2. Definición de Parámetros

En la primera parte de este capítulo se describen las herramientas de simulación y cartografía que se uso para las simulaciones de cobertura, luego se resumen los parámetros de los trasmisores de televisión digital que están actualmente emitiendo en Bogotá y se representan los parámetros de configuración usados en las simulaciones preliminares realizadas para la selección del modelo de propagación que más se ajuste al entorno metropolitano de Bogotá, a continuación se describen los escenarios que se utilizaron en el análisis de la red SFN con recepción fija y móvil. Por Último, se describen las características y protocolos utilizados para el desarrollo de las mediciones.

2.1 Software de Simulación

2.1.1 Xirio online

La herramienta de planificación Xirio online es un producto de la compañía APTICA, Xirio permite la realización de coberturas radioeléctricas online, compartir y publicar resultados en red sin necesidad de tener una herramienta de planificación y cartografía propias [53].

Xirio Online está compuesto por dos módulos: "PlanningTool" y "SharePlace"; Planningtool es el modulo que permite realizar la planificación de la red, permite la simulación de tecnologías punto a punto, punto multipunto y punto zona, análisis de viabilidad de enlaces, coberturas radioeléctricos, estudios de interferencias entre otros. En este mismo modulo se configuran los diferentes parámetros de los trasmisores y los métodos de cálculo para el desarrollo de las simulaciones. El SharePlace es el modulo que permite consultar y compartir los resultados con mas usuarios las planificaciones realizadas en PlanningTool [53]

Xirio Online, permite el desarrollo de simulaciones de forma gratuita, sin embargo, están limitadas al uso de cartografía de baja resolución[15]. Si se desea realizar simulaciones con mayor precisión se debe

[15] Cartografía de altimetría mundial tipo MDT de 100m de resolución.

cancelar un valor en euros que dependerá de la resolución de la cartografía deseada y el número de pixeles del área a evaluar.

2.1.2 ICS Telecom

La herramienta de planificación ICS Telecom es un producto de la compañía francesa ATDI, ICS Telecom es una herramienta que permite planificar las redes de comunicaciones de radio y administrar el espectro de las frecuencias [54].

ICS Telecom es capaz de modelar cualquier red de radio, sin importar cual sea su tamaño, desde redes locales hasta redes nacionales. ICS Telecom permite realizar evaluación de tecnologías, dimensionar infraestructuras, planificación de red, optimización del espectro, entre otros. En ICS Telecom pueden simularse todas las tecnologías de radio actuales, tanto fijas como móviles, comprendidas en la gama de frecuencia de 10kHz a 450GHz, algunas de las tecnologías que incluye son: Difusión de TV y radio analógica y digital, Comunicaciones fijas, Comunicaciones móviles, Microondas, Celular/UMTS, Radar, Satélite, Telemetría, etc [54].

Actualmente, la Universidad Nacional de Colombia cuanta con licencia de esta herramienta y cartografía en baja y media resolución de Colombia y cartografía de alta resolución para algunas ciudades principales.

2.1.3 Cartografía digital

Para el desarrollo de las simulaciones se dispuso de dos cartografías, una de baja resolución disponible para usar en la herramienta Xirio Online (Figura 2-1) y una de alta resolución para usar con la herramienta ICS Telecom (Figuras 2-2 y 2-3).

Figura 2-1 Cartografía Disponible para Xirio – Online (Baja Resolución).

Figura 2-2 Cartografía Disponible para ICS Telecom (Alta Resolución).

