

# Determinación de Cobertura de Señal de los Sistemas de Transmisión de Televisión Abierta Analógica que Operan en la Ciudad de Quito

Iván Suárez Fabara, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

Luis E. Díaz, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

**Resumen** – En este documento se describe la determinación de la cobertura de señal aproximada de las estaciones de TV abierta analógica que operan en la ciudad de Quito utilizando el software ICS Telecom y el software Antios (que son software para diseño, planificación y uso de redes de radio que operen en el rango de frecuencias de 10kHz a 450GHz), luego se determinan las zonas en las que se cumple con los niveles de intensidad de campo eléctrico establecidos en la “Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales” de Ecuador. Se comparan los resultados de las predicciones de cobertura obtenidos a través del software de simulación ICS Telecom con los valores obtenidos en las mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico realizadas por la SUPERTEL para corroborar la fiabilidad de las coberturas.

**Índices** – antena, cobertura, intensidad de campo eléctrico, patrón de radiación, per, televisión analógica, UHF, umbral de recepción, VHF, zona de sombra.

## I. INTRODUCCIÓN

Obtener el área de cobertura de una estación de TV abierta mediante mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico no es una tarea simple, ya que al ser sistemas de radiodifusión en bandas VHF y UHF, el área que les es posible cubrir es bastante extensa. Entonces surge la necesidad de encontrar una metodología de cálculo que permita determinar las probables zonas de cobertura de estos sistemas. En este documento se muestra como determinar el área de cobertura probable de sistemas de radiodifusión de TV abierta analógica, utilizando el modelo de propagación ITU-R P525/526, y los estudios de ingeniería que permiten establecer los parámetros técnicos necesarios para obtener los patrones de radiación de los arreglos de antenas con el software Antios y configurando los sistemas de transmisión en el software ICS Telecom; para

Este trabajo fue apoyado por los Ingenieros de la Superintendencia de Telecomunicaciones: Xavier Páez, Luis Baldeón, Fausto Sánchez, Diego Paredes, Mireya Fuertes y Máximo López. Se otorga un reconocimiento especial al Ingeniero Efrén Díaz quien dirigió la realización del proyecto.

I. Suárez, Profesional Técnico 1 de la Unidad de Control del Espectro Radioeléctrico de la Intendencia Regional Norte de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), Quito-Ecuador, (e-mail: [isuarez@supertel.gob.ec](mailto:isuarez@supertel.gob.ec)).

finalmente obtener el área de cobertura probable de cada sistema. Luego, esta información permite:

A la SUPERTEL: 1) planificar con mayor facilidad y eficiencia las inspecciones técnicas necesarias para verificar los niveles de intensidad de campo reales y 2) dar cumplimiento a la Norma Técnica vigente en el Ecuador.

A los Concesionarios de este servicio: 1) tener conocimiento de las probables zonas de sombra, de tal forma que estos realicen las modificaciones técnicas pertinentes para brindar el servicio a la población que se encuentre dentro de estas zonas, priorizando la inclusión social.

Adicionalmente a lo antes mencionado, los procedimientos presentados en este documento para predicción de cobertura, no solo son aplicables a sistemas de radiodifusión de Televisión Abierta Analógica, sino también a sistemas de radiodifusión FM y a sistemas de radiodifusión de TV Digital.

## II. ASPECTOS RELEVANTES DE LA NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES

La “Norma Técnica para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales”, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001, establece las bandas de frecuencias, la canalización y las condiciones técnicas para la distribución y asignación de las estaciones en el servicio de televisión analógica en el territorio ecuatoriano.

### A. Canalización de las Bandas

Las bandas de frecuencias asignadas al servicio de televisión abierta se dividen en 42 canales de 6 MHz de ancho de banda cada uno, como se presenta en la Tabla I.

TABLA I  
CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS ASIGNADAS AL SERVICIO DE  
TELEVISIÓN ABIERTA

Rango de Frecuencias [MHz]	Banda	No	Canal [MHz]	Portadoras	
				Video [MHz]	Sonido [MHz]
VHF 54-72	I	2	(54-60)	55.25	59.75
		3	(60-66)	61.25	65.75
		4	(66-72)	67.25	71.75
VHF 76-88	I	5	(76-82)	77.25	81.75
		6	(82-88)	83.25	87.75
VHF 174-216	III	7	(174-180)	175.25	179.75
		8	(180-186)	181.25	185.75
		9	(186-192)	187.25	191.75
		10	(192-198)	193.25	197.75
		11	(198-204)	199.25	203.75
		12	(204-210)	205.25	209.75
		13	(210-216)	211.25	215.75
UHF 500-608	IV	19	(500-506)	501.25	505.75
		20	(506-512)	507.25	511.75
		21	(512-518)	513.25	517.75
		22	(518-524)	519.25	523.75
		23	(524-530)	525.25	529.75
		24	(530-536)	531.25	535.75
		25	(536-542)	537.25	541.75
		26	(542-548)	543.25	547.75
		27	(548-554)	549.25	553.75
		28	(554-560)	555.25	559.75
		29	(560-566)	561.25	565.75
		30	(566-572)	567.25	571.75
		31	(572-578)	573.25	577.75
		32	(578-584)	579.25	583.75
UHF 614-644	IV	33	(584-590)	585.25	589.75
		34	(590-596)	591.25	595.75
		35	(596-602)	597.25	601.75
		36	(602-608)	603.25	607.75
		38	(614-620)	615.25	619.75
		39	(620-626)	621.25	625.75
UHF 644-686	V	40	(626-632)	627.25	631.75
		41	(632-638)	633.25	637.75
		42	(638-644)	639.25	643.75
		43	(644-650)	645.25	649.75
UHF 644-686	V	44	(650-656)	651.25	655.75
		45	(656-662)	657.25	661.75
		46	(662-668)	663.25	667.75
		47	(668-674)	669.25	673.75
		48	(674-680)	675.25	679.75
		49	(680-686)	681.25	685.75

### B. Grupos de Canales

En el Ecuador, los canales a su vez se encuentran divididos en grupos para definir su distribución; en la Tabla II se presentan los grupos de canales.

