



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

“MEDICIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MODELAMIENTO DEL RANGO DE
FRECUENCIAS ASIGNADO A SERVICIOS FIJO - MÓVIL (335 – 400
MHz) DE LA BANDA UHF DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN
LA FIEC, CAMPUS PROSPERINA”

TESINA DE SEMINARIO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Irwin Alberto Viteri Rambay.

Mayra Liseth Macías Capa.

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2015

AGRADECIMIENTO

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi mamá por ser lo mejor de mi vida, por ser la inspiración de todo lo que hago, por su apoyo incondicional, por estar ahí en los momentos buenos así como en los momentos difíciles. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento es tan especial para ti como lo es para mí. Gracias a ellos por formarme y ser la persona que soy. A mis hermanos David y Ahily, por el simple hecho de existir, gracias por su apoyo y siempre estar ahí para mí. No pudieron ser mejores

hermanos los quiero; a mis amigos, a quienes siempre tengo presente; a mis maestros y a quienes siempre me han enseñado algo. A mis profesores por enseñarme todo lo que se, sin ellos no me hubiera sido posible llegar hasta donde ahora estoy. A mi amiga y compañera de tesis Mayra por ayudarme a culminar este trabajo. A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

Irwin Alberto Viteri Rambay.

A Dios, por darme la sabiduría para culminar esta tan importante etapa en mi vida; sin Él no lo hubiera logrado.

A mi familia por brindarme todo su apoyo incondicional, a cada uno de mis maestros, por ayudarme en mi desarrollo profesional, al Mgtr. Washignton Medina por habernos guiado en este proceso e incentivado a culminar este proyecto, al Mgtr. Jorge Gómez, por su gran ayuda y asesoría.

A mis amigos, a Jimmy por su ayuda y su comprensión, por animarme a culminar esta meta.

A mi compañero de tesis, por ayudarme y acompañarme en este trabajo.

Muchísimas gracias a todos.

Mayra Liseth Macías Capa.

DEDICATORIA

A Dios y a mis abuelitos, quienes desde el cielo guían mi camino. A mis padres quienes son los pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo y mis hermanos podamos estudiar, se merecen esto y mucho más. A David y Ahily, mis queridos hermanos por ser mi apoyo incondicional. A mi familia, ustedes queridos tíos, primos y abuelita, porque de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante, a lo largo de toda mi vida.

Irwin Alberto Viteri Rambay.

Dedico este trabajo con mucho amor y esfuerzo, a cada una de las personas que estuvieron velando por mi progreso.

A Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar y culminar esta meta; a mis amados padres: José y Rosa quien con sus palabras de aliento y motivación no me dejaban decaer; a mis hermanos: Andrés y Daniel, por estar siempre mi lado apoyándome; a mis tías: Fátima y Maryuri quien han formado parte muy importante en mi vida; a mis amigos quien compartieron sus conocimientos, sus sueños, sus alegrías y tristezas; con quienes soñábamos que este día llegaría.

A cada uno de aquellos que estuvieron a mi lado apoyándome y fueron participe para que este sueño se haga realidad.

Mayra Liseth Macías Capa.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Mgr. Washington Medina

PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN



Ing. Jorge Gómez

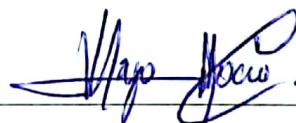
PROFESOR DELEGADO POR EL DECANO DE LA FACULTAD

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesina, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL". (Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Irwin Alberto Viteri Rambay.



Mayra Liseth Macías Capa

RESUMEN

Este documento describe los detalles y resultados del análisis de una serie de mediciones del espectro radioeléctrico que se tomaron durante una semana, en el rango de 335 MHz – 400 MHz, que tuvo lugar en Ecuador (Guayaquil) desde la semana del 15 hasta el 22 Diciembre de 2014. El estudio incluye el análisis de ocupación de las bandas asignadas a los diferentes servicios que en ella se brinda.

Los resultados reflejaron la actual ocupación del espectro en una zona determinada en Ecuador, los cuales mostraron que contamos con una gran disponibilidad en el espectro en la banda estudiada, el cual se lo podría utilizar para brindar múltiples servicios de Telecomunicaciones, como la utilización de sistemas tecnológicos aparece como una alternativa que permite implementar servicios de telecomunicaciones inalámbricos operando en bandas VHF y UHF cuyas ventajas técnicas de propagación pueden ofrecer aplicaciones con un elevado grado de calidad de servicio y amplia cobertura. [1]

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA.....	v
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	VII
DECLARACIÓN EXPRESA.....	VIII
RESUMEN	IX
ÍNDICE GENERAL	X
ABREVIATURAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
ÍNDICE DE TABLA.....	XX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
CAPÍTULO 1	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.INTRODUCCIÓN	1
1.2.PROBLEMÁTICA.....	2

1.3.JUSTIFICACIÓN	4
1.4.OBJETIVOS	7
1.4.1. OBJETIVOS GENERALES	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.5.METODOLOGÍA	8
1.6.LIMITACIONES DEL PROBLEMA	9
CAPÍTULO 2	11
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTOS BÁSICOS.....	11
2.1.INTRODUCCIÓN	11
2.2.CARACTERÍSTICAS DE UNA ONDA.....	13
2.2.1. AMPLITUD	13
2.2.2. LONGITUD.....	14
2.2.3. FRECUENCIA	15
2.2.4. PERIODO.....	15
2.3.PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA.....	16
2.3.1. DEFINICIÓN.....	16
2.3.2. PATRÓN DE RADIACIÓN.....	17
2.3.3. IMPEDANCIA.....	18
2.3.4. POLARIDAD.....	19
2.3.5. DIRECTIVIDAD	20
2.3.6. ROE	21

2.4. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	22
2.5. RADIOFRECUENCIA	24
2.6. NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS	24
2.7. PROPAGACIÓN	25
2.8. TIPOS DE DUPLEXACIÓN.....	26
2.8.1. SIMPLEX.....	26
2.8.2. HALF- DUPLEX.....	26
2.8.3. FULL DUPLEX	27
2.9. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	27
2.10. DOMINIO PÚBLICO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	27
2.11. DIVISIÓN DEL ESPECTRO.....	29
2.12. GESTIÓN DEL ESPECTRO	30
2.13. CONTROL TÉCNICO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO ...	31
CAPÍTULO 3	33
3. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO PROCESO DE MEDICIÓN ..	33
3.1. INTRODUCCIÓN	33
3.2. EXPLICACIÓN DEL ESCENARIO Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.	34
3.3. PROCESO DE MEDICIÓN JUNTO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	36
3.4. ANÁLISIS DE POTENCIAS	41
3.5. VARIABLES DE RESULTADOS.....	41

3.6. MODELO PROBABILISTICO	43
3.6.1. MODELO DE MARKOV	43
3.6.2. CADENA DE MARKOV	45
CAPÍTULO 4	47
4. CALCULOS Y RESULTADOS	47
4.1. INTRODUCCIÓN	47
4.2. CÁLCULO DE TIEMPO DE MUESTREO PARA LOS SERVICIOS EN LA BANDA DE (335 – 400 MHZ).....	48
4.3. PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	52
4.4. CÁLCULO DEL UMBRAL (335- 400 MHZ)	55
4.5. CÁLCULO DE LA POTENCIA.....	57
4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
4.6.1. CORRELACIÓN	59
4.6.2. ESPECTOGRAMA	61
4.6.3. HISTOGRAMA	63
4.6.4. DUTY CYCLE.....	65
4.6.5. ANÁLISIS APLICANDO CRITERIO DE MARKOV	68
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82

ANEXOS87

ABREVIATURAS

ALS:	Approach Lighting System
CCIF:	Comité Consultivo Internacional de Telefonía
CCIT:	Comité Consultivo Internacional Telegráfico
CCIR:	Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones
CONARTEL:	Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión
CONATEL:	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
GAMP:	Ganancia del amplificador
DME:	Distance Measurement Equipment
EMETEL:	Empresa de Telecomunicaciones
ESPOL:	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GANT:	Ganancia de la antena
GNSS:	Global Navigation Satellite System
GPS:	Global Positioning System
GS:	Glide Slope of ILS
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics

	Engineers
IETEL:	Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones
ILS:	Instrument Landing System
LOC:	Localizer of ILS
MINTEL:	Ministerio de Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información
MKR:	Marker Beacon
NDB:	Non Directional Beacon
PSR:	Primary Surveillance Radar
RADAR :	Radio Detection And Range
SENATEL:	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SSR:	Secondary Surveillance Radar

SUPERTEL:	Súper Intendencia de Telecomunicaciones
TIC:	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UIT:	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-D:	Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT
UIT-R:	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT
UIT-T:	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT
UTI:	Unión Telegráfica Internacional

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1	Amplitud de una onda.	13
Figura 2. 2	Longitud de onda.....	15
Figura 2. 3	Región de ondas guiadas y ondas propagadas de transmisión ...	17
Figura 2. 4	Patrón de radiación.	18
Figura 2. 5	Propagación de Onda plana.....	20
Figura 2. 6	Una antena con directividad isotrópica.....	20
Figura 2. 7	División del Espectro	30
Figura 3. 1	Zonas Urbanas- semi rurales, rurales.....	35
Figura 3. 2	Localización Geográfica de Espol Prosperina.	35
Figura 3. 3	Vista Satelital Espol Prosperina.....	36
Figura 3. 4	Proceso de medición	37
Figura 3. 5	Antena Model Sirio SD 2000.....	37
Figura 3. 6	ESA-E Series Economy Spectrum Analyzers.	38
Figura 3. 7	PSA/ESA Spectrum Analyzer.	39
Figura 4. 1	Establecer conexión al analizador espectral.....	53
Figura 4. 2	Ventana para obtener mediciones repetidas.....	54

Figura 4. 3 Repeticiones, intervalos y número de capturas.....	55
Figura 4. 4 Figura de Ruido.....	56
Figura 4. 5 Analizador de Espectro	58
Figura 4. 6 Espectrograma, Semana del 15-22 de Diciembre/2014.	63
Figura 4. 7 Histograma de Ocupación (335Mhz-400Mhz)	64
Figura 4. 8 Duty Cycle, Semana del 15-22 de Diciembre/ 2014	65
Figura 4. 9 Cadena de Markov.....	77

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Tipos de radiación.....	23
Tabla 2 Nomenclatura de las bandas de frecuencia.....	25
Tabla 3 Matriz de probabilidad.....	46
Tabla 4 Pseudocódigo para escanear la banda de frecuencia.	50
Tabla 5 Correlaciones.....	60
Tabla 6 Pseudocódigo para realizar el duty cycle.....	66
Tabla 7 Pseudocódigo para modificar matriz de frecuencias y potencias.....	70
Tabla 8 Pseudocódigo para obtener las probabilidades iniciales.....	72
Tabla 9 Pseudocódigo para obtener la matriz de transición de estados.....	75

INTRODUCCIÓN

En los últimos años a nivel mundial se ha estudiado la ocupación del espectro, debido a que el “espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado de gran valor económico” [2] y a que los servicios de telecomunicaciones inalámbricos junto con los cambios tecnológicos que existen a nivel mundial están experimentando un crecimiento y son muy apetecidos, por lo que la demanda de utilización del espectro está creciendo rápidamente [3], permitiéndonos observar con claridad que la tendencia es que haya escasez de frecuencia.

Es por esto que la comunidad científica ha desarrollado investigaciones con el fin de conocer la actual situación del espectro electromagnético y estudiar la factibilidad del uso de diferentes tecnologías, por ejemplo Vega León, realizó una evaluación del espectro electromagnético VHF/UHF en la ciudad de Loja para el despliegue de radio cognitiva [4]

En este trabajo se propone un estudio, en donde se realizará monitoreo, caracterización que permita identificar el comportamiento temporal de la ocupación y modelamiento del espectro electromagnético analizado. Este estudio es desarrollado en una zona semi-rular en Ecuador-Guayaquil.

CAPÍTULO 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se van a dar a conocer los antecedentes del proyecto, que servirán como base para mostrar la descripción del problema que se va a tratar y se pretende dar a conocer cómo se va realizar el análisis, compartiendo la metodología y limitaciones del proyecto.

1.2. PROBLEMÁTICA

La insuficiencia del espectro radioeléctrico es uno de los actuales problemas, fruto de la mala utilización de este recurso natural no renovable de carácter limitado [3], el problema es la constante demanda, sobreutilización y subutilización espectral, que ocasiona que los avances tecnológicos no se desarrollen [4].

Si bien es cierto que la constante evolución tecnológica es responsable de un incremento en la misma y, por tanto, agrava su limitación, no es menos cierto que esta misma evolución colabora a incrementar el número de servicios que pueden hacer uso del espectro, es decir, a incrementar la oferta de espectro. [5]

La mayoría de los servicios de telecomunicaciones se encuentran en zonas urbanas porque las zonas semi rurales resultan poco atractiva económicamente para estos servicios debido a que

poseen un reducido número de población y una compleja ubicación geográfica, en consecuencia, existe escases de cobertura y un acceso limitado a los últimos avances tecnológicos en las zonas rurales, creando la posibilidad de que exista espectro libre en estas frecuencias que probablemente no esten siendo utilizadas. [6]

Otro de los inconvenientes es la escasez de cobertura, son consecuencia a que ciertos lugares se encuentran en “zonas de sombra”, básicamente son valles, túneles, colinas, zonas con mucha interferencia. [7]

La Superintendencia junto a la Policía y Fiscalía hacen operativos para encontrar a las personas que usan de manera ilegal las bandas de frecuencias, ya que no se encuentra disponible espacio en el espectro para concesionar, algunas personas optan por la piratería de esta, sin tomar conciencia que pueden ocasionar

interferencia a servicios como: aeronáutica, fijo, móvil, radio navegación, entre otras, siendo partícipes de accidentes. [8]

Por todo ello, en los últimos tiempos resulta más frecuente la consideración del espectro como recurso limitado que como recurso escaso [9], existen actualmente investigaciones que están en la búsqueda de soluciones legales y tecnológicas para optimizar el uso del espectro radioeléctrico [4].

1.3. JUSTIFICACIÓN

La comunidad científica ha desarrollado estudios con el fin de conocer la actual situación del espectro electromagnético y de emplear nuevas políticas de asignación de espectro para las tecnologías emergentes, por ejemplo Vega León, realizó una evaluación del espectro electromagnético VHF/UHF en la ciudad de Loja para el despliegue de radio cognitiva, que permite

incrementar la eficiencia en los canales que son utilizados y de los que no se los utiliza en un momento determinado[4].