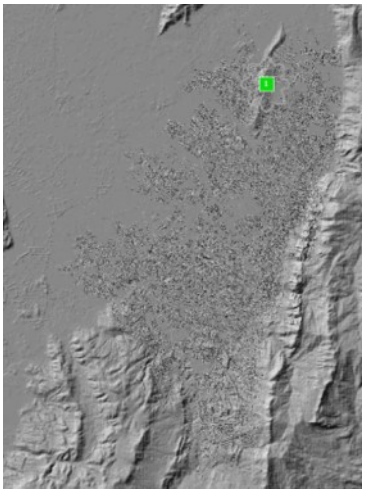
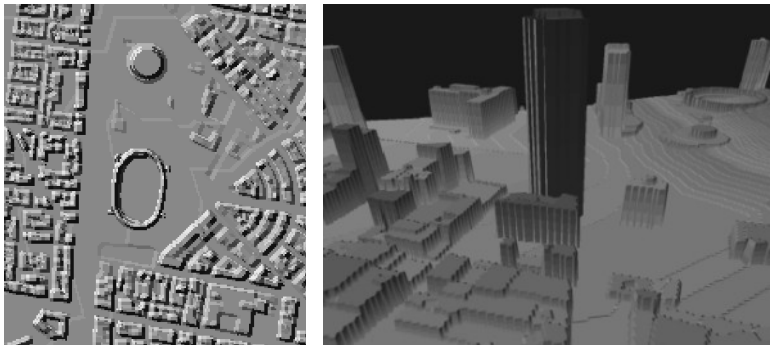


Figura 2-3 Cartografía Disponible para ICS Telecom. Izquierda, Alta Resolución. Derecha, Detalle de resolución

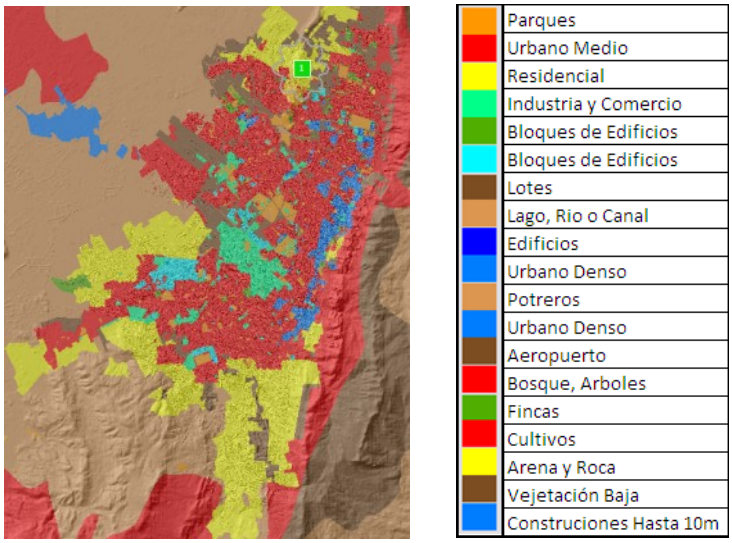


2.1.4 Clutter

El clutter es un archivo que contiene información administrativa, alturas y atenuaciones de diferentes zonas específicas dentro de un mapa. El uso de clutter es importante para el desarrollo de las simulaciones, ya que junto con el archivo de campaña de mediciones permite realizar un "tunning" a las simulaciones [54].

Para el desarrollo de las simulaciones se utilizo un Clutter compuesto por 19 zonas estableciditas según el uso del suelo (Figura 2-4). El Clutter fue proporcionado por [55].

Figura 2-4 Clutter Uso del Suelo Bogotá D.C.



2.2 Parámetros de los transmisores CCNP y RTVC

Con el fin de conocer la configuración de cada uno de los trasmisores de TDT se utilizo el equipo de monitoreo GoldenEagle DVB-T/H (Figura 2-5), que fue prestado por [55]. Este equipo de monitoreo permite conocer a través de la función "Scan" los trasmisores que se encuentren emitiendo (Figura 2-6), adicionalmente, con la función "Real Time" nos permite identificar la configuración de cada uno de los multiplex (Figura 2-7, 2-8 y 2-9).

