	79 54 11.24 W	733000000	2130000000	0,0031649	1,092321976
2015-01-22	15:13:58	02 10 59.24 S	79 54 11.19 W	733000000	2130000000	0,0012595	0,689080184
2015-01-22	15:14:00	02 10 59.25 S	79 54 11.18 W	733000000	2130000000	0,00075759	0,534426262
2015-01-22	15:14:01	02 10 59.26 S	79 54 11.14 W	733000000	2130000000	0,00076669	0,537626385
2015-01-22	15:14:03	02 10 59.28 S	79 54 11.11 W	733000000	2130000000	0,00029289	0,332294342
2015-01-22	15:14:05	02 10 59.29 S	79 54 11.09 W	733000000	2130000000	0,00050155	0,434838303
2015-01-22	15:14:06	02 10 59.3 S	79 54 11.06 W	733000000	2130000000	0,00032496	0,350014171
2015-01-22	15:14:08	02 10 59.32 S	79 54 10.99 W	733000000	2130000000	0,00026222	0,314415235
2015-01-22	15:14:09	02 10 59.33 S	79 54 10.96 W	733000000	2130000000	0,000084663	0,178655957
2015-01-22	15:14:11	02 10 59.37 S	79 54 10.88 W	733000000	2130000000	0,0001228	0,215164123
2015-01-22	15:14:13	02 10 59.38 S	79 54 10.85 W	733000000	2130000000	0,00013942	0,229262601
2015-01-22	15:14:14	02 10 59.48 S	79 54 10.81 W	733000000	2130000000	0,000085316	0,179343614
2015-01-22	15:14:16	02 10 59.56 S	79 54 10.77 W	733000000	2130000000	0,00016446	0,249000843
2015-01-22	15:14:18	02 10 59.6 S	79 54 10.76 W	733000000	2130000000	0,00012974	0,22116053
2015-01-22	15:14:19	02 10 59.54 S	79 54 10.75 W	733000000	2130000000	0,00011825	0,211140356
2015-01-22	15:14:21	02 10 59.48 S	79 54 10.73 W	733000000	2130000000	0,00012815	0,21980116
2015-01-22	15:14:22	02 10 59.41 S	79 54 10.69 W	733000000	2130000000	0,000091086	0,185308991
2015-01-22	15:14:24	02 10 59.35 S	79 54 10.64 W	733000000	2130000000	0,00012112	0,213687248
2015-01-22	15:14:26	02 10 59.32 S	79 54 10.61 W	733000000	2130000000	0,00010335	0,197390349
2015-01-22	15:14:27	02 10 59.23 S	79 54 10.54 W	733000000	2130000000	0,00003692	0,117978134
2015-01-22	15:14:29	02 10 59.2 S	79 54 10.45 W	733000000	2130000000	0,000036734	0,117680576
2015-01-22	15:14:30	02 10 59.2 S	79 54 10.39 W	733000000	2130000000	0,000036075	0,116620217
2015-01-22	15:14:32	02 10 59.23 S	79 54 10.28 W	733000000	2130000000	0,000037366	0,118688593
2015-01-22	15:14:34	02 10 59.24 S	79 54 10.24 W	733000000	2130000000	0,00003196	0,109767573
2015-01-22	15:14:35	02 10 59.29 S	79 54 10.15 W	733000000	2130000000	0,000038816	0,12096955
2015-01-22	15:14:37	02 10 59.35 S	79 54 10.07 W	733000000	2130000000	0,00002937	0,1052259
2015-01-22	15:14:38	02 10 59.38 S	79 54 10.05 W	733000000	2130000000	0,000035126	0,11507607
2015-01-22	15:14:40	02 10 59.45 S	79 54 09.98 W	733000000	2130000000	0,000037552	0,118983629
2015-01-22	15:14:42	02 10 59.5 S	79 54 09.93 W	733000000	2130000000	0,000038893	0,121089475
2015-01-22	15:14:43	02 10 59.52 S	79 54 09.9 W	733000000	2130000000	0,000036447	0,11721996
2015-01-22	15:14:45	02 10 59.65 S	79 54 09.85 W	733000000	2130000000	0,000037834	0,119429552
2015-01-22	15:14:47	02 10 59.72 S	79 54 09.82 W	733000000	2130000000	0,000029249	0,105008919

FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	FMINIMA(Hz)	FMAXIMA(Hz)	DPOTENCIA(W/m2)	CELECTRICO(V/m)
2015-01-22	15:14:48	02 10 59.72 S	79 54 09.73 W	733000000	2130000000	0,000036709	0,117640524
2015-01-22	15:14:50	02 10 59.72 S	79 54 09.62 W	733000000	2130000000	0,000051441	0,139259675
2015-01-22	15:14:51	02 10 59.72 S	79 54 09.58 W	733000000	2130000000	0,000040981	0,124297373
2015-01-22	15:14:53	02 10 59.77 S	79 54 09.53 W	733000000	2130000000	0,000047487	0,133800594