Becerril y Ceballos, emplearon la tecnología de espectro extendido en el ancho de banda de 3 a 30 MHz., el espectro extendido resiste todo tipo de interferencias, puede trabajar en una misma banda con diferentes usuarios y posee confidencialidad de la información transmitida gracias a los códigos pseudoaleatorios, una de sus desventajas es la Ineficiencia del ancho de banda y que la implementación de los circuitos es en algunos casos muy compleja [10].

De las investigaciones realizadas alrededor del tema de análisis espectral, se ha encontrado diferentes estudios en distintas bandas [3] , pero no se ha encontrado un análisis específico en la banda 335- 400 MHz, lo cual motiva a realizar un análisis espectral en este rango de frecuencia.

Se conoce que en las zonas semi rurales hay escasas de cobertura y probablemente espectro disponible, aprovechando que la FIEC, ESPOL se encuentra en una zona semi rural, se realizará un análisis en el rango de frecuencia de 335 – 400 MHz, que permitirá tener una perspectiva más clara sobre el uso eficiente del espectro y dar un punto de vista más técnico, ayudando con el aprovechamiento de las frecuencias que no estén siendo utilizadas para desarrollar sistemas en zonas semi rurales “Es necesario definir el grado y la eficacia de utilización del espectro (EUE) como método de comparación y análisis para evaluar las ventajas obtenidas con el empleo de tecnologías nuevas o mejoradas” [2].

Con esto, se espera contribuir al desarrollo de sistemas oportunistas zonas semi rurales, en el segmento del espectro anteriormente mencionado.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1.OBJETIVOS GENERALES

Analizar el comportamiento espectral en el rango de frecuencia (335 – 400 MHz) de la banda UHF, con la finalidad caracterizar, modelar y determinar el nivel de ocupación en una zona específica.

1.4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modelar temporalmente la banda de 335 – 400MHz.
- Analizar temporalmente el uso del espectro en la banda de 335 – 400 MHz.
- Calcular el ciclo de trabajo del rango de frecuencia de 335- 400MHz.
- Definir el grado de eficiencia espectral dentro del rango asignado de estudio.

1.5. METODOLOGÍA

Para proceder a realizar el trabajo, lo que se debe examinar a fondo son los diferentes servicios que se otorgan en la banda asignada 335 – 400 MHz, es por esta razón por la que se debe acudir a un ente regulador Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) para obtener el cuadro de frecuencias con el fin de conocer la categoría de cada servicio para poder diferenciarlos, teniendo en conocimiento esta información se puede tomar los datos adecuados para un futuro modelamiento de los mismos.

De la misma manera se necesita conocer el funcionamiento del analizador espectral que luego de observar las especificaciones técnicas correspondientes nos percatamos que trabaja en un rango de frecuencia 100 Hz a 6,7 GHz, es decir se puede hacer uso de este equipo dado que se encuentra dentro del rango que se desea monitorear, y como siguiente paso se debe aprender a utilizar el software IntuiLink MS Excel.

Luego de adquirir los datos necesarios para poder realizar el análisis respectivo de las frecuencias con respecto al tiempo y conocer cuando el canal está siendo ocupado, con la información resultante en el proceso de adquisición se desea crear un modelo probabilístico y realizar el análisis respectivo de la eficiencia espectral en una zona determinada.

Al concluir la investigación se obtendrá el modelo probabilístico para la banda asignada, con lo que se podría proponer un método que ayudará a optimizar la asignación de frecuencias en la banda de 335– 400MHz dentro de la ESPOL en caso de ser posible.

1.6. LIMITACIONES DEL PROBLEMA

Se conoce que el rango de frecuencias asignadas se encuentra concesionada en gran porcentaje al área Militar o Seguridad Nacional (Ver *en Anexo*), en caso de que no obtengamos los datos

necesarios para analizar la frecuencia asignada al área Militar porque es información confidencial, se realizará un barrido en general, ya que no se podría tener información de cómo están utilizando los Militares el conjunto de frecuencias en forma específica.

Los datos de frecuencias que se van a obtener son únicos, ya que la ESPOL se encuentra ubicado en una zona de sombras, puesto que se encuentra a las faldas de Cerro Azul donde en si ya hay un alto nivel de RF anulado frecuencias a su alrededor, como prueba al subir o estar en el Cerro se puede evidenciar la anulación de la señal de los servicios telefónicos, anulando alarmas de autos.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. INTRODUCCIÓN

El mundo de las telecomunicaciones ha padecido una serie de numerosas evoluciones, desde el evento del primer mensaje telegráfico enviado por el año de 1844, seguido de la evolución en comunicación al enviar un primer mensaje por medio del teléfono alámbrico en 1876, para el año de 1895 el acontecimiento más importante en telecomunicaciones fue el haber enviado el primer mensaje inalámbrico y en 1906 se usó la radio para transmitir la voz humana por primera vez.

El campo de las telecomunicaciones ejerce un papel importante en el desarrollo económico, social y cultural de nuestros países. Actualmente, se considera a las telecomunicaciones como elemento esencial para el proceso de desarrollo que considera otras infraestructuras e incrementa la productividad y al mismo tiempo la eficacia en los sectores comercial, industrial, agrícola y en los servicios sociales, por consecuencia, ayuda a mejorar el nivel de vida.

El progreso económico y social obedece a la modernización de sistemas de telecomunicaciones, ya sea para los países industrializados como en los que se encuentran en desarrollo, pues si no existe el mecanismo para transmitir información, no hay un transporte eficiente de los productos. De forma similar que otros medios de transporte como: los cables de fibra óptica, los nodos de internet, las redes telefónicas y de transmisión de datos, los satélites; son necesarios para el abastecimiento de bienes y servicios comerciales. [11], [12]

En este capítulo se pretende dar a conocer los fundamentos teóricos y los conceptos básicos para una mejor comprensión del proyecto.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA ONDA

2.2.1. AMPLITUD

La distancia máxima del movimiento de las cuerdas, las cuales se mueven por encima o por debajo de este valor de equilibrio se llama la amplitud A de la onda. Para las ondas con las que trabajamos, las amplitudes en la cresta y el valle serán idénticos. [13] (Ver *Figura 2.1*)

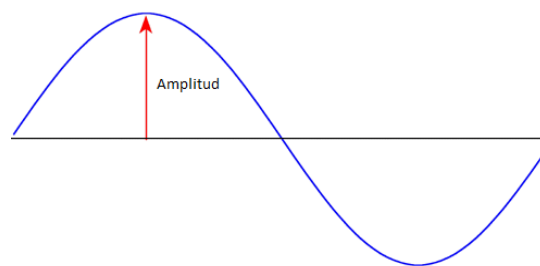


Figura 2. 1 Amplitud de una onda.

2.2.2.LONGITUD

La *Figura 2.2* ilustra otra característica de una onda. Las flechas horizontales indican la distancia entre dos puntos sucesivos que se comportan de forma idéntica.

Esta distancia se denomina la longitud de onda λ (la letra griega lambda). Se puede utilizar estas definiciones para derivar una expresión para la velocidad de una onda. Comenzamos con la ecuación (2.1) que define la velocidad de la onda v .

$$v = f\lambda \quad (2.1)$$

Esta ecuación general es importante porque se aplica a muchos tipos diferentes de ondas, como las ondas de sonido y las ondas electromagnéticas. [13]

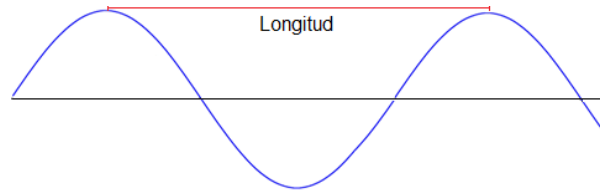


Figura 2. 2 Longitud de onda.

2.2.3.FRECUENCIA

La frecuencia no es más que la cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, durante determinado periodo. La unidad básica de frecuencia es el Hertz (Hz), y un Hertz es igual a un ciclo por segundo ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ cps}$). [14]

2.2.4.PERIODO

El período es inversamente proporcional a la frecuencia, en otros términos, es el tiempo que se toma una forma de onda

completa (longitud de onda) en pasar por un punto determinado. [13]

2.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA ANTENA

2.3.1. DEFINICIÓN

Se define a una antena como un transductor, pues esta convierte las ondas guiadas presentes en una línea de guía de ondas, cable de alimentación o la transmisión de ondas radiales que viajan en el espacio libre, es decir hace de transductor para una onda guiada que se propaga a través de una línea de transmisión y una onda electromagnética que se propaga a través de un medio sin fronteras (espacio libre). [14]
(Ver *Figura 2.3*).

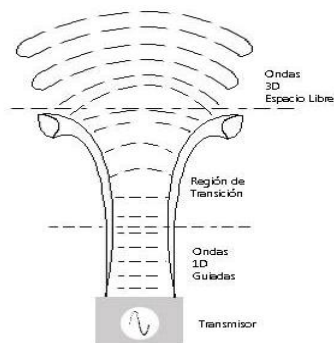


Figura 2. 3 Región de ondas guiadas y ondas propagadas de transmisión

[15]

2.3.2.PATRÓN DE RADIACIÓN

Es un gráfico de su respectiva radiación en campo lejano de la antena, en otras palabras, es una función direccional que caracteriza la distribución de su potencia relativa radiada.

El patrón mostrado en la figura indica que la antena es direccional, por lo que la mayor parte de la energía irradiada es a través del llamado lóbulo principal. Además del lóbulo principal, se puede observar en la **Figura 2.4** el patrón varios lóbulos laterales y también lóbulos traseros. [16]

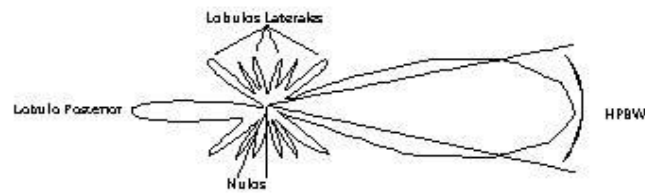


Figura 2. 4 Patrón de radiación.

[15]

2.3.3.IMPEDANCIA

Todos los materiales se oponen al flujo de una corriente alterna en alguna medida. A esta oposición se le llama impedancia, y es análoga a la resistencia de los circuitos en corriente continua. La mayoría de las antenas de telecomunicaciones tienen una impedancia de 50 ohmios, mientras que las antenas y los cables para TV normalmente tienen una impedancia de 75 ohmios.

La impedancia se representa por la letra Z , y en general es una magnitud compleja formada por una resistencia R y una reactancia X . [16]

2.3.4.POLARIDAD

La alineación del vector del campo eléctrico de una onda plana con respecto a la dirección de propagación define la polarización de la onda. En la *Figura 2.5* el campo eléctrico es paralelo al eje x, por lo que esta onda es x polarizada. Esta onda podría ser generado por una antena de cable recta paralela al eje x. Una onda enteramente distinta-y polarizada plana podría ser generado con la misma dirección de propagación y se recuperó de forma independiente de la otra onda usando pares de antenas de transmisión y recepción con polarización perpendicular. Si la onda es generada por una antena de cable vertical (campo H horizontal), entonces se dice que la onda polarizada verticalmente; una antena de cable paralelo a la (campo E horizontal) de tierra genera principalmente las ondas que están polarizadas horizontalmente. [16]

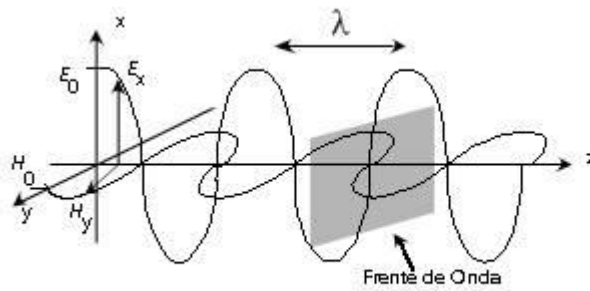


Figura 2. 5 Propagación de Onda plana.

2.3.5.DIRECTIVIDAD

De manera gráfica, se puede decir que si una antena es muy directiva, es capaz de concentrar la potencia que radia (o recibe) en una determinada dirección; esto le permite apuntar en una determinada dirección para recibir la señal y no recibir otras direcciones. (Ver **Figura 2.6**)

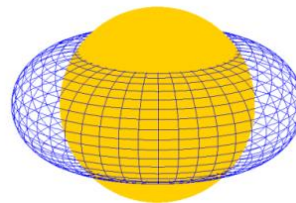


Figura 2. 6 Una antena con directividad isotrópica

2.3.5.1. OMNIDIRECCIONALES

Son aquellas antenas que en su patrón de radiación se muestra uniformemente a todas partes por igual, en forma de un círculo alrededor de la antena. Se usan para señales de baja frecuencia como la Onda Corta o AM.

2.3.5.2. DIRECCIONALES

Son aquellas antenas en el cual su patrón de radiación se visualiza la mayor potencia irradiada en la dirección hacia donde estén dirigidas las antenas y se observa muy poco por la parte lateral o trasera. Se emplean en transmisiones de Alta Frecuencia.

2.3.6.ROE

La definición de ROE es aplicable a líneas lo bastantes largas, que tengan por lo menos una tensión máxima y una mínima, puesto que si dividimos la tensión de los máximos

con la de los mínimos se obtiene el ROE, es por esta razón que en inglés se conoce como SWR (*Standing Wave Ratio*), es decir, es una relación de ondas estacionarias.