TABLA II  
GRUPOS DE CANALES

Banda	Grupos	Canales
VHF	A1	2, 4, 5
	A2	3, 6
	B1	8, 10, 12
	B2	7, 9, 11, 13
UHF	G1	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
	G2	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
	G3	39, 41, 43, 45, 47, 49
	G4	38, 40, 42, 44, 46, 48

### C. Zona Geográfica y Plan de Distribución de Canales

Para efectos de la asignación de canales, se establecen en el territorio ecuatoriano 25 zonas geográficas, la zona que comprende la ciudad de Quito es la zona geográfica P1 que se describe en la Tabla III.

TABLA III  
ZONAS GEOGRÁFICAS Y DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS DE CANALES

Zona	Definición de la Zona Geográfica	Grupos VHF	Grupos UHF
P1	Provincia de Pichincha, excepto zona occidental de la Cordillera Occidental (Sto. Domingo y Los Bancos, P.V. Maldonado)	A1, B1	G1, G4

### D. Intensidad de Campo Mínima a Proteger

Conforme a la Norma Técnica vigente en el Ecuador los valores de intensidad de campo eléctrico, a un nivel de 10 metros sobre el suelo, que serán protegidos en los bordes de las áreas de cobertura principal y secundaria, son los indicados en la Tabla IV. El área de cobertura (operación autorizada) comprende tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria.

TABLA IV  
VALORES DE INTENSIDAD DE CAMPO A SER PROTEGIDOS EN LOS BORDES DE LAS ÁREAS DE COBERTURA

Banda	Borde de Área de Cobertura Secundaria	Borde de Área de Cobertura Principal
I	47 dBuV/m	68 dBuV/m
III	56 dBuV/m	71 dBuV/m
IV y V	64 dBuV/m	74 dBuV/m

### III. MEDICIÓN DE NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

El equipo que se utiliza en la medición de niveles de intensidad de campo eléctrico para el servicio de televisión, es un medidor de banda angosta, es decir un instrumento selectivo en frecuencia o sintonizable, que permite conocer la magnitud de la variable electromagnética debida a una componente de frecuencia o a una banda estrecha de frecuencias.

Para el proyecto se consideró el uso del analizador de espectros Anritsu MS2724B, que es un medidor de banda angosta. El Analizador de Espectros Anritsu MS2724B es un analizador de espectros sintetizado y portable, que permite obtener mediciones rápidas y precisas en el rango de frecuencias de 9kHz a 20GHz.

En las figuras 1 a 3 se muestra el mencionado equipo.

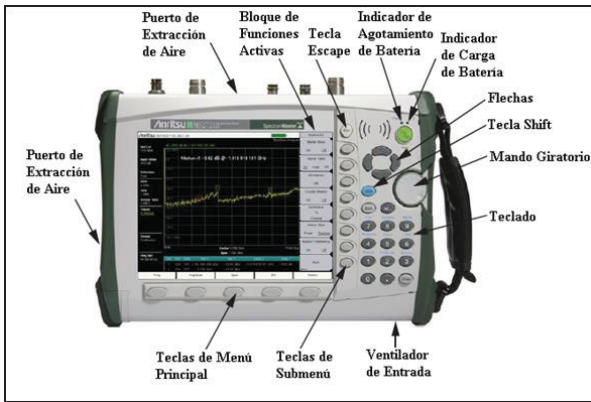


Fig. 1 Vista Frontal del Analizador de Espectros Anritsu MS2724B.

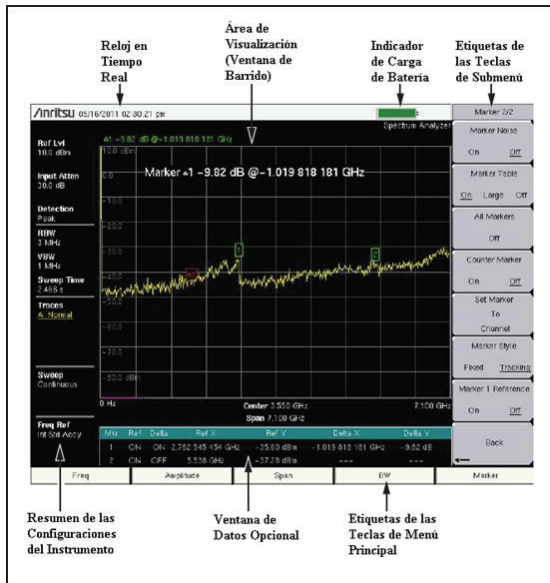


Fig. 2 Pantalla del Anritsu MS2724B.

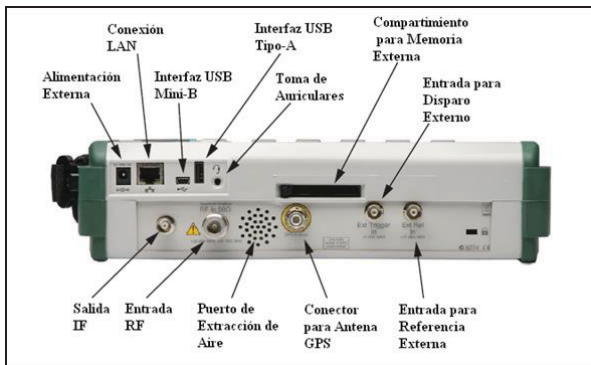


Fig. 3 Conectores en el panel superior del Anritsu MS2724B.

A. Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico

A manera de ejemplo, se efectúa una medición del nivel de intensidad de campo eléctrico de la portadora de video del canal de TV abierta analógica número 2 (Fig. 4).