Figura 2-5 Equipo de Monitoreo GoldenEagle

Figura 2-6 Escaneo de Canales

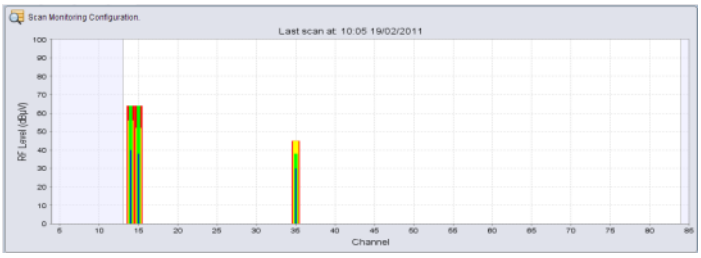


Figura 2-7 Configuración del Multiplex del Canal 14 – CCNP

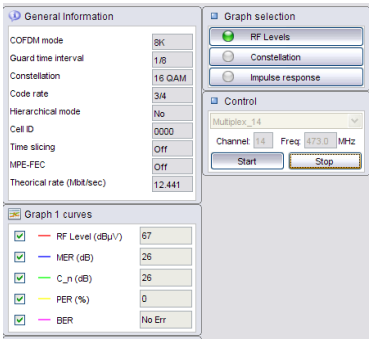


Figura 2-8 Configuración del Multiplex del Canal 15 – CCNP

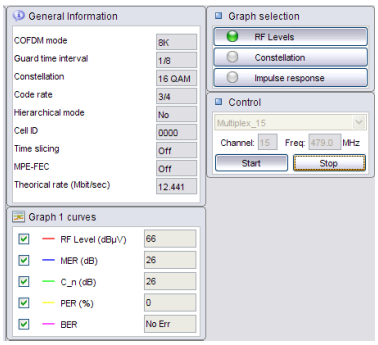
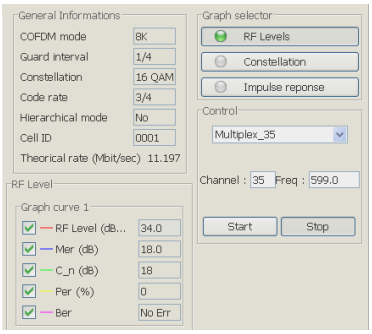
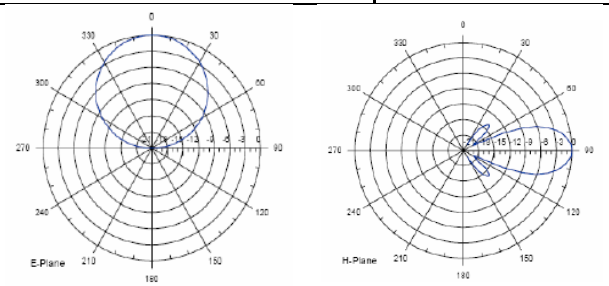


Figura 2-9 Configuración del Multiplex del Canal 35 – RTVC



Adicional a los parámetros descritos anteriormente, es indispensable conocer otros parámetros del trasmisor como la potencia de transmisión, la configuración del sistema radiante y la PIRE. En la tabla 2-1 se resumen todos los parámetros que se utilizaron para el desarrollo de las simulaciones.

Tabla 2-1 Parámetros del trasmisor de CCNP y trasmisor de RTVC.

Trasmisor	CCNP		RTVC
Nombre de la estación	Suba		Calatrava
Frecuencia	473MHz - Canal 14	479MHz - Canal 15	Canal 35
Ubicación de la Estación	Cerro Suba Bogotá		Cerro Suba Bogotá
Coordenadas (WGS84)	4 44 37.01N		04 43 37.4N
	74 04 29.39W		74 04 50.2W
Altura (msnm)	2665		2704
Altura de la Torre (m)	120		60
Altura de las Antenas (C.O.R)	118		60
Estándar	DVB-T		DVB-T
Modulación	16QAM	16QAM	16QAM
Intervalo de Guarda	1/8	1/8	1/4
FEC	3/4	3/4	3/4
Modo FFT	8K	8K	8k
Bit Rate (Mbps)	12.441	12.441	11.059
Potencia del Tx (kW RMS)	2.5	2.5	0.4
PIRE (kW)	11144	11,144	1432
Configuración SSRR	(4-4-4-4) ; (0:90:180:270)		(2-2-2-2) ; (0:90:180:270)
Ganancia Arreglo (dBd)	10.49		7.4
Tipo de Antena	Panel Rymsa		
Banda	IV y V		IV y V
Rango de Frecuencias (MHZ)	470 - 860		470 - 860
Patrón de Radiación Elemento Unitario			
Ganancia Elemento Unitario (dBd)	11.35		11.35