2.4. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro es la base de la era de la información del mundo moderno, en situaciones cotidianas como las de sintonizar un canal en la radio, ver la televisión, hacer palomitas de maíz en el microondas, usar un control remoto, al momento de enviar mensajes de texto, ver la televisión, incluso los rayos X en el centro médico, se están utilizando energía o radiaciones electromagnética; se depende mucho de esta energía tanto para necesidades de las personas como para realizar estudios científicos por parte de la agencias de gobiernos como la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) que utiliza todo el espectro electromagnético para estudiar la tierra, el sistema solar. El espectro electromagnético son ondas que están distribuidas en un amplio espectro que van desde los rayos gamma hasta las ondas de radio

que alcanzan a medir como una montaña rocosa, tal como se aprecia en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Tipos de radiación

Banda	Aplicaciones
Frecuencia extremadamente alta EHF (30-300 GHz)	Radar, sistema de comunicación avanzada, detección remota, radioastronomía.
Frecuencia super alta SHF (3-30 GHz)	Radar, sistemas de comunicación satelitales, navegación aérea, radioastronomía, detección remota.
Frecuencia ultra alta UHF (300-3GHz)	Difusión de TV, radar, radioastronomía, hornos de microondas, teléfonos celulares.
Frecuencia muy alta VHF (30-300 MHz)	Difusión de TV y FM, comunicación vía radio móvil, control de tráfico aéreo.
Frecuencia alta HF(3-30 MHz)	Radiodifusión de onda corta
Frecuencia mediana MF (300 KHz – 3 MHz)	Radiodifusión de AM
Frecuencia baja LF(30-300 KHz)	Radio faros, estaciones emisoras meteorológicas para navegación aérea
Frecuencia muy baja VLF(3-30 KHz)	Navegación y localización de posiciones
Frecuencia ultra baja ULF (300Hz-3KHz)	Señales de audio en teléfono
Frecuencia super baja SLF (30-300Hz)	Detección ionosférica, distribución de energía eléctrica, comunicación submarina
Frecuencia extremadamente baja ELF (3-30 Hz)	Detección de objetos metálicos enterrados
F > 3 Hz	Detección magnetotelúrica de la estructura terrestre

Fuente: Fundamentos de Aplicaciones en Electromagnetismo Quinta Edición, Fawwaz T. Ulaby., The University of Michigan, Pp 28.

2.5. RADIOFRECUENCIA

Conjunto de ondas que poseen identidad propia y que se encuentran dentro del espectro electromagnético y están situadas entre 3Hz - 3000GHz.

Mediante diferentes experimentos, Heinrich Herz demostró la existencia de las ondas de radio a finales del 1880. Hertz descubrió que las ondas electromagnéticas pueden viajar sin necesidad de cables y este viaje depende de la frecuencia o longitud de onda.

2.6. NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS

En 1953 El consejo Internacional de las comunicaciones de radio (CCIR), actualmente (UIT-R) estableció una serie de normativas técnicas internacionales [18], entre ellas las nomenclaturas de las bandas de frecuencia que presentamos en **Tabla 2**

Tabla 2 Nomenclatura de las bandas de frecuencia.

Número de la banda	Símbolos	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente
3	ULF	300-3 000 Hz	Ondas hectokilométricas
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF	300-3 000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300-3 000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas
12		300-3 000 GHz	Ondas decimilimétricas
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas
14		30-300 THz	Ondas micrométricas
15		300-3 000 THz	Ondas decimicrométricas

Fuente: Recomendación UIT-R V.431, Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Plan Nacional de frecuencia 2012, recuperado de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-7-200005-!!!PDF-S.pdf

2.7. PROPAGACIÓN

Se denomina propagación a la comunicación entre equipos a través de ondas electromagnéticas. La propagación de las ondas dependerá de las distintas zonas geográficas, entornos y

fenómenos atmosféricos por las que se transmiten. Sin olvidar la longitud de onda de las señales.

Para un mejor análisis se debe considerar las fronteras entre los medios de comunicación (entre el aire y el suelo, entre los edificios y el aire, de la tierra al espacio, entre otras). Estos efectos dan lugar a cambios en la amplitud, fase y dirección de las ondas que se propagan. [16]

2.8. TIPOS DE DUPLEXACIÓN

2.8.1. SIMPLEX

Este tipo de transmisión es aquel que admite la comunicación pero en un solo sentido.

2.8.2. HALF- DUPLEX

A este tipo de transmisión permite la comunicación en los dos sentidos, es decir de transmisor a receptor y de receptor a transmisor, pero solo una a la vez. Un ejemplo muy claro de este tipo de transmisión es: El radio woki toki, a pesar de ser un sistema bidireccional solo transmite uno a la vez.

2.8.3.FULL DUPLEX

Es un sistema bidireccional que permite que se comunique el receptor con el transmisor y el transmisor con el receptor al mismo tiempo.

2.9. ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Se conoce como Espectro Radioeléctrico al el conjunto de ondas electromagnéticas también conocidas como ondas hertzianas que se propagan por el espacio sin necesidades de guía artificial, fijadas por debajo de 3000 GHz y que son utilizadas en las

comunicaciones inalámbricas, siendo fundamentales para el desarrollo tanto económico como social del país. [20], [21].

De acuerdo con la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, Art 2 “El espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponde al Estado.”

2.10. DOMINIO PÚBLICO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El espectro radioeléctrico es un bien público pero es en el Estado quien tiene dominio sobre él. Según el artículo 17 “El Estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto: Garantizará la asignación, a través de métodos transparentes y en igualdad de condiciones, de las frecuencias del espectro radioeléctrico, para la gestión de estaciones de radio y televisión públicas, privadas y comunitarias, así como el acceso a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, y

precautelaré que en su utilización prevalezca el interés colectivo.”

[22]

2.11. DIVISIÓN DEL ESPECTRO

La UIT (Unión Nacional de Telecomunicaciones) para una mejor distribución de frecuencia ha dividido a la tierra en 3 regiones:

La Región 1 comprende: África, Europa, El Medio Oriente, Mongolia y las Repúblicas de la ex-Unión Soviética.

La Región 2 abarca: América.

La Región 3 encierra el resto del mundo es decir Asia y Oceanía.

La distribución de frecuencia en países que integren una región son similares. Ver *Figura 2.7.* (PNAF CR 102 A, art 15)

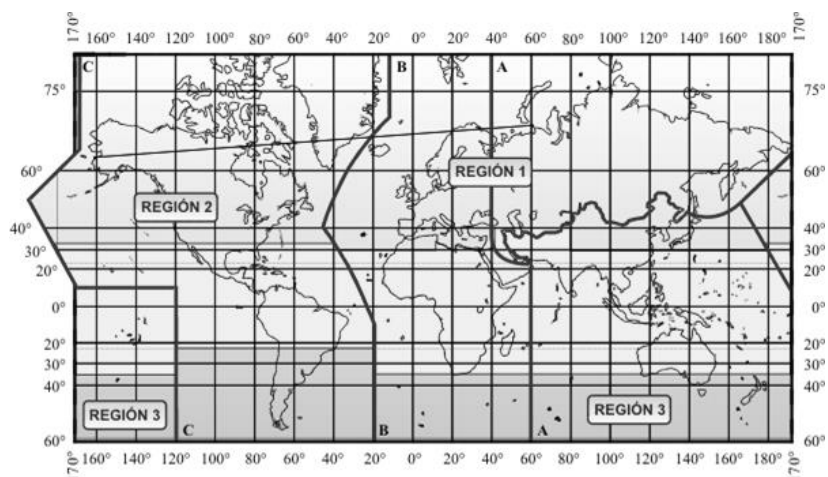


Figura 2.7 División del Espectro
Fuente: PNAF CON REFORMA CR 102^a

2.12. GESTIÓN DEL ESPECTRO

Para una adecuada gestión el Estado tiene dominio sobre el Espectro Radioeléctrico, por lo que solo podrá ser administrado y explotado mediante concesiones otorgadas mediante el estado con determinadas condiciones y por un tiempo establecido, tal como lo determina la ley Nacional de Telecomunicaciones.

“Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y

de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.”

2.13. CONTROL TÉCNICO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La entidad responsable de la comprobación técnica de control del espectro radioeléctrico en el Ecuador es la SUPERTEL (Super Intendencia de Telecomunicaciones), garantiza el funcionamiento de los diferentes servicios sin interferencia, este control debe tener un carácter continuo que permitan observar y controlar la utilización del Espectro para lo cual son necesarias las siguientes tareas: [23]

- **Monitoreo del espectro Radioeléctrico**

Comprende supervisión y vigilancia, es un proceso en donde interactúa hombre-máquina, con el fin de observar si sus sub-bandas están trabajando, en diferentes bandas del espectro.

- **Comprobación Técnica del espectro Radioeléctrico**

Verificación de parámetros Técnicos que se establecen para que una señal pueda operar como: Intensidad, Nivel de Señal entre otras.

- **Ocupación del Espectro Radioeléctrico**

Sistema Automático, que rastrea todas las señales que se configuran, verificando la utilización correcta del espectro de acuerdo a su asignación.

Luego se procede al Registro y preparación de la información para obtener la estimación cuantitativa del factor de utilización del espectro.

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCION DEL ESCENARIO PROCESO DE MEDICIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explicara el escenario en donde se realizaron las mediciones y las especificaciones técnica de los equipos utilizados en captura de datos y monitoreo del espectro asignado, además se explicará cada uno de los parámetros que se tomó en consideración para realizar las respectivas mediciones.

3.2. EXPLICACIÓN DEL ESCENARIO Y LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

Se conoce dos zonas que se encuentran bien definidas, zona urbana y zona rural *Ver Figura 3.1*, entre ellas se encuentra una zona que está al límite de la zona rural y la urbana, es conocida como zona semi rural.

La mayoría de los servicios de telecomunicaciones se encuentran en zonas urbanas porque las zonas semi rurales resultan poco atractiva para estos servicios debido a que poseen un reducido número de población, en consecuencia, existe excases de cobertura y un acceso limitado a los avances tecnológicos, creando la posibilidad que en el rango monitoreado se observe espectro libre a pesar de que se encuentre totalmente consecionado. *Ver Anexo 1*

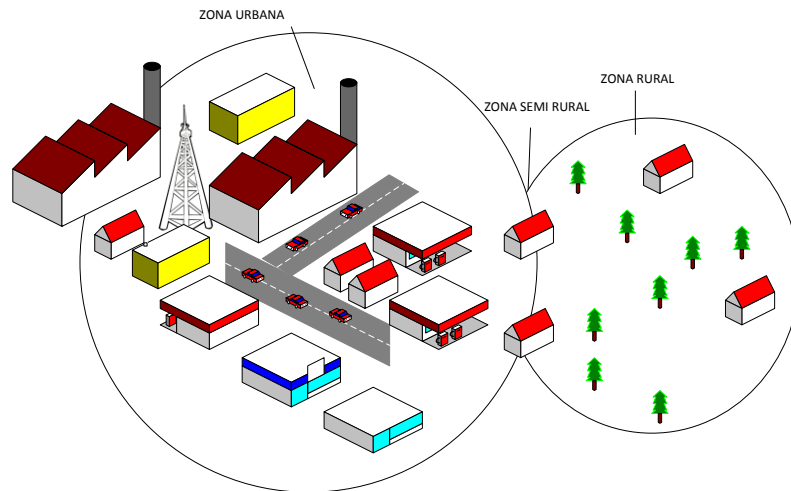


Figura 3. 1 Zonas Urbanas- semi rurales, rurales

Para nuestro caso particular las mediciones se llevaron a cabo en la terraza del edificio (tercer piso) de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación “FIEC” de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Guayaquil-Ecuador) Las coordenadas son: Latitud $2^{\circ}08'40.1''S$ y Longitud $79^{\circ}58'03.8''W$.



Figura 3. 2 Localización Geográfica de Espol Prosperina.
Fuente: Google Maps.

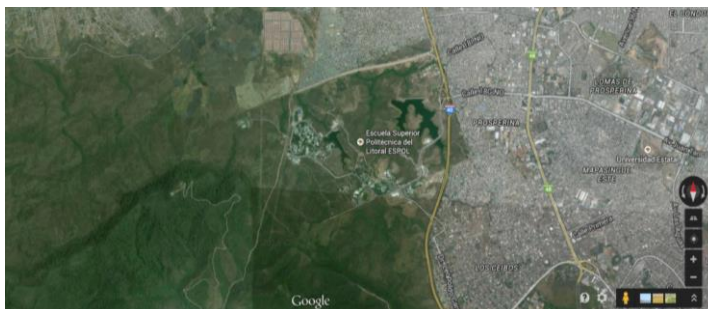


Figura 3. 3 Vista Satelital Espol Prosperina.
Fuente: Google Maps.

3.3. PROCESO DE MEDICIÓN JUNTO A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para realizar el análisis en el rango de frecuencia asignado en este proyecto se hizo uso de: Antena Model Sirio SD 2000U/N, que se encuentra conectado mediante cables (**Lc**) y conectores (**Lcn**) a un analizador de espectro y posteriormente a una lapto, se hizo uso del software Intulink MS Excel; los mismos que desempeñan funciones específicas que permiten obtener datos precisos para un mejor análisis. *Ver figura 3.4*

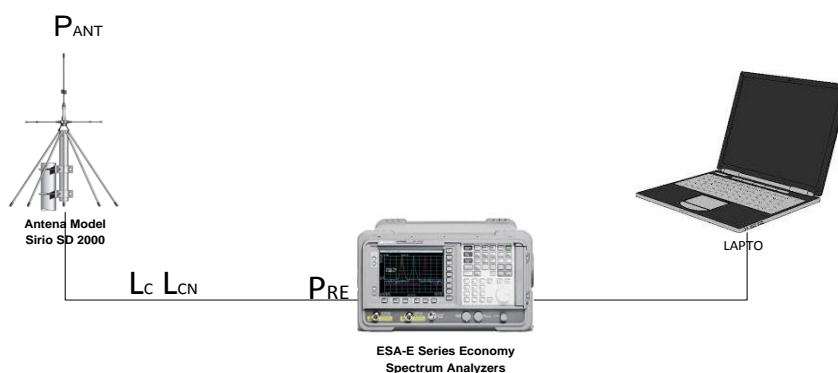


Figura 3. 4 Proceso de medición

La antena que se usó para el análisis permite seleccionar frecuencias que estén dentro de 100 - 2000 MHz, tiene un patrón omnidireccional, polarización vertical y potencia máxima de 200 Watts. (Ver **Figura 3.5**)



Figura 3. 5 Antena Model Sirio SD 2000.
Fuente: Installation Manual SD 2000. [24]

Para poder realizar la captura de los datos, se procedió a utilizar el analizador espectral Agilent E4404B ESA-E, este equipamiento puede trabajar en un rango de frecuencia de 9KHz - 6.7 GHz, nos provee niveles de ruidos bajos y varias interfaces de comunicación permite seleccionar un rango de frecuencia específica para un mejor análisis de los datos, el equipo se puede visualizar en la **Figura 3.6.** [25]



Figura 3. 6 ESA-E Series Economy Spectrum Analyzers.
Fuente: Agilent E4404B ESA-E Spectrum Analyzer. [25]

El PSA / ESA E / L / software EMC ofrece una barra de herramientas fáciles de usar que permite conectarse con el analizador de espectro que usamos a Microsoft Excel.