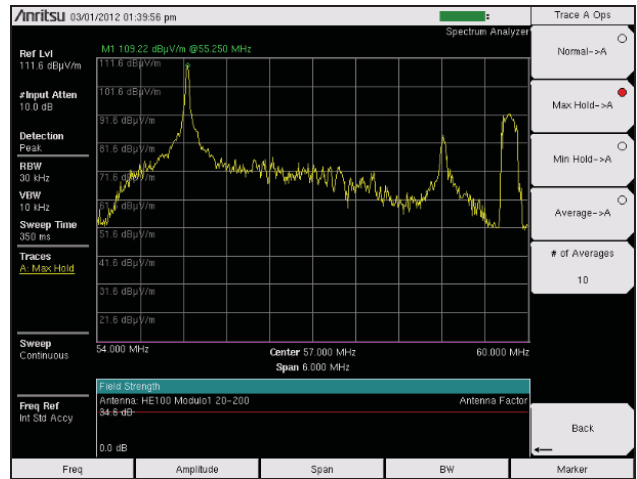


Fig. 4 Resultado de Medición para el Canal 2.

El espectro que se observa en la Fig. 4 va desde 54-60 MHz que corresponde al canal 2 (ancho de banda del canal de 6 MHz). Existe un marcador en la frecuencia de la portadora de video del canal 2, que es 55.25 MHz, y el equipo se encuentra configurado para realizar un promedio de los valores máximos que detecte. Finalmente se obtiene el nivel de intensidad de campo eléctrico, que en este caso es igual a 109.22 dBµV/m. La determinación del nivel de intensidad de campo eléctrico, es de interés para este proyecto.

IV. ELECCIÓN DE UN MODELO DE PROPAGACIÓN

En este documento mencionamos los modelos de propagación que se pueden implementar en el software especializado para análisis de sistemas de telecomunicaciones en RF, denominado ICS Telecom, y de estos modelos se analizan los basados en las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector Radiocomunicaciones (ITU-R), poniendo énfasis en las diferencias o las adiciones necesarias que se hacen con respecto a su definición original.

A. Elección del Modelo de Propagación

Para la elección del modelo de propagación se toman dos consideraciones previas: primero que sean modelos con referencias completas debido a que los métodos empleados en cada uno de estos modelos se encuentran completamente sustentados, y segundo que estos modelos apliquen métodos publicados en recomendaciones técnicas de la ITU-R ya que se requiere que los procedimientos, en cuanto a predicción de coberturas se refiere, estén sujetos a lo que establecen las recomendaciones de la ITU.

Tomando en cuenta lo expuesto en el párrafo anterior, existen tres modelos que cumplen ambas consideraciones y que se encuentran implementados en el software ICS Telecom. En la Tabla V se muestran los modelos con referencias completas basados en recomendaciones de la ITU-R y a la vez se muestran las recomendaciones aplicadas y su estado de vigencia.

TABLA V  
MODELOS CON REFERENCIAS COMPLETAS BASADOS EN RECOMENDACIONES DE LA ITU-R

Modelo	Recomendaciones UIT-R Aplicadas	Estado de Vigencia de las Recomendaciones
UIT-R P.370-7	P.370-7 (Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 y 1000 MHz)	Suprimida en 2001/10/22
UIT-R P.452	P.452-14 (Procedimiento de predicción para evaluar la interferencia en microondas entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a los 0,7 GHz)	Aprobada en 2009/10 En Vigor
UIT-R P.525/P.526	PN.525-2 (Cálculo de la atenuación en el espacio libre)	Aprobada en 1994/08 En Vigor
	P.526-11 (Propagación por difracción)	Aprobada en 2009/10 En Vigor

De entre los modelos expuestos en la Tabla V, y tomando en consideración que el objeto del proyecto son los sistemas de transmisión de TV abierta analógica en la ciudad de Quito y que el rango de frecuencias asignadas para el servicio de TV (especificado en la Tabla I) va de 54-686MHz, se descartan los Modelos UIT-R P.370-7 y UIT-R P.452-14.

Se descarta el Modelo UIT-R P.370-7 debido a que la recomendación en la cual se basa el modelo fue suprimida el 22 de octubre del año 2001 así como el Modelo UIT-R P.452 debido a que el procedimiento no es aplicable a predicción de coberturas para sistemas de radiodifusión (como son los sistemas de TV abierta) sino a evaluación de interferencias en microondas entre estaciones en frecuencias desde los 700 MHz hasta los 50 GHz. Por lo tanto, el modelo de propagación elegido para este proyecto es el Modelo UIT-R P.525/P.526.

**B. Modelo UIT-R P.525/P.526**

El modelo UIT-R P.525/P.526 se deriva de las recomendaciones UIT-R PN.525-2 y UIT-R P.526-11. El cálculo del término que representa la atenuación en el espacio libre se realiza en base a la recomendación ITU-R P.525-2. Los términos que representan la difracción y la atenuación por subtrayecto se determinan a partir de lo que especifica la recomendación ITU-R P.526-11, con el método de cilindro en cascada. Debido a esto se considera que este modelo representa un modelo completo UIT.

**V. DETERMINACIÓN DE PATRONES DE RADIACIÓN**

Para la determinación del área de cobertura de un sistema de transmisión es indispensable la obtención del patrón de radiación del arreglo de antenas de ese sistema, en este caso canales de TV abierta analógica que operan en el Cerro

Pichincha.

**A. Parámetros considerados en la obtención de un Patrón de Radiación**

Tomando como ejemplo el canal de televisión abierta analógica 48, se consideran los parámetros técnicos que se muestran en la Tabla VI. Partiendo de estos parámetros y mediante el uso de un software para calculo de patrones de radiación denominado Antios, se determinan los patrones de radiación horizontal y vertical del arreglo de antenas (Fig. 5 y Fig. 6 respectivamente), además de la ganancia del arreglo (Fig. 7) que para el ejemplo corresponde a 10.8 dBd (ganancia respecto a un dipolo de media onda). Finalmente mediante el uso de estos patrones de radiación se puede obtener el patrón de radiación tridimensional del arreglo (Fig. 8).