2015-01-22	15:14:55	02 10 59.78 S	79 54 09.49 W	733000000	2130000000	0,000043558	0,128145878
2015-01-22	15:14:56	02 10 59.75 S	79 54 09.44 W	733000000	2130000000	0,000042104	0,12598892
2015-01-22	15:14:58	02 10 59.72 S	79 54 09.4 W	733000000	2130000000	0,000047453	0,133752686
2015-01-22	15:15:00	02 10 59.71 S	79 54 09.37 W	733000000	2130000000	0,000042316	0,126305709
2015-01-22	15:15:01	02 10 59.65 S	79 54 09.32 W	733000000	2130000000	0,000055748	0,144972397
2015-01-22	15:15:03	02 10 59.56 S	79 54 09.23 W	733000000	2130000000	0,000056198	0,145556333
2015-01-22	15:15:04	02 10 59.54 S	79 54 09.2 W	733000000	2130000000	0,000072191	0,164972746
2015-01-22	15:15:06	02 10 59.47 S	79 54 09.16 W	733000000	2130000000	0,000064096	0,155448358
2015-01-22	15:15:08	02 10 59.44 S	79 54 09.15 W	733000000	2130000000	0,000052165	0,140236247
2015-01-22	15:15:09	02 10 59.35 S	79 54 09.11 W	733000000	2130000000	0,00006277	0,153832019
2015-01-22	15:15:11	02 10 59.23 S	79 54 09.07 W	733000000	2130000000	0,000058714	0,148778957
2015-01-22	15:15:12	02 10 59.21 S	79 54 09.04 W	733000000	2130000000	0,000053015	0,141374167
2015-01-22	15:15:14	02 10 59.19 S	79 54 09.01 W	733000000	2130000000	0,00012336	0,215654168
2015-01-22	15:15:16	02 10 59.19 S	79 54 09.00 W	733000000	2130000000	0,00013215	0,223205175
2015-01-22	15:15:17	02 10 59.18 S	79 54 08.96 W	733000000	2130000000	0,000084805	0,178805719
2015-01-22	15:15:19	02 10 59.15 S	79 54 08.92 W	733000000	2130000000	0,000073772	0,166769434
2015-01-22	15:15:21	02 10 59.13 S	79 54 08.9 W	733000000	2130000000	0,000079894	0,173551255
2015-01-22	15:15:22	02 10 58.99 S	79 54 08.86 W	733000000	2130000000	0,000098431	0,192635633
2015-01-22	15:15:24	02 10 58.84 S	79 54 08.84 W	733000000	2130000000	0,00012163	0,214136662
2015-01-22	15:15:25	02 10 58.81 S	79 54 08.83 W	733000000	2130000000	0,00012859	0,220178178
2015-01-22	15:15:27	02 10 58.74 S	79 54 08.78 W	733000000	2130000000	0,000094182	0,188431988
2015-01-22	15:15:29	02 10 58.67 S	79 54 08.77 W	733000000	2130000000	0,000091344	0,185571248
2015-01-22	15:15:30	02 10 58.6 S	79 54 08.76 W	733000000	2130000000	0,00011958	0,212324422
2015-01-22	15:15:32	02 10 58.52 S	79 54 08.75 W	733000000	2130000000	0,00013848	0,228488424
2015-01-22	15:15:33	02 10 58.49 S	79 54 08.75 W	733000000	2130000000	0,00014513	0,233910261
2015-01-22	15:15:35	02 10 58.42 S	79 54 08.76 W	733000000	2130000000	0,00014682	0,23526823
2015-01-22	15:15:37	02 10 58.39 S	79 54 08.77 W	733000000	2130000000	0,00016813	0,251763798
2015-01-22	15:15:38	02 10 58.33 S	79 54 08.78 W	733000000	2130000000	0,00012605	0,217992775
2015-01-22	15:15:40	02 10 58.22 S	79 54 08.8 W	733000000	2130000000	0,00015435	0,241225931
2015-01-22	15:15:42	02 10 58.19 S	79 54 08.82 W	733000000	2130000000	0,00021083	0,281927136
2015-01-22	15:15:43	02 10 58.11 S	79 54 08.86 W	733000000	2130000000	0,00018242	0,262244809
2015-01-22	15:15:45	02 10 58.07 S	79 54 08.89 W	733000000	2130000000	0,00020895	0,28066733
2015-01-22	15:15:46	02 10 58.01 S	79 54 08.95 W	733000000	2130000000	0,00017551	0,257229994
2015-01-22	15:15:48	02 10 57.98 S	79 54 09.05 W	733000000	2130000000	0,00019437	0,270698153
2015-01-22	15:15:50	02 10 57.94 S	79 54 09.08 W	733000000	2130000000	0,00018266	0,262417263
2015-01-22	15:15:51	02 10 57.87 S	79 54 09.11 W	733000000	2130000000	0,00016939	0,252705421