Una vez instalado el software, en la barra de herramientas se carga automáticamente y funciona como cualquier otra barra de herramientas en estas aplicaciones. Esta aplicación nos permite obtener los datos de: frecuencias, potencias, tiempo, entre otros; permitiéndonos obtener rápidamente los datos medidos, visualizarlos, manipularlos y analizarlos. Adquiriendo una secuencia ordenada, por fecha y tiempo de los datos capturados. [26]

A continuación se describe la barra de herramientas con la que trabaja el PSA / ESA E / L / software EMC Intuilink:

La barra de herramientas de Excel se muestra a continuación en la **Figura 3.7**, seguidas de una breve descripción de cada botón de la barra de herramientas.

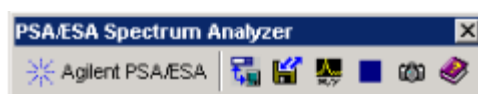


Figura 3. 7 PSA/ESA Spectrum Analyzer.



About Spectrum Analyzer Toolbar.- Devuelve el número de versión de software y una lista de los modelos soportados analizador de espectro.



Connect to Spectrum Analyzer.- Configura la conexión de E / S con el analizador espectral.



Capture/Restore Spectrum Analyzer Settings.- Captura la configuración del analizador de espectro y los almacena con la barra de herramientas o en un archivo externo. Restaura los ajustes guardados en el analizador de espectro. Le permite editar el nombre de los archivos de estado guardado o eliminar archivos de estado guardado.



Get Data.- Subida datos del analizador de espectro a la hoja de cálculo activa en Excel. También permite obtener mediciones repetidas.

3.4. ANÁLISIS DE POTENCIAS

Para poder realizar un análisis correcto, se debe tomar en cuenta que la potencia recibida en el analizador (P_{RE}) no es igual a la potencia recibida en la antena (P_{RANT}), debido a las pérdidas existentes por cables (L_C) y conectores (L_{CN}), estas pérdidas se las toma en cuenta en la ecuación 3.1. Ver **Figura 3.2**

$$P_{RE} = P_{RANT} + G_{ANT} - L_C - L_{CN} + \text{Atenuación} \quad (3.1)$$

Donde P_{ANT} es la potencia recibida en la antena, P_{RE} es la potencia en el receptor, L_C y L_{cn} son pérdida en los cables y en los conectores respectivamente y G_{Ant} la ganancia en la Antena.

3.5. VARIABLES DE RESULTADOS

En la fórmula 3.2 tenemos la ecuación que representa la potencia promedio de un canal, la cual utiliza la potencia instantánea que mide el analizador de espectro P_{RE} , se agrupa en términos de N_c y se le saca el promedio

$$\overline{P_{REci}} = \frac{\sum_{j=1}^{N_c} P_{Icij}}{N_c}$$

(3.2)

La P_{REci} , representa la potencia medida por el analizador de espectro, en el canal C_i de la muestra j , N_c corresponde al número de muestra que hay en cada canal.

Para determinar si están o no ocupados los canales, se considera un umbral para el análisis, este umbral se define como la intensidad de campo mínima necesaria para la cobertura radioeléctrica. Por tanto, emula la situación de una estación de la red sujeta a comprobación técnica.

En la selección de estado se compara la potencia promedio con el umbral, si es mayor o igual, entonces el $State_{i,j}$ toma el valor de 1(ocupado), caso contrario cero (desocupado). (3.3)

$$State_{i,j} = \begin{cases} 1; & P_{I,cij} \geq UMBRAL \\ 0; & OTROS \end{cases} \quad (3.3)$$

En el Duty cycle se agrupan N_c valores del estado de un canal y se obtiene el promedio, que posteriormente se lo multiplica por 100, ya que es un porcentaje. El duty Cycle representa el uso del canal, por lo tanto a mayor duty cycle es menor disponibilidad en el canal y a menor duty cycle hay mayor disponibilidad.

$$Duty\ Cycle = \frac{\sum_{j=1}^{N_c} State_{i,j}}{N_c} \cdot 100 \quad (3.4)$$

3.6. MODELO PROBALISTICO

Se define como un esquema teórico, generalmente en forma matemática de un sistema o de una realidad que usualmente se los utiliza para hacer simulaciones de realidades complejas. [27]

3.6.1. MODELO DE MARKOV

Andreu Markov fue un matemático ruso, nació en Ryazan en 1856 y murió en 1922. Es reconocido principalmente por sus

estudios de las denominadas cadenas de Markov y a la denominada teoría de los procesos estocásticos.

Es importante recalcar que ningún modelo es una representación perfecta, su validez depende de lo razonable que sean las mediciones. [27] En este caso particular el Modelo Markov aplicado a las telecomunicaciones que ayudará a realizar el análisis para caracterizar la frecuencia, puede definirse como un modelo estocástico, en donde la frecuencia se encuentre en un número finito de estados (ocupado, no ocupado) a los que se los denomina estados de Markov, los cuales deben ser mutuamente excluyente, es decir cierta frecuencia no puede estar ocupada y no ocupada al mismo tiempo. Los acontecimientos se modelizan como pasos o transiciones de unos estados a otros que se producen en periodos uniformes de tiempo a los que se los denomina como ciclos de Markov. Se puede utilizar el modelo de Markov cuando se trata de eventos repetidos, irreversibles y de larga duración.

3.6.2. CADENA DE MARCOV

Se denomina cadena de Markov a el proceso estocástico cuando el estado actual X_n y los estados previos X_1, \dots, X_{n-1} son conocidos, entonces la probabilidad futura es X_{n+1} [28]. Porque la probabilidad condicional de llegar a un estado futuro depende exclusivamente del estado actual en el que se encuentre el sistema y no depende de los estados anteriores X_1, \dots, X_{n-1} . (Ver 4.6)

$$P(X_{n+1} = S_{n+1} | X_1 = S_1, X_2 = S_2, \dots, X_n = S_n) = P(X_{n+1} = S_{n+1} | X_n = S_n) \quad (4.6)$$

A este conjunto de probabilidades condicionales se las conoce como probabilidades de transición, y se considera que no varían en el tiempo (P_{ij}).

Estado se considera al número de transacciones dentro de un sistema en tiempo dado.

En la **Tabla 3** la primera columna representa el estado actual del sistema y los renglones los estados futuros, la probabilidad del que el sistema cambie del estado actual al estado futuro.

Tabla 3 Matriz de probabilidad

	0	1	2	...	N
0	P_{00}	P_{01}	P_{02}	...	P_{0N}
1	P_{10}	P_{11}	P_{12}	...	P_{1N}
2	P_{20}	P_{21}	P_{22}	...	P_{2N}
...
N	P_{N0}	P_{N1}	P_{N2}	...	P_{NN}

CAPÍTULO 4

4. CALCULOS Y RESULTADOS

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se mostraran los cálculos y los procedimientos, se observará mediante diferentes gráficas el nivel de potencia y ocupación del rango de frecuencia monitoreado.

4.2. CÁLCULO DE TIEMPO DE MUESTREO PARA LOS SERVICIOS EN LA BANDA DE (335 – 400 MHZ).

Para poder estimar el tiempo en que se van a obtener las mediciones, hay que tomar en cuenta que la mayor parte de la banda (335 Mhz – 400 Mhz) tiene un alto grado de ocupación para la Seguridad Nacional según la concesión (ver Anexo 1) ,para evitar que la comunicación de la Fuerza Armada del Ecuador sea rastreada o interferida, se usa la tecnología llamada Frequency Hopping, razón por la que se estima que se observe en casi todo el rango de esta frecuencias, pequeños pulsos en distintas frecuencias, estos niveles de potencias puedes ser tan bajos que no estarían considerados dentro de nuestro umbral; esperando poder observar algún salto de frecuencia (Frequency Hopping) se decidió que la captura de datos sea más frecuente, es por este motivo, que se fijó un valor de tiempo en 58 segundos para cada ciclo o vuelta del análisis de todo el rango de frecuencia de estudio y adicionalmente se fijó en 500 muestras, el cual es el número máximo posible de mediciones para 2000 puntos que proporciona el programa de adquisición de datos, en consecuencia, para conseguir una precisión con un intervalo de confianza estadística fiable es

necesario un número mínimo de muestras. Si la ocupación del canal es del 100%, sólo con unas pocas muestras se consigue una buena precisión. Con un nivel de ocupación bajo, se necesita un número mayor de muestras para conseguir la misma precisión y confianza estadística.

Para poder verificar el porcentaje de error con el que se va a trabajar al momento de escoger el número de muestras mencionada anteriormente en esta Sección, es necesario utilizar la ecuación 4.1, la cual es aplicada para tamaño de muestra de un grupo (una porción) de una población conocida, en donde el rango de porcentaje de error en la muestra aceptable está entre 0 – 5%,, donde N es el ancho de banda con el que vamos a trabajar, m es el número de muestras y k es el porcentaje de error en la población.

$$m = \frac{N}{(N - 1)k^2 + 1} \quad (4.1)$$

Despejando k de la fórmula (4.1) y realizando los cálculos pertinentes, se obtiene como valor del porcentaje de error en la

población de 4.47%, es decir que se encuentra dentro del rango aceptable.

Para proceder a realizar las mediciones con el analizador espectral, se hace uso del pseudocódigo mostrado en la **Tabla 4**.

Tabla 4 Pseudocódigo para escanear la banda de frecuencia.

Entradas: $f_o, f_n, t_o, t_a, M_0, M$

Resultados: Un archivo con: Fecha, Tiempo, Frecuencia y Potencia

1. Entre el analizador espectral y la laptop la comunicación es establecida.
2. $i=1; j=1;$
; los contadores de medición son inicializados
3. **while** $t_a < t_o$
4. Se mantiene en estado de espera hasta que el tiempo actual (t_a) alcance el tiempo inicial (t_o).
5. **end**
6. **while** $j \leq M_0$
7. **while** $i \leq M$
8. Comenzar el escaneo de canal i ;
9. $TABLA(j,i,4) = (Fecha_i, j, Tiempo_i, j, f_i, j, PR, f_i, j);$
10. $i=i+1;$
11. **end**
12. $j=j+1; i=1;$
13. **end**
14. **save** $TABLA$ in Archivo;
15. La comunicación entre el analizador espectral y la laptop es finalizada.

Para realizar la medición con el analizador espectral se requieren de los parámetros que se pueden visualizar en la **Tabla 4**, los cuales son: frecuencia inicial (f_o), frecuencia final (f_n), tiempo en que el programa conjunto con el analizador de espectro comienza a obtener los datos solicitados para el análisis (t_o), el número de frecuencias (M) y finalmente el número de muestras que se hará en cada frecuencia (M_o).

Como se puede apreciar, primero se establece la conexión (line: 1) y se establecen los contadores i y j , los cuales son útiles para las frecuencias y muestreos respectivamente (line: 2). Para dar inicio a las mediciones es necesario que el tiempo actual (t_a) sea mayor o igual al tiempo configurado (line: 3-5). Se pregunta si el número de muestras de la banda se ha completado (line: 6), de no ser el caso se pregunta si el total de frecuencias han sido analizadas (line: 7) mientras no se hayan muestreado todas las frecuencias de la banda se mantendrá en el lazo (line: 7-11) y se almacena este escaneo en TABLA (line: 9). Si el número de muestras de cada frecuencia son revisadas se incrementa el contador de muestras (line: 12), de

manera que esto se repite hasta que se alcanza el número de 500 muestras que han sido programadas.

Finalmente el algoritmo almacena en un archivo llamado TABLA (line: 14) que contiene información de la fecha (Fecha), hora (Tiempo), frecuencia del canal muestreado y nivel de potencia medido para ese canal (PR, f_i, j), además del número de muestra, con este archivo se realizará su posterior análisis y cierra la conexión (line: 15).

4.3. PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Se describen los pasos de la configuración para la adquisición de datos:

Como primer paso se configura la conexión al analizado espectral, sólo tiene que seleccionar una dirección de interfaz, pulsando el botón de *Identify Instrument(s)* y el PSA / ESA E / L / software EMC determina qué instrumentos están conectados en la PC, como se

puede observar en la **Figura 4.1** y pulsar el botón *Connect* una vez configurada la conexión.

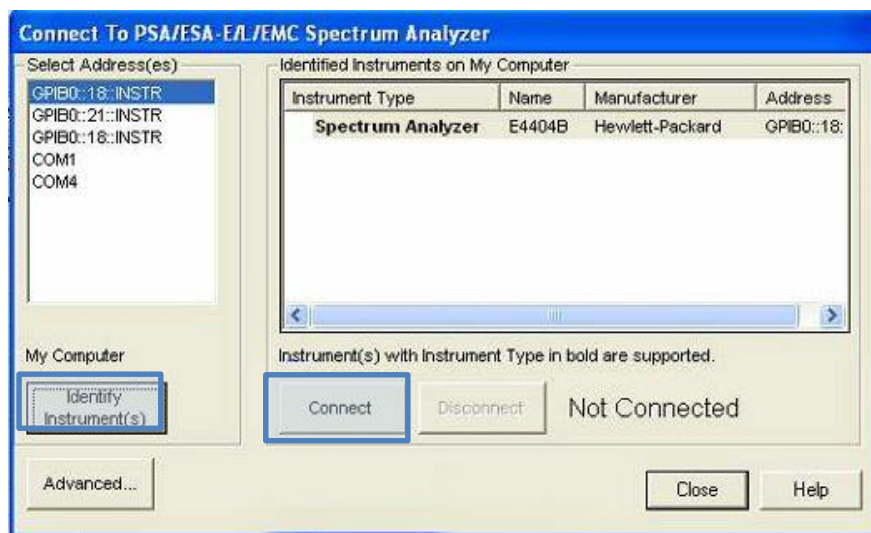


Figura 4. 1 Establecer conexión al analizador espectral.

Una vez establecida la conexión, se procede a configurar la captura de los datos de medición del analizador de espectro a intervalos especificados.

Se puede especificar una hora de inicio para la captura de datos, y, o bien los intervalos o el número de veces que desea que los datos capturados.

Se deshabilita la casilla de *Make Simple Excel Graph*, porque no queremos que se grafiquen los datos, se selecciona la casilla de *Get Repeated Measurements*, para poder habilitar el botón de *Repeated Measurement*, puesto que es en donde se define los intervalos de las repeticiones que deseamos realizar, como se muestra en **Figura 4.2**.