TABLA VI  
PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL CANAL 48 QUE SE ENCUENTRA EN LA BANDA V

Parámetros		CH48		
Forma del Mástil		Triangular		
Dimensión [m]		1		
Frecuencia [MHz]		675.25		
Potencia nominal del transmisor [W]		5000		
Altura de la antena de transmisión [m]		P4	P8	72.45
		P3	P7	72.15
		P2	P6	71.85
		P1	P5	71.55
		Tubo		
Sistema Radiante	Tipo de antena	Kathrein K723147h		
	Número de paneles	8 Paneles (4 paneles por azimut)		
	Espaciamiento entre dipolos (4 dipolos en cada panel) [m]	0.3		
	Espaciamiento entre el mástil y el panel [m]	P4	P8	0.3252
		P3	P7	0.2835
		P2	P6	0.2417
		P1	P5	0.2
	Azimut	45°, 135°		
	Tilt mecánico / eléctrico [o]	-8 / 0		
	Fase [o] / Feeder length [m]	0 / 0		
Potencia relativa	1			
Polarización	Horizontal			
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'07.17"S		
	Longitud	78°31'29.76"O		

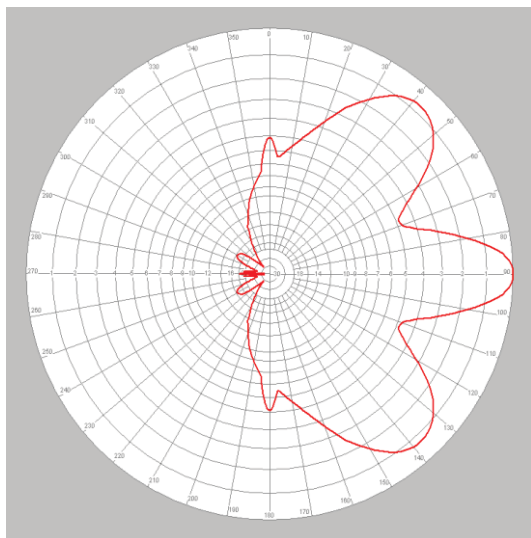


Fig. 5 Patrón de Radiación Horizontal (H-Pattern) del Arreglo de Antenas en coordenadas polares (CH48).

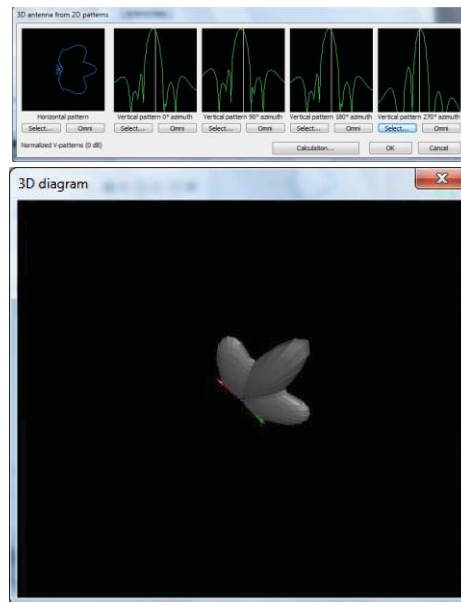


Fig. 8 Patrón de Radiación Tridimensional del Arreglo de Antenas.

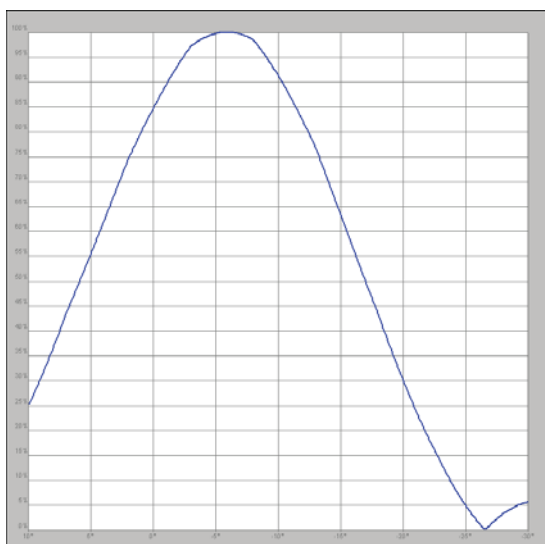


Fig. 6 Patrón de Radiación Vertical (V-Pattern) del Arreglo de Antenas en coordenadas cartesianas (CH48).

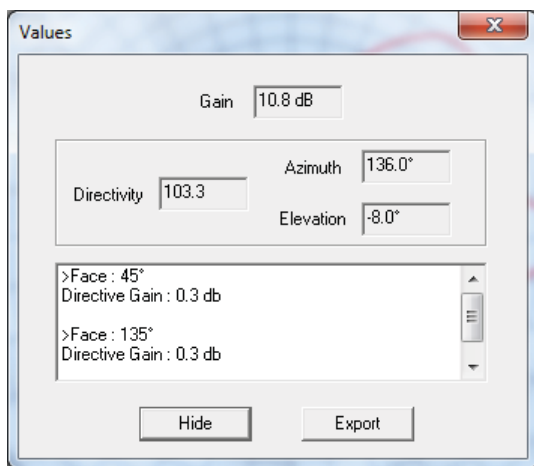


Fig. 7 Ganancia, Directividad, Azimut e Inclinación en la Dirección de Máxima Radiación del Arreglo de Antenas.