2.3 Parámetros para la selección del modelo de propagación.

2.3.1 Umbrales de recepción

Para considerar un punto cubierto se definieron los niveles mínimos de intensidad de campo que se muestran a continuación en la Tabla 2-2:

Tabla 2-2. Umbrales de Recepción

Umbral (dBuV/m)	Abreviatura Usada	Tipo de Recepción
47	FX (95%)	Fija en exteriores al 95%
81	PI (95%)	Portable Indoor al 95%
74.7	MO (99%)	Móvil en vehículo al 99%

En general para recepción fija se puede considerar un porcentaje de probabilidad de localización del orden del 70% para zonas rurales ó de un 95% para las zonas urbanas, para la recepción portable Indoor el porcentaje de probabilidad de localización es pertinente tomarlo al 95% de probabilidad de localización puesto que no existe tanta flexibilidad para situar la antena receptora, y finalmente para la recepción móvil en entornos urbanos debería considerarse al 99%.

Para encontrar el valor de la mínima intensidad media de campo requerida para cada uno de los tipos de recepción de interés (FX@95%, PI@(95) y MO@99%) se tuvo en cuenta las ecuaciones descritas en la sección 1.7.9, los valores obtenidos se resumen en la siguiente tabla (Tabla 2-3):

Tabla 2-3 Calculo de Umbrales de Recepción

Ítem	Unidades	FX (95%)	PI (95%)	MO (99%)
Pn = F + 10 log (K T0 B)	dBW	-129.4	-129.4	-129.4
Ps min = C/N + Pn	dBW	-113.7	-111.3	-105.4
Ps min (dBm)	dBm	-83.7	-81.3	-78.31
Ømin = Ps min - Aa + Lf	dBW/m^2	-107.4	-98.0	-92.1
Emin =Ømin + 120 + 10 log (120π)	dBμV/m	38.4	47.8	53.7
Emed = Emin + Pmmn + Cl	dBμV/m	**47.4**	**80.8**	**74.7**

En la Tabla 2-4 se describen los valores tomados acorde a cada tipo de recepción evaluada:

Tabla 2-4 Valores y constantes usados en los cálculos de umbral de recepción. [28] y [31]

Ítem		FX (95%)	PI	MO
Cálculo de Pn (dBW)	F : Factor de ruido del receptor (dB)	7	7	7
	k : Constante de Boltzmann (Ws/K)	1,38E-23	1,38E-23	1,38E-23
	T0 : Temperatura absoluta T0 (K)	290	290	290
	B : Ancho de banda de ruido del receptor (Hz)	5,71E+06	5,71E+06	5,71E+06
cálculo de Ps min (dBW)	C/N (dB)[16]	15,7	18,1	24[17]
Antena	Frecuencia[18] (MHz)	500	500	500
	Aa : Apertura efectiva de antena (dBm^2)	-3.3	-13.3	-13.3
	G : Ganancia de antena referida a un dipolo de media onda (dB)	10	0	0
Ruido Humano	Pmmn[19] (dB)	0	0	0
Otras Variables	Lf : Pérdidas de feeder {dB}	3	0	0
	Pérdidas por altura (Lh)	0	12	0
	Pérdidas Introducidas por el vehículo (Lv)	NA	NA	8
	Pérdidas penetración (Lb)	0	7	0
	Cl : Factor de corrección por localización al 95% (dB)	9	14	NA
	Cl : Factor de corrección por localización al 99% (dB)	NA	NA	13

2.3.2 Simulaciones en Xirio On-line

En esta herramienta de simulación solo fue posible utilizar cartografía de baja resolución, debido a que esta se puede utilizar de forma gratuita (Figura 2-10), Sin embargo, el software permite utilizar cartografía de alta resolución (2m para la ciudad de Bogotá), pero el costo por el uso para el desarrollo de una sola simulación es de $928.87 Euros (Figura 2-11), aproximadamente $2,167,815.87[20] de pesos, lo cual hizo inviable las simulaciones en alta resolución.