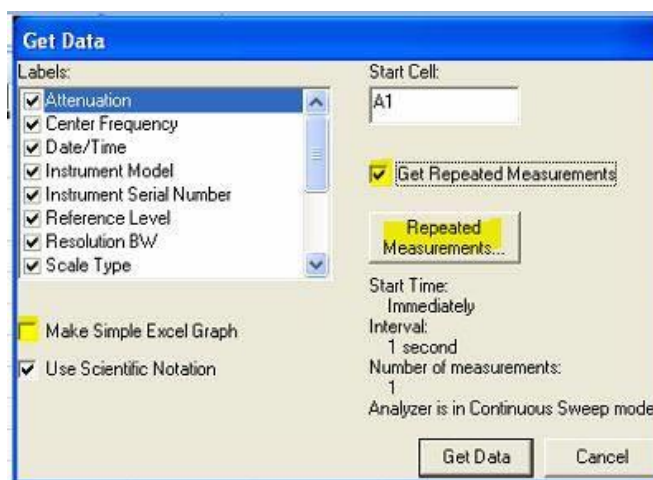


Figura 4.2 Ventana para obtener mediciones repetidas.

En este paso se define los intervalos, duración y números de muestras a tomar, los cuales son los mismos valores que se ingresaron para nuestro estudio y dichos valores se los pueden visualizar en la **Figura 4.3** y cabe indicar que son estos los mismos valores que se trataron en la Sección 4.3.

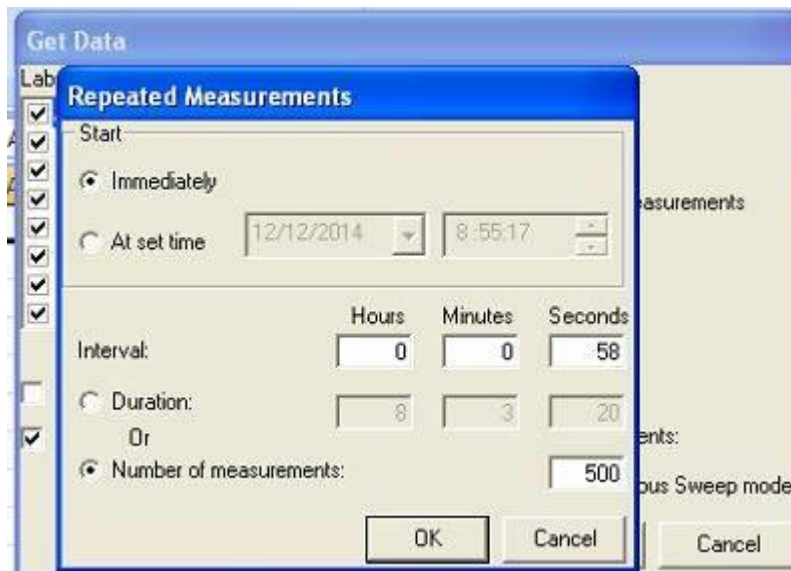


Figura 4.3 Repeticiones, intervalos y número de capturas.

4.4. CÁLCULO DEL UMBRAL (335- 400 MHZ)

Para procedimientos de cálculos se utiliza la fórmula de ruido de Johnson–Nyquist (4.2), el cual indica que el NF es la Figura de Ruido del analizador espectral, [29] cuyo valor es de aproximadamente 9,3 dB para nuestro rango de banda asignado de frecuencia, tal como se puede observar en la Figura 4.7; k_b es la constante de Boltzmann la cual tiene un valor de $k_b = 1.3806504 \times 10^{-23}$ J/K; T es la temperatura ambiente (300 K) y BHz es el ancho de banda.

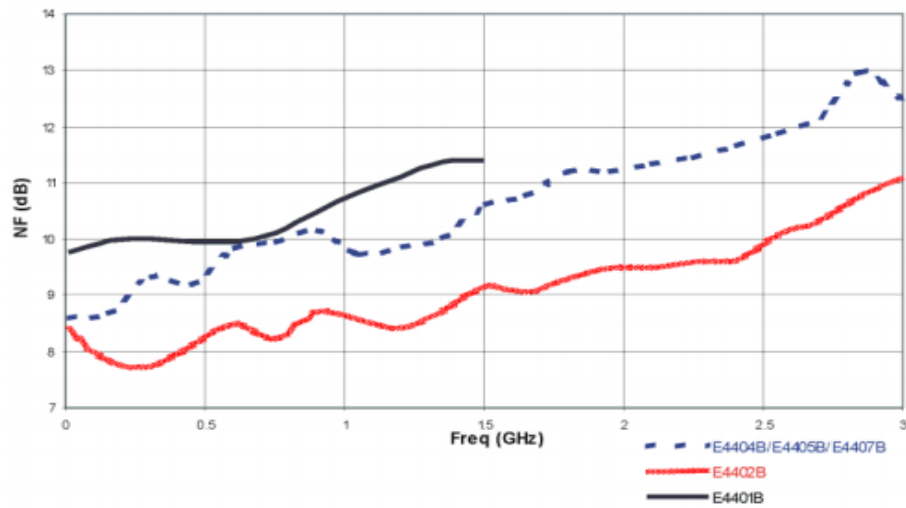


Figura 4. 4 Figura de Ruido [29]

$$UMBRAL = 10 \log(k_b T B Hz \times 1000) + NF \quad (4.2)$$

Es decir, reemplazando los datos se obtiene la ecuación 4.3:

$$UMBRAL = -174 + 10 \log(65) + 10db + 9.3 \quad (4.3)$$

En donde, el valor de -174dB, se debe al ruido térmico calculado con la constante de Boltzmann junto con la temperatura ambiente en grados Kelvin; la UIT recomienda que se le sume 10db al umbral [30]. Luego de resolver la ecuación 4.3 se obtiene que el umbral corresponde a -75.7dB, valor que se utiliza para el análisis, el cual indica las frecuencias que están ocupadas o no ocupadas,

dependiendo que estas frecuencias pasen o no el nivel de umbral de potencia definido respectivamente.

4.5. CÁLCULO DE LA POTENCIA

En el procedimiento de adquisición de datos, existen pérdidas que se debe considerar en el análisis, entre los elementos que pueden ocasionar pérdidas tenemos: Cables, conectores, equipo, entre otros, tal como se lo describe en la sección donde se detalla las pérdidas.

Para realizar las mediciones se utilizó 10 m de cable RG58 cuya atenuación por cable es de 1dB por metro y 4 conectores cuya atenuación por cada conector es de 0.5dB. Es decir la pérdida por cable fue de 10 dB y la de los conectores de 2db.

La ganancia de la Antena es de 0 db y la atenuación de 5db es debida al analizador espectral y este valor se lo puede visualizar en la **Figura 4.5**.

Reemplazando los datos en la ecuación (4.4) se obtiene:

$$P_R = P_{ANT} + 0 - 10 - 2 + 5$$

$$P_R = P_{ANT} - 7db$$

$$P_{ANT} = P_R + 7db \quad (4.5)$$

En conclusión, para poder calcular la potencia en la antena se debe sumar 7db a la potencia recibida en el analizador de espectro.

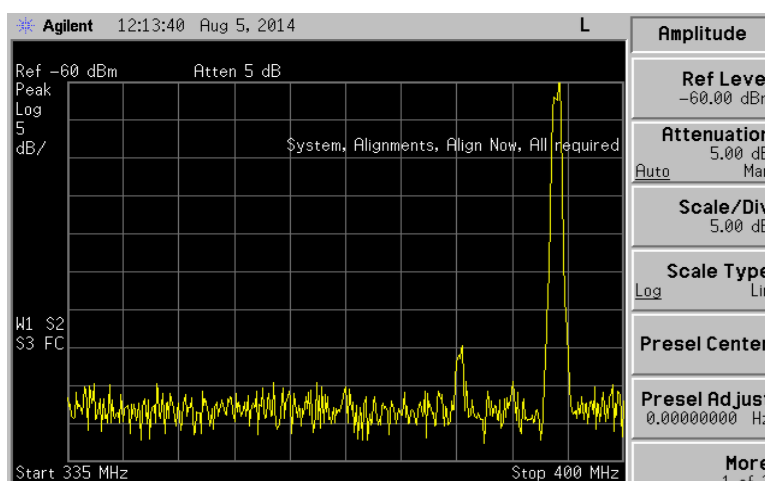


Figura 4.5 Analizador de Espectro

4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.6.1. CORRELACIÓN

Se realizó el respectivo monitoreo en la banda asignada 335 MHz – 400MHz por 7 días consecutivos en donde, se observó un comportamiento similar todo los días en las que se realizaron las mediciones.

Para poder comprobar que tenían el mismo comportamiento, se realizó la matriz de Correlación de Pearson entre los 7 días de la semana. Tal como se lo muestra en la *Tabla 5*.

En donde, de manera general el coeficiente de correlación oscila entre -1 y $+1$ encontrándose en medio el valor 0 que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables de estudio [31].

Como se puede observar los datos que se encuentra en la parte inferior de la matriz de correlación de Pearson tiene

valores superiores a 0.7, lo que comprueba que los días que se realizaron las mediciones están altamente relacionados.

En conclusión, se puede decir que si se analiza el promedio de todo los días se estará realizando una buena estimación de un análisis muy cercano a que si estuviera realizando día por día.

Tabla 5 Correlaciones

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Martes	0.905					
Miércoles	0.903	0.907				
Jueves	0.905	0.904	0.903			
Viernes	0.905	0.908	0.908	0.904		
Sábado	0.906	0.908	0.908	0.905	0.909	
Domingo	0.906	0.908	0.908	0.905	0.909	0.909

4.6.2. ESPECTOGRAMA

La *Figura 4.6* muestra en el eje horizontal el rango de frecuencia monitoreada (335Mhz - 400MhZ), en el lado izquierdo se encuentran las menores frecuencia y en el derecho las mayores frecuencias, en el eje vertical el tiempo (24 horas), a la derecha se encuentra un banner de colores en donde se puede observar los niveles de potencia que van desde el color azul, los cuales indican las menores potencias, hasta el color rojo que corresponden a potencias mayores. Lo que nos permitirá identificar el nivel de potencias que hay en cada uno de las frecuencias monitoreadas en un tiempo determinado, e identificar las frecuencias libres y las ocupadas.

Analizando el comportamiento del espectro en la figura, se puede observar que la mayoría de las frecuencias están de color azul, es decir no hay ninguna transmisión por el motivo de que la potencia recibida o potencia censada en dichas frecuencias es aproximadamente -95 db, lo que significa que

la potencia en dichas frecuencias es muy baja y está por debajo del umbral definido (-75.7db), este rango de frecuencia se encuentran desocupada durante las 24 horas del día.

Entre las frecuencias que se encuentran de color azul aparece una línea con un tono más claro que es de color turquesa, aproximadamente -80 db, indicando que tiene un nivel de potencia mayor a la anterior (-95 db), pero menor que el umbral definido (-75.7 db), por lo que decimos que también se encuentra desocupada.

Al continuar con el barrido, observamos que hay una franja de color rojo, lo que nos indica que existe una portadora con nivel alto de potencia es decir una alta actividad de transmisiones, se pudo censar aproximadamente -55 db en 391Mhz- 393 MHz, que según tabla 1 corresponde a un servicio Fijo móvil.

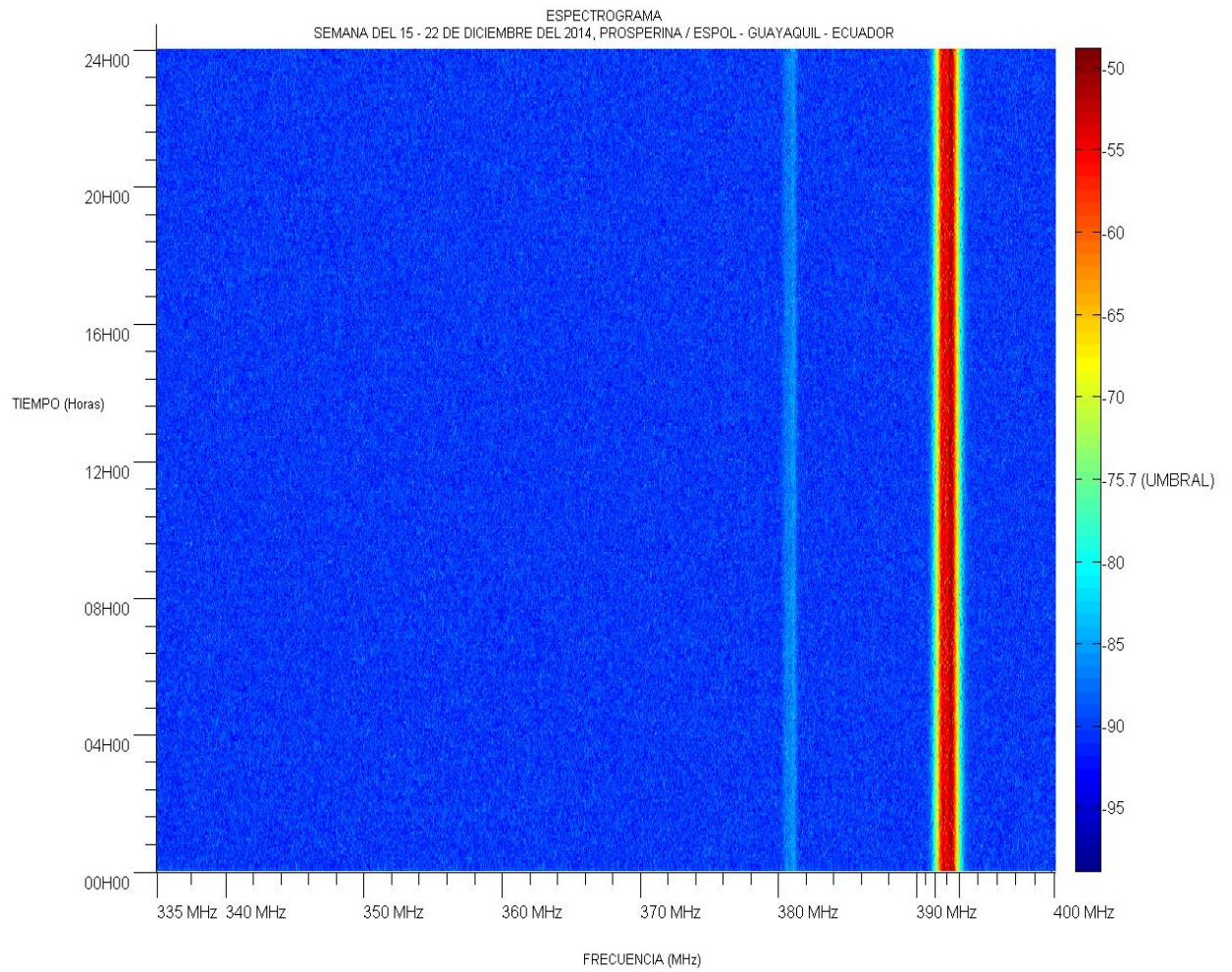


Figura 4.6 Espectrograma, Semana del 15-22 de Diciembre/2014.