## VI. DETERMINACIÓN DE COBERTURA, MEDICIONES Y ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO

Aquí se muestra de forma general la configuración de un sistema de transmisión de TV analógica en el software ICS Telecom. Se continúa con el uso del software ICS Telecom con el objetivo de determinar el área de cobertura principal del sistema de transmisión. Luego se evalúa la fiabilidad de las predicciones de cobertura mediante la comparación (por método gráfico) de los niveles de intensidad de campo eléctrico recibido que se obtienen en la simulación y los niveles medidos por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

### A. Características Técnicas de los Sistemas de Transmisión de TV Analógica

Siguiendo con el ejemplo anterior, en la Tabla VII se exponen los parámetros técnicos que considera el software ICS Telecom para configurar un sistema de transmisión de TV analógica, en este caso la información corresponde al canal 48. Los parámetros técnicos que se exponen se encuentran conforme a lo especificado en los parámetros técnicos descritos en los contratos de concesión de frecuencia y a lo encontrado en las inspecciones técnicas realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

En el software ICS Telecom, en cuanto al sistema radiante se refiere, es de interés el valor de la ganancia del arreglo en dBd y el tipo de polarización. En cuanto a las pérdidas se considera el Artículo 2 de la Resolución No. 072-04-CONATEL-2010 de 12 de marzo de 2010, que establece que se consideran pérdidas máximas en la línea de transmisión, conectores, etc., de 1.5 dB para Televisión VHF (Bandas I y III) y de 2.0 dB para Televisión UHF (Bandas IV y V).

TABLA VII  
DATOS TÉCNICOS INGRESADOS EN EL ICS TELECOM EL TRANSMISOR DEL  
CANAL 48

PARÁMETROS		CH48
Tipo de Señal		TV M
Frecuencia [MHz]		675.25
Potencia de salida del transmisor [W]		5000
Ancho de Banda [kHz]		6000
Altura de la antena de transmisión [m]		72
Sistema Radiante	Ganancia [dBi]	10.8
	Polarización	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'07.17"S
	Longitud	78°31'29.76"O

En la Fig. 9 se muestra el ingreso de los datos correspondientes al transmisor del canal 48 en la pestaña *General*, de la ventana *Tx/Rx parameters* del ICS Telecom.

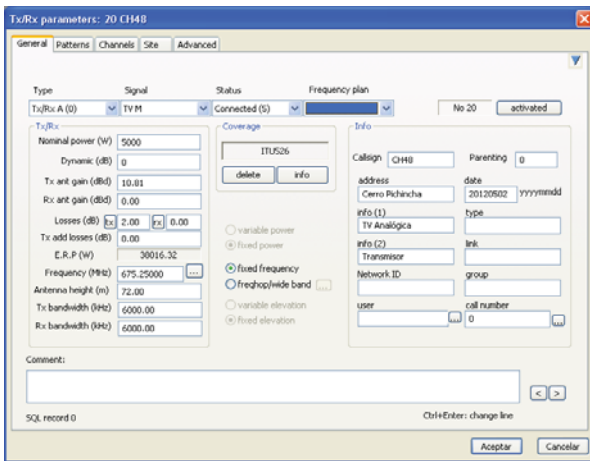


Fig. 9 Ingreso de Parámetros en la Pestaña General de la ventana Tx/Rx Parameters

En la Fig. 10 se muestra el ingreso de los datos correspondientes al transmisor del canal 48 en la pestaña *Patterns*, de la ventana *Tx/Rx parameters* del ICS Telecom.

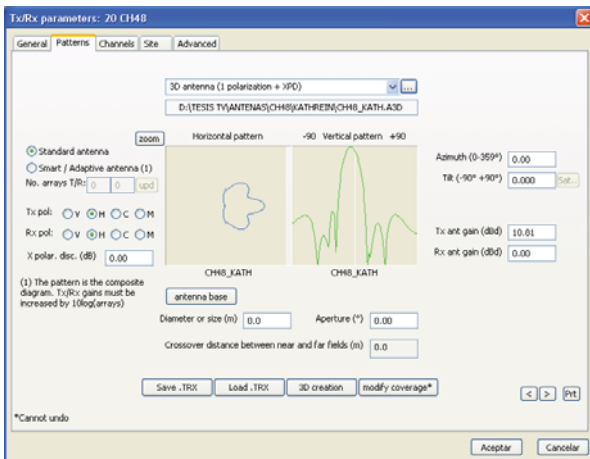


Fig. 10 Ingreso de Parámetros en la Pestaña Patterns de la ventana Tx/Rx Parameters

En la Fig. 11 se muestra el ingreso de los datos correspondientes al transmisor del canal 48 en la pestaña *Site*, de la ventana *Tx/Rx parameters* del ICS Telecom.

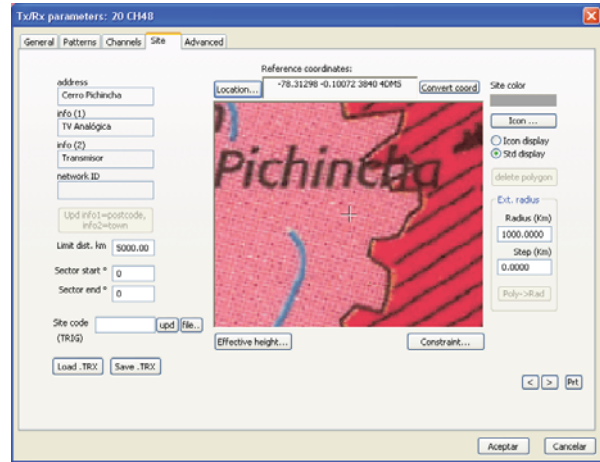


Fig. 11 Ingreso de Parámetros en la Pestaña Site de la ventana Tx/Rx Parameters

### B. Determinación de la Cobertura de Señal de los Sistemas de Transmisión de TV Analógica en el software ICS Telecom

Una vez instalado el sistema de transmisión de TV abierta analógica que opera desde el cerro Pichincha, se determina la cobertura del mismo haciendo uso del modelo de propagación elegido.

En la Fig. 12 se muestra la selección del modelo de propagación ITU-R P.525/P.526 en el ICS Telecom.