[16] Valor tomado de las Tablas de las Actas Finales de la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones CRR-06 [56] para una modulación de 16QAM y FEC de ¾.
[17] Valor indicado en [31] "Figure 2.5: Required C/N for DVB-T and DVB-T2 as a function of the velocity of the mobile receiver" para una velocidad de 60Km/h.
[18] Frecuencia representativa para la banda IV
[19] En las bandas IV y V se considera que el ruido humano (man-made noise) introduce una degradación de 0 dB.
[20] Se tomo un valor de $2,333.82 COP por Euro

Figura 2-10 Cartografía disponible para uso gratuito

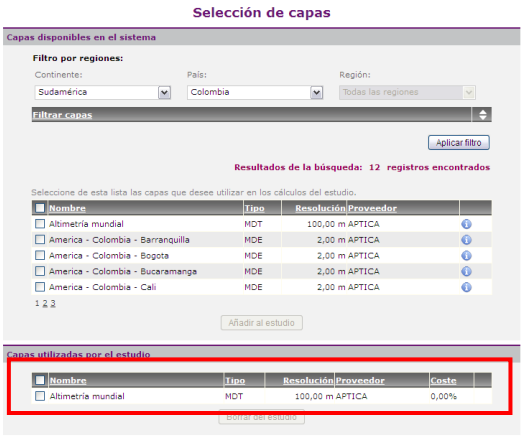
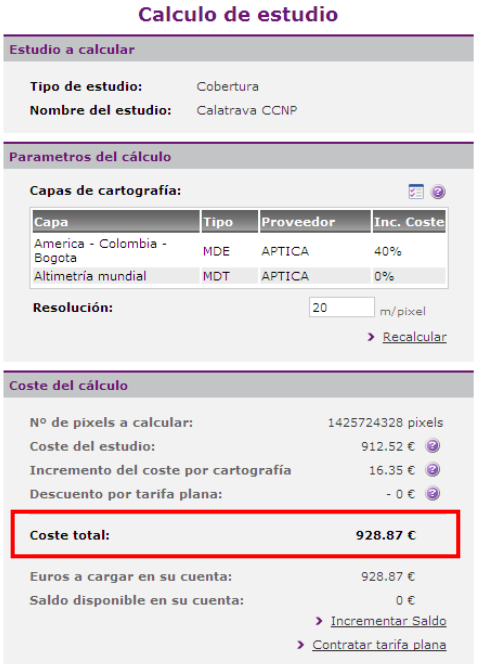


Figura 2-11 Cartografía de Alta resolución disponible con costo asociado



Para el desarrollo de las simulaciones se creó la estación trasmisora de CCNP (Figura 2-12) según los parámetros descritos en la Tabla 2-1. Para el patrón de radiación resultante de los arreglo de antenas se elaboro de forma manual en pasos de 5 grados (Figura 2-13).