4.6.3.HISTOGRAMA

Se puede apreciar que en el eje vertical de la **Figura 4.7** se representa la densidad de frecuencias, en el eje horizontal las

leyendas SI y NO, las cuales son indicadores de las frecuencias ocupadas y las desocupadas, se observa que la banda de 335- 400 MHz presenta una ocupación de sólo el 2,10% y porcentaje de frecuencias desocupadas es del 97,90%, como se puede apreciar la mayoría de la banda está desocupada. Es importante mencionar que los datos fueron tomados desde la ESPOL- Campus Prosperina y aunque la banda en su mayoría se vea desocupada está totalmente concesionado (Ver Anexo).

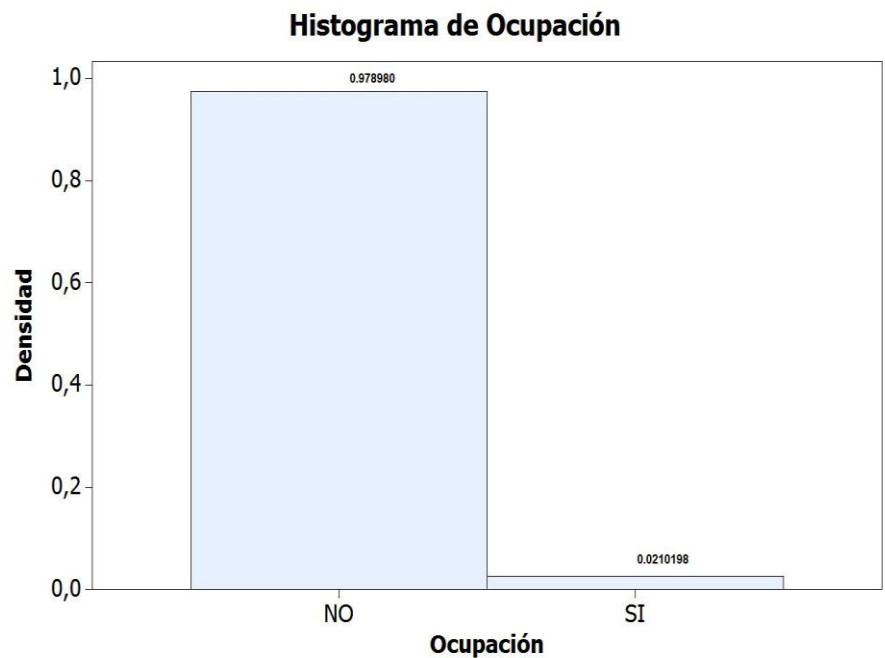


Figura 4. 7 Histograma de Ocupación (335Mhz-400Mhz)

4.6.4.DUTY CYCLE

En la **Figura 4.8** muestra una estimación global del ciclo de trabajo promedio entre los 7 días de la semana monitoreado (duty cycle) desde 335 MHz a 400 MHz, donde se puede observar con claridad el porcentaje en el que una frecuencia esta activa, se observa que la portadora comprendida entre 391Mhz- 393 MHz está al 100% activa, mientras que el resto del espectro analizado registra un 0%.

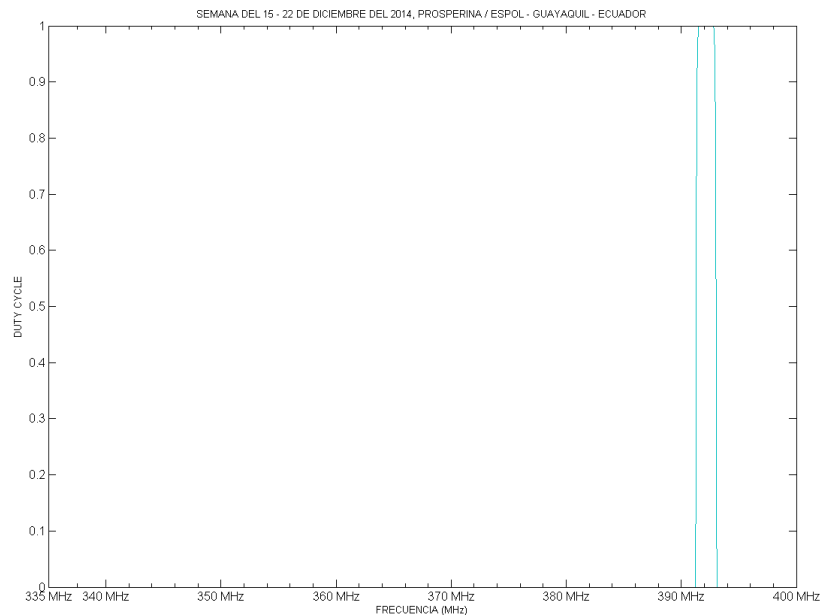


Figura 4. 8 Duty Cycle, Semana del 15-22 de Diciembre/ 2014

El algoritmo que se usa para calcular el duty cycle de las frecuencias en análisis se muestra en la **Tabla 6**

Tabla 6 Pseudocódigo para realizar el duty cycle

<p>Entradas: Tabla de frecuencias y potencias a lo largo de la semana de adquisición de datos [TABLA(i,j)].</p> <p>Resultados: Valor del contador con su gráfica.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. cont = 0; 2. i=0; j=0; 3. dutyTot(2000,1)= 0; 4. while i<2000 5. while j<1792 6. if el valor de nivel de potencia en TABLA(i,j) es mayor o igual a -75.7dB, entonces incrementa la variable cont en 1 7. end 8. j++; 9. end 10. dutyTot(i,1) = cont; 11. i++; 12. end 13. dutyTot(i,1) = dutyTot(i,1) / 1792 14. plot(frec, dutyTot)
--

El algoritmo inicia estableciendo el contador cont en cero (line: 1), definiendo contadores que después serán de ayuda para recorrer la matriz por columnas y filas (line: 2) y definiendo una matriz llamada dutyTot de dimensiones 2000 x 1 (line: 3).

Luego se procede a recorrer el número total de columnas hasta que el contador i llegue a 2000 (line: 4, 12), al mismo tiempo que se recorre las columnas se analiza también las filas (line: 5, 9), a continuación se consulta si el nivel de potencia en el instante que se encuentre recorriendo una columna y fila específica del archivo denominado TABLA es mayor o igual a nuestro umbral, es decir -75.7dB la variable cont incrementa en 1 (line: 6), luego de esta acción incrementa el contador de filas en uno (line: 8).

Se lo utiliza para el ingreso de los datos dentro de la variable dutyTot (line: 10) e incrementa el valor del contador de la variable columna en 1 (line: 11). El duty cycle se encuentra comprendido entre 0–1 por lo que se procede a dividir la matriz dutyTot para el número total de filas (line: 13) y finalmente se procede a graficar el duty cycle (line: 14).

4.6.5. ANÁLISIS APLICANDO CRITERIO DE MARKOV

Con la ayuda de la *Figura 4.6*, se puede llegar a concluir que, la cadena Markoviana que se generaría para el análisis sería constante en consecuencia de que los datos lo son, para aplicar el criterio de las cadenas de Markov se debe tener presente las matrices que ayudarán en el análisis, las cuales son: la matriz de probabilidad de estados presentes (ocupado, no ocupado) y la matriz de transición, la cual nos indica: la probabilidad de las frecuencias que se encuentren en el estado de no ocupadas y se encuentren en el estado siguiente como ocupadas (P_{01}), la probabilidad de las frecuencias que se encuentren en el estado de no ocupadas y se queden en el estado siguiente como no ocupadas (P_{00}), la probabilidad de las frecuencias que se encuentren en el estado de ocupadas y se encuentren en el estado siguiente como no ocupadas (P_{10}) y la probabilidad de las frecuencias que se encuentren en el estado de ocupadas y se queden en el estado siguiente como ocupadas (P_{11}). Como se mencionó en la Sección 4.8.1 “se puede decir que si se analiza el promedio de todo los días se

estará realizando una buena estimación de un análisis muy cercano a que si estuviera realizando día por día”, es por esta razón que el análisis se lo realiza por la semana que se obtuvieron los datos.

En base al argumento anterior, para obtener las matrices que facilitarán la comprensión de la banda asignada, se procede a realizar el recorrido de la tabla de Excel principal, donde en ella constan todos los datos que se obtuvieron durante la semana de 15 al 22 de diciembre, es decir s que estos son los puntos que se toman para el cálculo de las probabilidades, esta tabla de Excel tiene dimensiones de 2000 columnas por 1792 filas, las cuales indican las divisiones de frecuencias que se realizó para el rango de 335 – 400 MHz y los niveles de potencia adquiridos con la antena respectivamente, mediante los siguientes códigos que se aplicó en MatLab se obtiene la matriz de ceros y unos, tal como se muestra en **Tabla 7**.

Tabla 7 Pseudocódigo para modificar matriz de frecuencias y potencias.

```

Entradas: Frecuencias y potencias a lo largo
de la semana de adquisición de datos.
Resultados: Archivo con: matriz de ceros y
unos.

1.   i=1; j=1;
; los contadores para la fila y columna son
inicializados
2.   while i<=2000
; comienza el escaneo de columnas del archivo
3.   while j<=1792
; comienza el escaneo de filas del archivo
      Se procede a modificar el archivo
      inicial en la posición [i,j]
4.   if el nivel de potencia escaneado
      en la posición [i,j] es mayor igual
      que -75.7dB se cambia a 1
5.   else se cambia el valor a 0
6.   end
7.   j++
; fin de filas

8.   i++
; fin de columnas
9.   end

```

El algoritmo inicia estableciendo los contadores que servirán para recorrer la matriz con los datos obtenidos durante el proceso de adquisición (line: 1). Se comienza a recorrer el número de columnas que se encuentran en el archivo de Excel (line: 2,9). Se comienza a recorrer el número de filas que se encuentran en el archivo de Excel (line: 3,8). Se establece que

cuando las potencias pasen el nivel de umbral de -75.7dB se las toman como frecuencias ocupadas y se las representa con el número 1, caso contrario, si los niveles de potencia no pasan el nivel de umbral se las toma como frecuencias no ocupadas y toman el valor de 0 (line: 4-7). La matriz resultante es aquella llena de ceros y unos, la cual tiene una la misma dimensión de 2000×1792 .

Para poder obtener las probabilidades iniciales de las frecuencias que se encuentren ocupadas o no ocupadas se procede a recorrer ahora la matriz generada anteriormente de ceros y unos contando cuantos ceros y unos se encuentran en la matriz, mediante el siguiente código, tal como se muestra en **Tabla 8**.

Tabla 8 Pseudocódigo para obtener las probabilidades iniciales

```

Entradas: Matriz de ceros y unos.
Resultados: Cantidad de unos y ceros en toda la
matriz.

1.   cont1=0; cont0=0;
    ; se inicializan los contadores para obtener la
    cantidad de unos y ceros en la matriz
2.   i=1; j=1;
    ; los contadores para la fila y columna son
    inicializados
3.   while i<=2000
    ; comienza el escaneo de columnas del archivo
4.   while j<=1792
    ; comienza el escaneo de filas del archivo

5.           if el archivo de ceros y unos en la
              posición [i,j] es igual a 1
6.           cont1++;

7.           else es igual a 0
8.           cont0++;

9.   end

10.  j++
    ; fin de filas

11.  i++
    ; fin de columnas
12.  end

```

El algoritmo inicia estableciendo los contadores que sirven para contabilizar los unos y ceros presentes en el archivo previamente obtenido (line: 1) y contadores para poder recorrer la matriz (line: 2). Se comienza a recorrer el número de columnas que se encuentran en el archivo de Excel (line:

3,11). Se comienza a recorrer el número de filas que se encuentran en el archivo de Excel (line: 4,10).

Si el algoritmo encuentra un número uno en el archivo, el contador cont1 incrementa en uno; si el algoritmo encuentra un número cero en el archivo, el contador cont0 incrementa en uno (line: 5-9). Donde se encuentra que en la matriz hay 75335 unos (count1) y 3508665 ceros (count0). Para obtener la probabilidad estos valores se los divide para el total de muestras que se tienen, en este caso es la matriz de 2000 x 1792 (3584000).

El resultado son las probabilidades iniciales para aplicar el modelo de Markov, es decir, 0.0210198 ($75335/3584000$) es la probabilidad que las frecuencias que están en el rango de estudio se encuentren ocupadas y un 0.978980 ($3508665/3584000$) es la probabilidad que las frecuencias que están en el rango de estudio no se encuentren ocupadas.

Con estos datos se genera la matriz de probabilidades iniciales, la cual tiene como propiedad que la suma de sus probabilidades sea igual a la unidad, esta matriz se la representa como se puede observar en la ecuación 4.7

$$v = [0.0210198 \quad 0.978980] \quad (4.7)$$

Una vez realizado el paso anterior, se procede a la obtención de la matriz de transición de estados, para la cual se hizo uso de los siguientes comandos para recorrer la matriz de ceros y unos preguntando por el estado siguiente y comparando con el estado anterior, tal como se puede apreciar en el código que se presenta a continuación. Ver **Tabla 9**

Tabla 9 Pseudocódigo para obtener la matriz de transición de estados

Entradas: Matriz de ceros y unos (Tabla_de_1_0[i,j]).

Resultados: Cantidad de eventos que se dan cuando de estado anterior se tiene cero y estado siguiente se tenga cero. Cantidad de eventos que se dan cuando de estado anterior se tiene cero y estado siguiente se tenga uno. Cantidad de eventos que se dan cuando de estado anterior se tiene uno y estado siguiente se tenga uno. Cantidad de eventos que se dan cuando de estado anterior se tiene uno y estado siguiente se tenga cero.