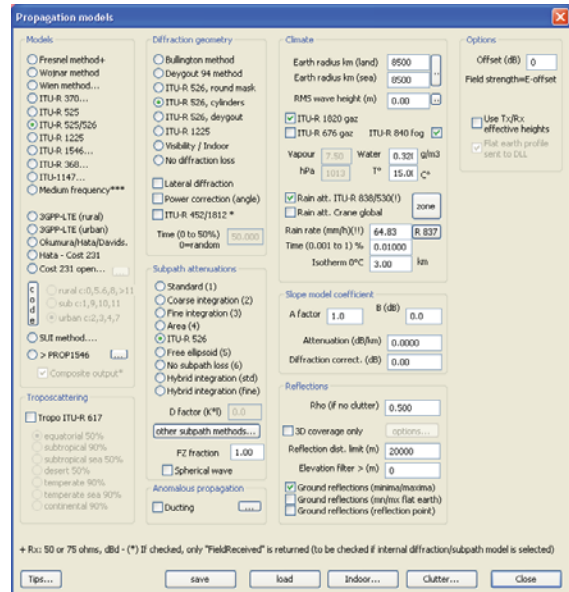


Fig. 12 Selección del Modelo de Propagación en el ICS Telecom

Luego, el software ICS Telecom realiza una serie de cálculos en base a todos los parámetros definidos y determina el área de cobertura del transmisor. En la Fig. 13 se muestra el área de cobertura del canal 48 y en la Fig. 14 la paleta de

colores que especifica el valor de nivel de intensidad de campo eléctrico que corresponde a cada color.

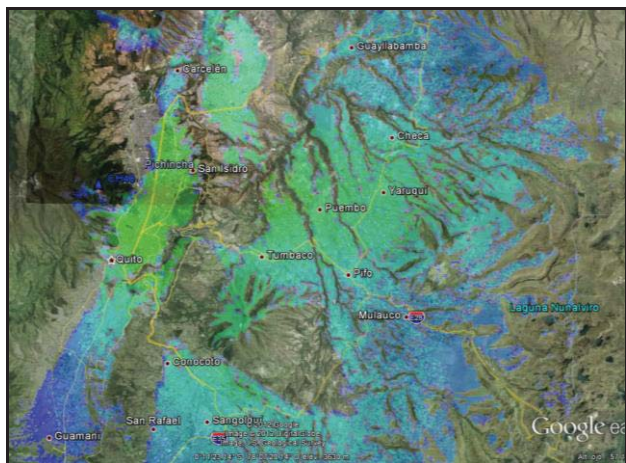


Fig. 13 Área de Cobertura Principal del Canal 48 en Google Earth

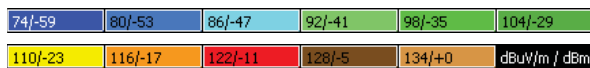


Fig. 14 Paleta de colores para un umbral de recepción de 74 dBuV/m

Entonces cuando se observe (en la imagen del área de cobertura) el color azul más intenso, significará que esa zona está en el umbral de recepción definido, y las zonas con un color diferente corresponderán al nivel de intensidad de campo eléctrico que especifique la paleta y que siempre serán superiores al umbral.

Toda zona en la cual no existe color alguno, es considerada zona de sombra. Esto no significa que en estas zonas no exista un nivel de intensidad de campo eléctrico presente, lo único que implica es que el nivel de intensidad de campo eléctrico en estas regiones está por debajo del umbral de recepción definido. En otras palabras estas zonas están fuera del área de cobertura principal del transmisor.

### C. Mediciones de los Niveles de Intensidad de Campo Eléctrico

La Superintendencia de Telecomunicaciones planifica inspecciones técnicas con el fin de verificar los niveles de intensidad de campo eléctrico de los Concesionarios del Servicio de Televisión Analógica, de tal forma que se pueda constatar si se cumple o no, con los niveles establecidos en la “Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales”, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 del 29 de Mayo de 2001.

La mayoría de mediciones se realizaron en un modo de cobertura alrededor de la ciudad de Quito, obteniendo un total de 240 mediciones por canal (240 puntos de medición). Luego se realizó un muestreo sistemático, es decir que de los 20 canales de televisión abierta analógica que operan desde el

cerro Pichincha, se eligió un canal al azar, que fue el canal 23. Se filtraron las 240 mediciones para este canal en base a los siguientes rangos: 60.5 - 61.5 dBuV/m, 64.5 - 65.5 dBuV/m, 68.0 - 68.9 dBuV/m, 71.0 - 71.9 dBuV/m, 74.0 - 74.9 dBuV/m, 79.5 - 80.5 dBuV/m, 89.5 - 90.5 dBuV/m y 99.5 - 100.5 dBuV/m, obteniéndose un total de 40 mediciones a ser consideradas (40 puntos de medición).

Los canales de TV abierta restantes, en cuanto a los puntos de medición se refiere, vienen condicionados por los 40 puntos que se obtuvieron para el canal elegido al azar.

### D. Comparación de los Niveles de Intensidad de Campo Eléctrico utilizando el Método Grafico

Para comparar las mediciones realizadas se instalan los 40 puntos de recepción en el software ICS Telecom, considerando la misma posición y altura en las cuales se realizaron las mediciones.

Las mediciones reales, los valores obtenidos mediante simulación de los niveles de intensidad de campo eléctrico, y los puntos de recepción en donde se realizan las mediciones se definen como variables cuantitativas continuas. Son cuantitativas porque los elementos de interés representan una cantidad (de 0 a 105 dBuV/m para el nivel de intensidad de campo, y de 1 a 40 unidades para los puntos de recepción), y son continuas porque se refieren a una medida.