Figura 2-12 Parámetros del Transmisor

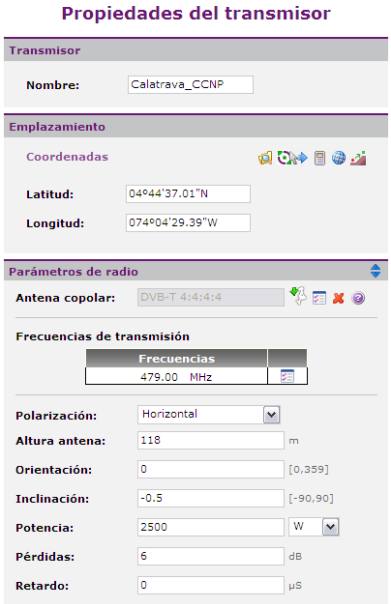
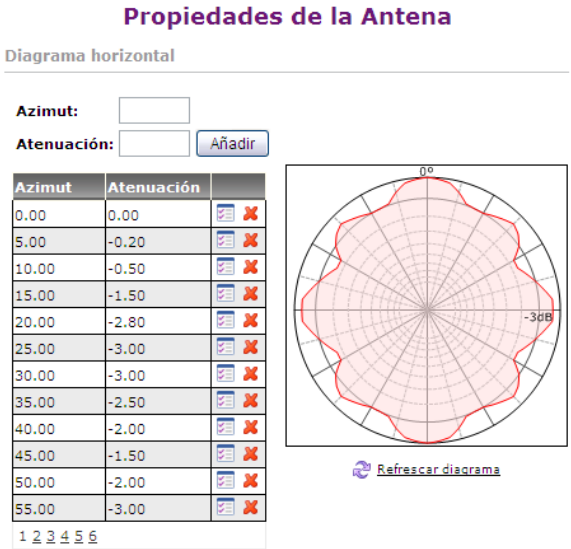


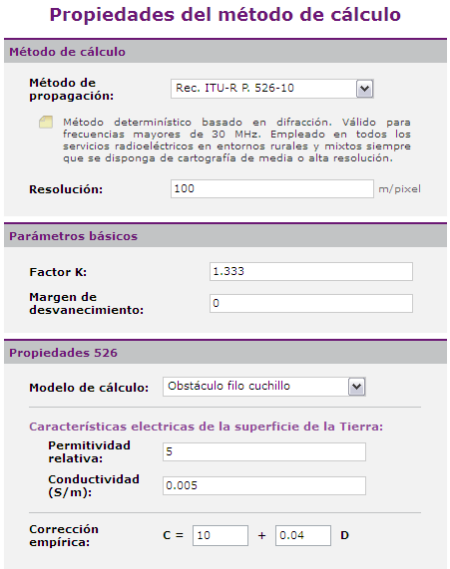
Figura 2-13 Diagrama patrón de radiación



2.3.2.1 Simulaciones con el modelo ITU-R 526

Para el cálculo de la cobertura de esta simulación se utilizo el modelo de propagación ITU 526, y obstáculos de filo de cuchillo (Figura 2-14).

Figura 2-14 Propiedades del Método de cálculo



2.3.3 Simulaciones en ICS Telecom

Se realizaron simulaciones utilizando cartografía de alta resolución (1metro) de la ciudad de Bogotá, la cartografía utilizada fue de tipo DCM[21] donde los edificios hacen parte del terreno. Sin embargo, debido a la gran extensión del área a evaluar el software al momento de cargar la cartografía realiza un "Resampling" por la limitación de memoria RAM del equipo convirtiendo la cartografía a una resolución de 5 metros. Se realizaron varias simulaciones utilizando los modelos de propagación ITU 525, ITU 526, Fresnel y Okumura-hata con los receptores ubicados a 3m y 10m de altura.

2.3.3.1 Configuración de los trasmisores en ICS Telecom

Para el desarrollo de las simulaciones se crearon las estaciones trasmisora de CCNP (Figura 2-15, 2-16, 2-17 y 2-18) y RTVC (Figura 2-19, 2-20, 2-21 y 2-22) según los parámetros descritos en la Tabla 2-1.