1. **cont01=0; cont00=0; cont11=0; cont10=0;**
; se inicializan los contadores para obtener la cantidad de eventos ocurren en el archivo

2. **i=1; j=2;**
; los contadores para la fila y columna son inicializados

3. **while i<=2000**
; comienza el escaneo de columnas del archivo

4. **while j<=1792**
; comienza el escaneo de filas del archivo

5. **if** Tabla_de_1_0[i,j]=1
6. **if** Tabla_de_1_0[i,j-1]=0
7. **cont01 = cont01 +1;**
8. **end**
9. **end**

10. **if** Tabla_de_1_0[i,j]=0
11. **if** Tabla_de_1_0[i,j-1]=0
12. **cont00 = cont00 +1;**
13. **end**

```

14.   end

15.   if Tabla_de_1_0[i,j]=1
16.       if Tabla_de_1_0[i,j-1]=1
17.           cont11 = cont11 +1;
18.       end
19.   end

20.   if Tabla_de_1_0[i,j]=0
21.       if Tabla_de_1_0[i,j-1]=1
22.           cont10 = cont10 +1;
23.       end
24.   end

25.   j++
    ; fin de filas

26.   i++
    ; fin de columnas
27.   end

```

Donde, para obtener las probabilidades se divide de la siguiente manera:

$$P_{01} = \text{cont01} / \text{cont0} = 2526 / 3508665 = 0,0007199319399$$

$$P_{00} = \text{cont00} / \text{cont0} = 3504182 / 3508665 = 0,9987223060623$$

$$P_{10} = \text{cont10} / \text{cont1} = 2526 / 75335 = 0,0335302316320$$

$$P_{11} = \text{cont11} / \text{cont1} = 72766 / 75335 = 0,9658989845357$$

El resultado de éste procedimiento se lo puede visualizar en la ecuación 4.8.

$$P = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} \\ P_{10} & P_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0007199319399 & 0,9987223060623 \\ 0,0335302316320 & 0,9658989845357 \end{bmatrix}$$

(4.8)

El resumen del proceso total se lo puede apreciar en el diagrama que se visualiza en la **Figura 4. 14** denominado cadena de Markov, el cual indica las transiciones de paso de estado anterior al estado siguiente, esta figura es de gran ayuda para la comprensión del modelo, pues agrupa las probabilidades obtenidas en 4.7 y 4.8.

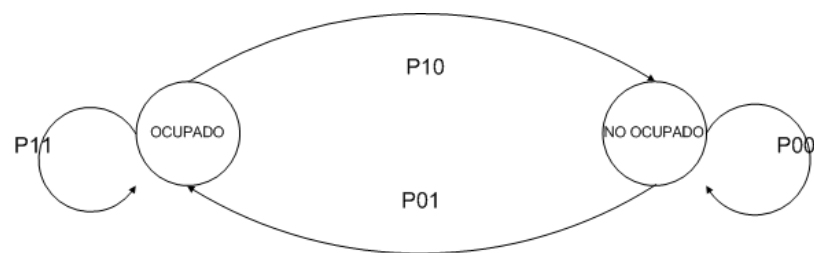


Figura 4. 9 Cadena de Markov

CONCLUSIONES

1. En el estudio realizado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral se logró modelar usando el modelamiento de Markov, se consideró un umbral de -75.7 y se obtuvo que el rango de 335 MHz- 400 MHz tiene una disponibilidad espectral del 97.8980%, que equivale a 63.6337 MHz de espacio libre y solo el 2.10198 % de espacio ocupado equivalente a 1.36 MHz.

2. El comportamiento del espectro en el tiempo, en el rango monitoreado es similar los 7 días de la semana, se realizó las correlaciones respectivas, dando como resultados valores superiores a 0.8, lo que comprueba que las frecuencias monitoreadas tienden a comportarse de la misma manera todos los días.

3. El espectro analizado está libre casi en su totalidad, y esto se debe a que la mayoría es una banda reservada que pertenece a las fuerzas militares y ellos hacen uso de frequency hopping.

4. Se calculó el ciclo de trabajo en el rango de 335 MHz a 400 MHz, donde se puede observar que existe una portadora comprendida entre 391Mhz-393 MHz que está al 100% activa, mientras que el resto del espectro analizado registra un 0%.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar este análisis en computadores u ordenadores con un procesador i7 de tercera generación en adelante puesto que consta con tecnología Turbo Boost y de esta manera evitar que el programa deje de reaccionar.
2. Se debe considerar que en el rango de 335 MHz a 400MHz, la mayor cantidad del espectro es de uso reservado, por lo que si se desea aprovechar el espectro que no se está utilizando debe ser únicamente en

las frecuencias que no son de uso militar ni aeronáutica y a muy baja potencia para no interferir con ellas, se deberá usar antenas direccionales punto - punto, punto- multipunto.

3. A pesar que desde el lugar donde se realizaron las mediciones (ESPOL) el rango de 335 MHz – 400 MHz se observa casi en su totalidad libre, para implementar alguna nueva tecnología se debe tomar en cuenta que esta banda está en su totalidad concesionada, y que podría ser reutilizada por usuarios secundarios.

4. Si se desea realizar futuros trabajos en este rango de frecuencia, es recomendable usar el modelo de Markov propuesto en el Capítulo 4, pues es de suma ayuda si se desea predecir el comportamiento del rango de frecuencias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. M. Corbacho, Análisis y caracterización de la ocupación espectral en entornos urbanos exteriores e interiores en el contexto de redes Cognitive Radio de acceso dinámico al espectro., Universidad Politécnica de Cataluña.: Tesis de maestría no publicada., 2009.
- [2] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), Definición de la eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones, 1994-1997-2006.
- [3] M. N. Alvear, Espectro abierto para el desarrollo Estudio de caso, Ecuador, 2011.
- [4] A. Vega León, «Artículo Científico- Evaluación del espectro radioeléctrico VHF/UHF en parroquias urbanas y rurales del cantón Loja para el despliegue de sistemas de radio cognitiva,» 2013.
- [5] D. C. Saiz, «Derecho Administrativo,» *Noticias Jurídicas*, Octubre 2007.
- [6] L. A. y M. A. Coronel, «Análisis de implementación en Ecuador de sistemas basados en el estándar IEEE 802.22,» Guayaquil, 2014.
- [7] A. M. Felicísimo, La utilización de los MTD en Iso estudios del medio físico, España, 1999.
- [8] M. Aguero Rojas, «Proliferación de radios piratas invade frecuencias legales,» 20 Junio 2013. [En línea]. Available: http://www.nacion.com/nacional/comunidades/Proliferacion-radios-piratas-frecuencias-legales_0_1348865422.html.
- [9] K. W. G. Staple, «The end of spectrum scarcity,» *IEEE Spectrum*, Marzo 2004.
- [10] B. y. Ceballos, «Empleo de tecnología de espectro extendido en el ancho

de banda de 3 a 30 MHz.,» 2008.

- [11] F. Villao, El Derecho de las Telecomunicaciones en el Ecuador Segunda Edición: Las telecomunicaciones como motor del desarrollo económico y social..
- [12] «Evaluation radioelectric spectrum occupancy statistics,» Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/downloadSuppFile/1809/47>.
- [13] J. W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers Seventh Edition Serway, Raymond A., Cengage Learning Editoriales, 2008.
- [14] Tomasi y Wayne, Sistemas de comunicaciones electrónicas, Pearson Education 2003.
- [15] S. R. S. a. A. A. Zavala, de *Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems*, 2007, p. 61.
- [16] S. Saunders y A. Zavala, *Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems*, John Wiley & Sons, 2007.
- [17] A.Cardama, L.Jofre, J.M.Rius, J.Romeu y S.Blanch, Antenas, UPC.
- [18] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-7-200005-!!!PDF-S.pdf.
- [19] GRETEL, Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU-R, 2006.
- [20] Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), [En línea]. Available: <http://controlenlinea.supertel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/espectro/>.

- [21] Conatel, Espectro Radioeléctrico, [En línea]. Available: <http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/espectro-radioelectrico/>.
- [22] SENATEL/CONATEL, Plan Nacional de Frecuencias, Ecuador: Artículo 17, 2012.
- [23] M. R. F. Narvaez, SUPERTEL, Sistema de Comprobación Para el control del Espectro radioeléctrico, Guayaquil, 2014.
- [24] «Installation Manual, SD,» 2000.
- [25] K. Technologies y Datasheet, ESA-E Series Spectrum Analyzer.
- [26] T. E. Depot y A. I. Software. [En línea]. Available: <http://www.testequipmentdepot.com/agilent/IntuiLinkSoftware.htm>.
- [27] C. Rubio - Terrés, Introducción a la utilización de los modelos de Markov en el análisis farmaeconómico., Farm Hosp, 2000.
- [28] A. Bharucha-Reid(1960), "Elements Of The Theory of Markov Processes And Their Applications" McGraw Hill Series in Probability and Statistics., 1960.
- [29] Agilent Technologies, «Specifications Guide, ESA-E Series spectrum Analyzers,» Copyright, USA, 2011.
- [30] R. P. K. S. Kishor Patil, «A Survey of Worldwide Spectrum Occupancy Measurement Campaigns for Cognitive Radio».
- [31] S. Pita Fernández y S. Pérttega Díaz, «Relación entre variables cuantitativas,» 1997, pp. 4; 141-4.
- [32] P. Steven W. Smith, The scientist and engineers guide to digital signal processing.
- [33] F. V. Quezada, «El Derecho de las Telecomunicaciones en el Ecuador,»

Guayaquil, Unidad de Publicaciones, 2012, pp. 17-30.

- [34] Unión Internacional de Telecomunicaciones, «Conferencia de Plenipotenciarios,» 2011. [En línea]. Available: http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/conf/S-CONF-PLEN-2011-TOC-HTML-S.htm#None.
- [35] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000044506PDFS.pdf.
- [36] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: <http://www.itu.int/net/about/structure-es.aspx>.
- [37] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=itur-welcome&lang=es>.
- [38] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: <http://www.itu.int/es/publications/ITU-T/Pages/default.aspx>.
- [39] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Pages/About.aspx>.
- [40] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), [En línea]. Available: <http://www.itu.int/es/publications/ITU-D/Pages/default.aspx>.
- [41] Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), *Revista Institucional*, vol. 8, 2011.
- [42] Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), [En línea]. Available: <http://www.supertel.gob.ec/index.php/category-blog-4-columns/218-resena-historica-de-la-superintendencia-de-telecomunicaciones>.
- [43] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2012. [En línea]. Available: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/06/1-Informe-Rendici%C3%B3n->

Cuentas-MINTEL-2012-14-02-2013-VF.pdf.

- [44] CONATEL, [En línea]. Available:
http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/06/Norma_2005_163_08.pdf.

- [45] CONATEL, [En línea]. Available:
<http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/conatel/>.

- [46] Catarina, [En línea]. Available:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/peredo_a_s/capitulo_2.pdf.

- [47] CONATEL, [En línea]. Available:
<http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/fijo-y-movil-terrestre/>.

ANEXOS

ANEXO 1. BASE DE DATOS- CONCESIÓN 335 MHZ- 400MHZ

F1 (MHz)	BWMHZ	FECRESERVA	FECONTRATO	USUARIO
335,5000	0,0000	30-jul-87		RESERVADO
335,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
335,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
335,8500	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
336,0000	0,4000	05-nov-97		RESERVADO
336,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
336,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
336,2500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
336,2500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
336,2750	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
336,5000	0,0250	17-oct-94		PRIVADO
336,5000	0,0250	15-oct-99		PRIVADO
336,5250	0,0125	28-abr-98		PRIVADO
336,6000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
336,6000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
336,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
336,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
337,0000	0,4000	05-nov-97		RESERVADO
337,7000	0,0125	28-abr-98		PRIVADO
337,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
337,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
338,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
338,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
338,7750	0,0125	28-abr-98		PRIVADO
339,0000	0,4000	05-nov-97		RESERVADO
339,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
339,5000	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
339,5000	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
340,0000	0,2000	05-nov-97		RESERVADO
340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO

340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
340,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
340,4250	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,4250	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,5000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
340,5000	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
340,5000	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
340,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
340,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
340,8500	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
340,8500	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
341,0000	0,4000	05-nov-97		RESERVADO
341,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
341,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
341,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
341,2500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
341,2500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
341,2750	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
341,2750	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
341,7000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
341,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
341,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
342,0000	0,4000	05-nov-97		RESERVADO
342,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
342,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
342,4000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
342,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
342,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
343,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
343,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
344,0000	0,4000	05-nov-97		RESERVADO
344,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
344,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO

344,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
344,7500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
345,0000	0,2000	05-nov-97		RESERVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,2500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
345,2500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
345,4250	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,4250	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
345,8500	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
346,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
346,0000	0,1000	05-nov-97		RESERVADO
346,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
346,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
346,2750	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
346,7000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
347,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
347,0000	0,0500	05-nov-97		RESERVADO
347,2500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
347,2500	2,5000	24-jul-86		RESERVADO
347,4000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
347,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
347,7500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
348,0000	0,0500	05-nov-97		RESERVADO
348,7500	2,5000	25-jul-86		RESERVADO
348,7500	2,5000	25-jul-86		RESERVADO
349,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
350,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
350,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
350,4250	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
350,7500	2,5000	23-sep-86		RESERVADO

350,7500	2,5000	23-sep-86		RESERVADO
350,8500	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,1000	05-nov-97		RESERVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250	18-mar-97		PRIVADO
351,0000	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0250	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,0500	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,0500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,0750	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,0750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,1000	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,1000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,1250	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,1250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,1500	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,1500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,1750	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
351,1750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,2500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
351,2500	2,5000	23-jul-86		RESERVADO
351,4000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
351,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
351,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
352,0000	0,0500	05-nov-97		RESERVADO
352,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
352,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
353,0000	0,0500	05-nov-97		RESERVADO