Además los datos, tanto de niveles como de puntos de recepción, se encuentran en una escala de tipo nominal, ya que no tienen un orden lógico ni una relación específica. En otras palabras los datos son mutuamente excluyentes. Estadísticamente hablando los datos en escala de medida nominal representan el nivel más bajo de jerarquía, y por tanto la medida de tendencia central aplicable a este tipo de datos es la moda. La moda de un conjunto de datos es el valor que ocurre con más frecuencia, valor que para este trabajo no tiene mayor relevancia y por tanto no se presenta.

Entonces se justifica la aplicación de un método gráfico que de forma visual permita apreciar la diferencia entre los niveles de intensidad de campo eléctrico medidos y los obtenidos mediante simulación. Como ejemplo, en la Fig. 15 se muestra la gráfica comparativa de los valores de nivel de intensidad de campo eléctrico para el canal 48 de TV abierta analógica.

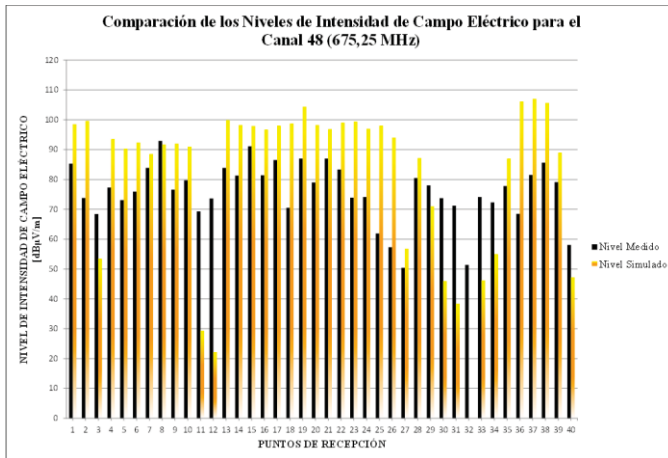


Fig. 15 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH48

## VII. CONCLUSIONES

- 1) El modelo de propagación UIT-R P.525/P.526 elegido para este proyecto de titulación emplea métodos que se encuentran completamente sustentados y publicados en recomendaciones técnicas de la ITU-R. Entonces las predicciones de cobertura de sistemas de radiodifusión de TV abierta analógica, que sean obtenidas aplicando este modelo de propagación le otorgan a la SUPERTEL la facultad de poder usar estas predicciones para cualquier fin específico o comprobación, ya que están sujetas a lo que establecen las recomendaciones de la ITU. Además este modelo de propagación también es aplicable a sistemas de radiodifusión FM y sistemas de radiodifusión de TV digital.
- 2) Para obtener la cobertura aproximada de un sistema de radiodifusión VHF y UHF en ambiente exterior, un DEM (Modelo de Elevación Digital) de resolución media como el que posee la SUPERTEL funciona perfectamente, ya que la influencia del suelo y de las edificaciones no son factores determinantes al hablar de señal recibida en ambiente exterior.
- 3) Al observar el área de cobertura aproximada obtenida con el software ICS Telecom para cualquier sistema de transmisión, siempre se cumplirá que:
  - El color azul más intenso muestra las zonas que se encuentran en el umbral de recepción definido.
  - Las zonas con un color diferente tienen un nivel de intensidad de campo eléctrico superior al umbral y que corresponde al valor que especifique la paleta de colores.
  - Toda zona en la cual no existe color alguno, es considerada zona de sombra, esto no significa que en estas zonas no exista un nivel de intensidad de campo eléctrico presente, lo único que implica es que el nivel de intensidad de campo eléctrico en estas regiones está por debajo del

umbral de recepción definido. En otras palabras estas zonas están fuera del área de cobertura principal del transmisor.

- 4) De las gráficas comparativas aplicando el método gráfico, se concluye que:
  - La tendencia de los niveles de intensidad de campo medidos en comparación con los simulados es similar.
  - Si se observan los valores medidos cuyo nivel es alto, los valores obtenidos mediante simulación tienden a ser mayores que los medidos. Esto no representa un problema, en cuanto al servicio de TV abierta analógica se refiere, porque significa que en las regiones en donde se encuentran esos puntos los niveles de recepción son superiores al umbral de recepción. La única implicación real es que el software ICS Telecom tiende a ser optimista en la evaluación de niveles para las regiones que en la práctica cumplen con estar por encima del umbral de recepción, y por tanto cumplen con estar dentro del área de cobertura principal.
  - Si se observan los valores medidos cuyo nivel es bajo, los valores obtenidos mediante simulación tienden a ser menores que los medidos. Entonces el software ICS Telecom tiende a ser pesimista en la evaluación de niveles para las regiones que en la práctica se encuentran por debajo del umbral de recepción. Esto implica que las regiones en donde el ICS Telecom muestra la existencia de zonas de sombra, la probabilidad de que en la práctica ocurra aquello es bastante elevada.

Estas tres últimas conclusiones (contenidas de forma general en la conclusión número 4) hacen que las predicciones de cobertura, para los requerimientos de la SUPERTEL (planificación y evaluación de los sistemas de TV abierta analógica), garanticen una proximidad con la realidad lo suficientemente alta para ser consideradas por el personal técnico de la SUPERTEL al planificar inspecciones técnicas para verificar los niveles de intensidad de campo eléctrico teniendo pleno conocimiento de las regiones consideradas como zonas de sombra. Además, si esta información es transmitida a los concesionarios del servicio de TV abierta analógica, estos pueden realizar las modificaciones técnicas pertinentes para brindar un mejor servicio.

## VIII. REFERENCIAS

- [1] CONATEL, *Modificaciones del Plan Nacional de Frecuencias de septiembre de 2008*, Ecuador, aprobadas por el CONATEL mediante Resolución No. TEL-391-15-CONATEL-2012 de 4 de julio de 2012.
- [2] Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, *Norma Técnica Para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales*, Ecuador, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001.
- [3] NTSC. (2012), sitio web sobre NTSC en Wikipedia, [Online], Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/NTSC>
- [4] User Guide Spectrum Master™ MS2721B, MS2723B, MS2724B High Performance Handheld Spectrum Analyzer, Anritsu, 2012.