353,0000	0,7000		08-ene-98	RESERVADO
353,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
353,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
353,6250	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
353,7500	2,5000	21-may-85		RESERVADO
353,7500	2,5000	21-may-85		RESERVADO
354,5000	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
354,5000	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
354,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
354,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
355,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
355,4250	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
355,5000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
355,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
355,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
355,8500	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
356,0000	0,0250	18-mar-97		PRIVADO
356,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
356,2500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
356,2500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
356,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
356,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
357,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
357,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
357,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
358,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
358,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
358,7500	2,5000	28-jul-86		RESERVADO
359,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
359,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
359,7500	0,0000	28-jul-86		RESERVADO
359,7500	0,0000	28-jul-86		RESERVADO
360,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
360,0250	0,0125		08-abr-02	PRIVADO
360,0500	0,1250	TEMPORAL	vence 7-MAR-02	PRIVADO

360,0500	0,1250	TEMPORAL	vence 7-MAR-02	PRIVADO
360,0500	0,1250	TEMPORAL	vence 7-MAR-02	PRIVADO
361,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
361,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
361,8500	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
363,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
363,7750	0,0000		19-mar-91	PRIVADO
363,8000	0,0000		10-mar-91	PRIVADO
364,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
364,8000	0,0000	04-may-94		PRIVADO
365,0000	0,4000		04-ago-99	PRIVADO
365,0500	0,1250	TEMPORAL	vence 7-MAR-02	PRIVADO
365,0500	0,1250	TEMPORAL	vence 7-MAR-02	PRIVADO
365,0500	0,1250	TEMPORAL	vence 7-MAR-02	PRIVADO
365,6000	0,0000		15-ago-94	PRIVADO
366,3500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
366,6000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
367,0000	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,0250	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,0250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,0500	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,0500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,0750	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,0750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,1000	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,1000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,1250	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,1250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,1500	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
367,1500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,1750	0,0100		08-ene-98	PRIVADO

367,1750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,4000	0,0000		12-jul-88	PRIVADO
367,4000	0,0000		28-ago-95	PRIVADO
367,5500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
367,8000	0,4000	17-ago-94		PRIVADO
368,0750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,1500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,2000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,2250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,2500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,2750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,3500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,4500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,5250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,8000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
368,9000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
369,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
369,2250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
369,4250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
370,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
370,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
370,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
370,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
370,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
370,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
370,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
370,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
370,6000	0,0000		15-ago-94	PRIVADO
371,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
371,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
371,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
371,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
371,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
371,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
372,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
372,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO

372,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
372,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
372,0000	4,6000		08-ene-98	PRIVADO
372,0000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
372,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
373,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
373,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
373,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
373,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
373,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
373,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
373,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
373,0000	0,5000		08-ene-98	PRIVADO
373,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
373,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
373,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
373,0250	0,0250		21-ene-97	PRIVADO
373,6250	0,0000		21-ene-97	PRIVADO
374,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
374,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
374,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
374,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
374,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
374,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
374,5000	0,0000		21-ene-97	PRIVADO
375,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
376,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
376,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
376,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
376,0000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
377,3500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
378,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
378,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
378,5500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
379,2000	0,0000	04-may-94		PRIVADO
380,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO

380,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
380,2000	0,0000	04-may-94		PRIVADO
380,2500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
380,2750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
380,3000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
380,3250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
380,3500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,0000	0,5000		08-ene-98	PRIVADO
381,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
381,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
381,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
381,0000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
381,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,1750	0,0250	09-sep-98		RESERVADO
381,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
381,4750	0,4000	17-ago-94		PRIVADO
382,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
382,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
382,0000	1,0000		08-ene-98	PRIVADO
382,3750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,4000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,4250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,4500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,4750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,4750	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
382,5000	0,0250	09-ago-98		RESERVADO
382,5250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,5500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,5500	0,0100		08-ene-98	PRIVADO

382,5750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,6000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
382,6000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
382,6250	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
382,6500	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
382,6750	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
382,7500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
382,8500	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
382,9250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
383,0000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
383,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
383,0250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
383,0500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
383,0750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
383,1000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
383,2000	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
383,3000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
383,6250	0,0250		08-ene-98	PRIVADO
383,7750	0,0000		19-mar-91	PRIVADO
383,7750	0,0250		02-jun-97	PRIVADO
383,8000	0,0000		10-mar-91	PRIVADO
383,8000	0,0250		02-jun-97	PRIVADO
383,8250	0,0100		08-ene-98	PRIVADO
383,9000	0,0000		12-jul-88	PRIVADO
383,9000	0,0000		28-ago-95	PRIVADO
384,0000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,0250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,0500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,0750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,1000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
384,3000	0,2000		08-dic-89	PRIVADO

384,7000	0,0250		02-abr-93	PRIVADO
385,0000	0,0000	28-jul-95		PRIVADO
385,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
385,0000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
385,0250	0,0250		11-ago-98	PRIVADO
385,0250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
385,0500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
385,0750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
385,1000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
385,2000	0,0250		29-sep-99	PRIVADO
385,3500	0,0000		24-jun-91	PRIVADO
385,3750	0,0000		24-jun-91	PRIVADO
386,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,8750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,9000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,9250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,9500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
386,9750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
387,0000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
387,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
387,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	3,6600		08-ene-98	PRIVADO
387,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
387,8750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
387,9000	0,0250	09-ago-98		RESERVADO
387,9250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
387,9500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO

387,9750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
388,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
388,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
388,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
388,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
388,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
388,7750	0,0250		02-jun-97	PRIVADO
388,8000	0,0250		02-jun-97	PRIVADO
389,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	4,6000		08-ene-98	PRIVADO
389,0000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
389,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
389,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
389,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
389,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
389,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
390,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
390,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
390,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
390,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
390,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
390,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
390,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
390,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
390,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
390,0000	0,2000		08-dic-89	PRIVADO
390,0250	0,0250		11-ago-98	PRIVADO
390,2000	0,0250		28-sep-99	PRIVADO
390,2500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
390,2750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
390,3000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO

390,3250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
390,3500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
390,3500	0,0000		24-jun-91	PRIVADO
390,3750	0,0000		24-jun-91	PRIVADO
391,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
391,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
391,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
391,0000	0,2000		08-dic-89	PRIVADO
391,1250	0,0250	08-sep-98		PRIVADO
391,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
391,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,0000	0,0250	08-sep-99		RESERVADO
392,3750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,4000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,4250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,4500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,4750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,5000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,5250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,5500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,5750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
392,6000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
393,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO

393,0000	0,0000		12-ago-93	PRIVADO
393,0000	0,0250	08-sep-98		PRIVADO
393,0000	4,6250		08-ene-98	PRIVADO
393,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
393,0250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
393,0500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
393,0750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
393,1000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
394,0000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
394,0250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,0500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,0750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,1000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
394,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
395,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
395,0000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
395,0250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
395,0500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
395,0750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
395,1000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,0000	0,5000		08-ene-98	PRIVADO
396,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,1500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,8750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,9000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,9250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
396,9500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO

396,9750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
397,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
397,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
397,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
397,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
397,8750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
397,9000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
397,9250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
397,9500	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
397,9750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
398,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
398,0000	0,5000		08-ene-98	PRIVADO
398,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
398,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
398,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
398,0000	4,6250		08-ene-98	RESERVADO
398,0000	0,2000		08-dic-89	RESERVADO
399,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
399,0000	0,7000		08-ene-98	PRIVADO
399,0000	1,0000		08-ene-98	PRIVADO
399,0000	3,6600		08-ene-98	PRIVADO
399,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
399,0000	3,6750		08-ene-98	PRIVADO
399,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
399,1250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
399,1750	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
399,2000	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
399,2250	0,0250	08-sep-98		RESERVADO
399,6000	0,0000	15-may-92		PRIVADO
399,6000	0,2500		02-abr-93	PRIVADO
399,6000	0,0250		30-ene-90	PRIVADO
399,6000	0,2500		02-abr-93	PRIVADO
399,6000	0,2500		02-abr-93	PRIVADO
400,0000	0,0250		08-ene-98	PRIVADO

ANEXO 2. SERVICIOS ASIGNADOS EN RANGO DE FRECUENCIA

335 - 400 MHz

Rango desde 335 MHz hasta 400 MHz	Frec inic. – Frec. final
<p style="text-align: center;">RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA</p> <p style="text-align: center;">Notas Internacionales: <u>5.258</u></p> <p>La utilización de la banda 328,6-335,4 MHz por el servicio de radionavegación aeronáutica está limitada a los sistemas de aterrizaje con instrumentos (radio alineación de descenso).</p>	328.6 MHz - 335.4 MHz
<p style="text-align: center;">FIJO MÓVIL</p> <p style="text-align: center;">Notas Nacionales: <u>EQA.50</u></p> <p>Las bandas 235 – 245 MHz, 360 – 370 MHz, 430 - 440 MHz, 902 – 929 MHz, 934 – 935 MHz, 951 – 956 MHz, 1 427 – 1 525 MHz, 3 700 – 4 200 MHz, 5 925 – 6 425 MHz, 7 100 – 8 500 MHz, 14,4 – 15,35 GHz, 17,7 – 18,9 GHz y 21,2 – 23,6 GHz se utilizan para el servicio FIJO.</p>	335.4 MHz - 387 MHz
<p style="text-align: center;">FIJO MÓVIL Móvil por satélite (espacio-Tierra)</p> <p style="text-align: center;">Notas Nacionales: <u>EQA.140</u></p> <p>En las bandas, 300 - 328,6 MHz, 387 - 399,9 MHz, 410 - 417,5 MHz, existen segmentos de banda para la operación de sistemas de uso reservado conforme al Plan Militar de Frecuencias.</p> <p style="text-align: center;">Notas Internacionales: <u>MOD5.208A</u></p>	387 MHz - 390 MHz

<p>Al efectuar las asignaciones a las estaciones espaciales del servicio móvil por satélite en las bandas, 387-390 MHz y 400,15-401 MHz, las administraciones adoptarán todas las medidas posibles para proteger el servicio de radioastronomía en las bandas 322 328,6 MHz, 406,1-410 MHz de la interferencia perjudicial producida por las emisiones no deseadas. Los niveles umbral de interferencia perjudicial para el servicio de radioastronomía se indican en la Recomendación UIT R pertinente. (CMR 07)</p> <p style="text-align: center;"><u>5.255</u></p> <p>Las bandas 312-315 MHz (Tierra-espacio) y 387-390 MHz (espacio-Tierra) del servicio móvil por satélite podrán también ser utilizadas por los sistemas de satélites no geoestacionarios. Esta utilización está sujeta a la coordinación a tenor del número 9.11A.</p> <p style="text-align: center;"><u>MOD5.347A</u></p> <p style="text-align: center;">En las bandas: 387-390 MHz, 400,15-401 MHz, Se aplica la Resolución 739 (Rev.CMR-07).</p>	
<p style="text-align: center;">FIJO MÓVIL</p> <p style="text-align: center;">Notas Nacionales: <u>EQA.140</u></p> <p>En las bandas, 300 - 328,6 MHz, 387 - 399,9 MHz, 410 - 417,5 MHz, existen segmentos de banda para la operación de sistemas de uso reservado conforme al Plan Militar de Frecuencias.</p> <p style="text-align: center;">Notas Internacionales: <u>5.254</u></p> <p>Las bandas 235-322 MHz y 335,4-399,9 MHz pueden utilizarse por el servicio móvil por satélite, a reserva de obtener el acuerdo indicado en el número 9.21, y a condición de que las estaciones de este servicio no produzcan interferencia perjudicial a las de otros servicios explotados o que se prevea explotar de conformidad con el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, salvo la atribución adicional a la que se hace referencia en el número 5.256A. (CMR 03)</p>	<p>390 MHz - 399.9 MHz</p>

<p style="text-align: center;">MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE</p> <p style="text-align: center;">Notas Internacionales: <u>5.209</u></p> <p style="text-align: center;">La utilización de las bandas 399,9-400,05 MHz, 400,15-401 MHz, 454-456 MHz y 459-460 MHz por el servicio móvil por satélite está limitada a los sistemas de satélites no geoestacionarios. (CMR-97)</p> <p style="text-align: center;"><u>5.224A</u></p> <p style="text-align: center;">La utilización de las bandas 399,9-400,05 MHz por el servicio móvil por satélite (Tierra-espacio) está limitada al servicio móvil terrestre por satélite (Tierra-espacio) hasta el 1 de enero de 2015. (CMR 97)</p> <p style="text-align: center;"><u>5.222</u></p> <p style="text-align: center;">Las emisiones del servicio de radionavegación por satélite en las bandas 399,9-400,05 MHz pueden además ser utilizadas por las estaciones terrenas receptoras del servicio de investigación espacial.</p> <p style="text-align: center;"><u>5.224B</u></p> <p style="text-align: center;">La atribución de las bandas 399,9-400,05 MHz al servicio de radionavegación por satélite será efectiva hasta el 1 de enero de 2015. (CMR-97)</p> <p style="text-align: center;"><u>5.260</u></p> <p style="text-align: center;">Reconociendo que la utilización de la banda 399,9-400,05 MHz por los servicios fijo y móvil puede causar interferencia perjudicial al servicio de radionavegación por satélite, se insta a las administraciones a no autorizar estos usos en aplicación del número 4.4.</p> <p style="text-align: center;"><u>5.220</u></p> <p style="text-align: center;">La utilización de las bandas 399,9-400,05 MHz por el servicio móvil por satélite está sujeta a la coordinación a tenor del número 9.11A. El servicio móvil por satélite no limitará el desarrollo y utilización del servicio de radionavegación por satélite en las bandas 399,9-400,05 MHz. (CMR 97)</p>	399.9 MHz - 400.05 MHz
--	------------------------

ANEXO3. ESPECTRO ASIGNADO PARA SEGURIDAD NACIONAL

El espectro asignado para seguridad nacional es de responsabilidad del Ministerio de Defensa Nacional y del Gobierno, así lo define La Resolución-Tel-175-08-CONATEL-2013 en el Artículo 6 indica “Las telecomunicaciones relacionadas con la defensa nacional son de responsabilidad de los ministerio de Defensa Nacional y de Gobierno”.

El reglamento general de la ley de Telecomunicaciones establece en el artículo 49 que “f) Reservar los recursos del espectro necesario para los fines de seguridad nacional y seguridad pública”.

El plan militar de frecuencia es de uso restringido, por lo que no se puede obtener información específica ya que es de Seguridad Nacional, pero se conoce que utilizan una frecuencia llamada Hopping, esta emite una señal aparentemente aleatoria porque salta a diferentes frecuencias sincrónicas con el transmisor. Permitiendo que solo el personal autorizado entienda lo que se trata de transmitir evitando que personal no autorizado intercepte el mensaje, ya que para él solo será una simple señal intangible.