- [5] José Miguel Miranda, José Luis Sebastián, Manuel Sierra y José Margineda, *Ingeniería de Microondas, Técnicas Experimentales*, Publicado por PEARSON EDUCACIÓN, S.A, Madrid, 2002.
- [6] ICS Telecom v9.++ Reference manual, ADVANCED TOPOGRAPHIC DEVELOPMENT & IMAGES, AUTHORS: Philippe MISSUD, ATDI, 2010.
- [7] UIT-R, Recomendación UIT-R P.310-9, "Definición de Términos Relativos a la Propagación en Medios No Ionizados", 1994.
- [8] UIT-R, Recomendación UIT-R PN.525-2, "Cálculo de la Atenuación en el Espacio Libre", 1994.
- [9] UIT-R, Recomendación UIT-R P.526-11, "Propagación por Difracción", 2009.
- [10] UIT-R, Recommendation ITU-R BT.655-7, Radio-Frequency Protection Ratios for AM Vestigial Sideband Terrestrial Television Systems Interfered with by Unwanted Analogue Vision Signals and their Associated Sound Signals, 2004.
- [11] Constantine A. Balanis, *Modern Antenna Handbook*, Published by John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [12] IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-17, No. 3, May 1969; Vol. AP-22, No. 1, Enero 1974; y Vol. AP-31, No. 6, Part II, Noviembre 1983.
- [13] Selectively Broadband, technic topics of Moonraker website, [Online], Available: <http://www.moonraker.com.au/techni/broadband.htm>
- [14] Dragoslav Dobričić, YU1AW, (2008), Yagi Antenna Q factor homepage on QSL.net, [Online], Available: [http://www.qsl.net/yu1aw/Misc/yagi\\_q\\_factor.pdf](http://www.qsl.net/yu1aw/Misc/yagi_q_factor.pdf)
- [15] Paul Graham, Discussion of Antenna Theory on Paul's Place on TRIPOD.com, [Online], Available: <http://k9erg.tripod.com/theory.htm>
- [16] Feed line. (2012), website about Feed line on Wikipedia, [Online], Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Feed\\_line](http://en.wikipedia.org/wiki/Feed_line)
- [17] Taller de Antenas, sitio web sobre antenas en Olotwireless.net, [Online], Disponible: <http://www.olotwireless.net/catala/antenas.htm>
- [18] Marcial López Tafur, Antenas, sitio web sobre antenas en el portal de Adolfo Montoya, [Online], Available: [http://www.amontoya.com/antenas/Calculo\\_Marcial.pdf](http://www.amontoya.com/antenas/Calculo_Marcial.pdf)
- [19] ¿Qué es una Antena Skew?, post sobre antenas skew en eradigital.com, [Online], Disponible: <http://www.eradigital.com.ar/blog/?p=522>
- [20] Miguel Ferrando, Alejandro Valero, Antenas, sitio web que contiene información sobre parámetros de antenas en ebookbrowse.com, [Online], Disponible: <http://ebookbrowse.com/introduccion-parametros-antenas-pdf-d51234193>
- [21] Constantino Pérez Vega, "La Señal Analógica de Video", Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Cantabria.
- [22] Pekka Ala-Mäyry, Characteristics of B,G/PAL and M/NTSC television systems, website about characteristics of television systems on kolumbus.fi/pami1/, [Online], Available: [http://www.kolumbus.fi/pami1/video/pal\\_ntsc.html](http://www.kolumbus.fi/pami1/video/pal_ntsc.html)
- [23] (2011) The ITU-R Recommendations website. [Online]. Available: <http://www.itu.int/pub/R-REC>
- [24] FIELD INTENSITY and POWER DENSITY, website about field intensity and power density on University of Hawaii at Manoa webpage, [Online], Available: [http://www.phys.hawaii.edu/~anita/new/papers/militaryHandbook/field\\_int.pdf](http://www.phys.hawaii.edu/~anita/new/papers/militaryHandbook/field_int.pdf)
- [25] Radiated Power and Field Strength from UHF ISM Transmitters, application note on maximintegrated.com, [Online], Available: <http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/3815>
- [26] Conversion Formulae, conversion formulas on Committee on Radio Astronomy Frequencies webpage, [Online], Available: <http://www.craf.eu/conv.htm>
- [27] Antios, Antios brochure on atdi.com, [Online], Available: <http://www.atdi.com/antios/>
- [28] Ignacio Alonso Fernández-Coppel, "LA PROYECCIÓN UTM", Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Palencia, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
- [29] SUPERTEL, Sistema de información *SIRA TV*, Ecuador, 2011.
- [30] CONATEL, *RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010*, Ecuador, 2010.
- [31] Prof. Dr. Antonio José Sáez Castillo, *Apuntes de Estadística para Ingenieros*, Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Jaén, Versión 1.2, Julio de 2011.

## IX. BIOGRAFÍAS



**Iván R. Suárez**, nació en Quito - Ecuador el 14 de octubre de 1986. Bachiller en Ciencias, Colegio Técnico Aeronáutico de Aviación Civil (COTAC), Quito - Ecuador, 2004. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador, 2012. Actualmente se desempeña como Profesional Técnico 1 de la Unidad de Control del Espectro Radioeléctrico de la Intendencia Regional Norte de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL). (isuarez@supertel.gob.ec)



**Luis E. Díaz**, nació en Quito - Ecuador el 10 de julio de 1961. Bachiller, Colegio Benalcázar, Quito - Ecuador, 1979. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador, 1993. Master en Administración de Empresas, INCAE, 1996. Especialista Superior en Derecho y Gestión de las Telecomunicaciones, Universidad Andina Simón Bolívar y Universidad Externado de Colombia, 2005. Actualmente se desempeña como Profesional Técnico 4 de la Dirección Nacional de Planificación y Gestión de la Calidad de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL). (ediaz@supertel.gob.ec)