[21] Por sus siglas en ingles Digital City Model

Figura 2-15 Parámetros Generales Tx CCNP

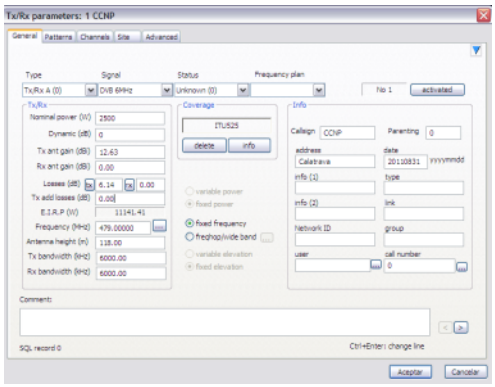


Figura 2-16 Parámetros Patrón de radiación Tx CCNP

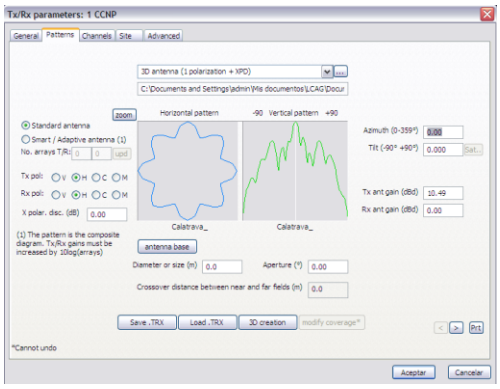


Figura 2-17 Parámetros Ubicación del Tx CCNP

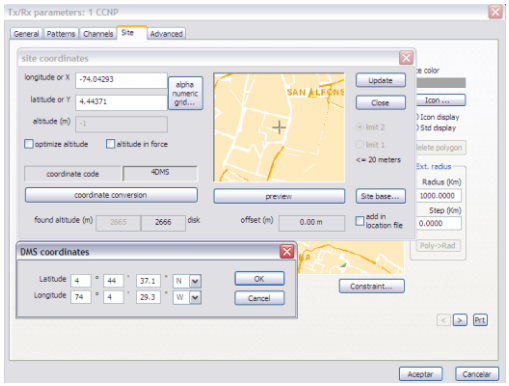


Figura 2-18 Parámetros Configuración avanzada Tx CCNP

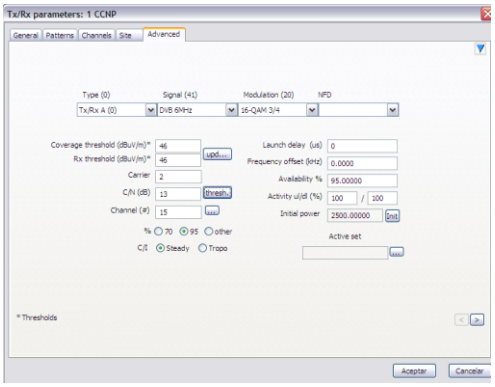


Figura 2-19 Parámetros Generales Tx RTVC

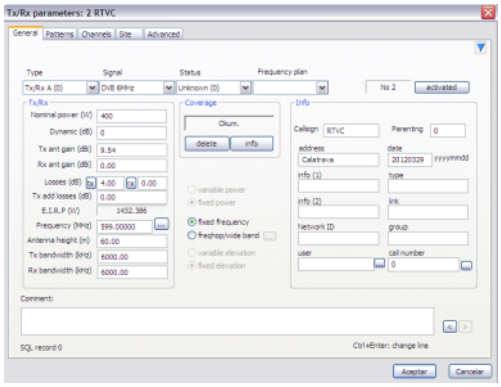


Figura 2-20 Parámetros Patrón de radiación Tx RTVC

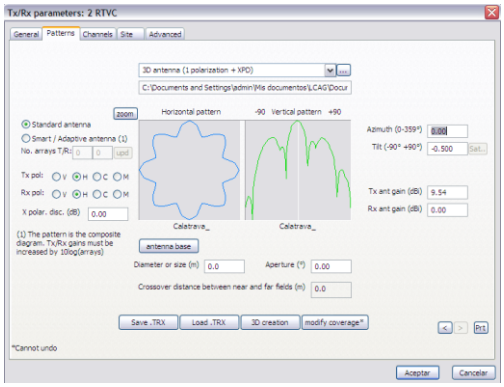


Figura 2-21 Parámetros Ubicación del Tx RTVC

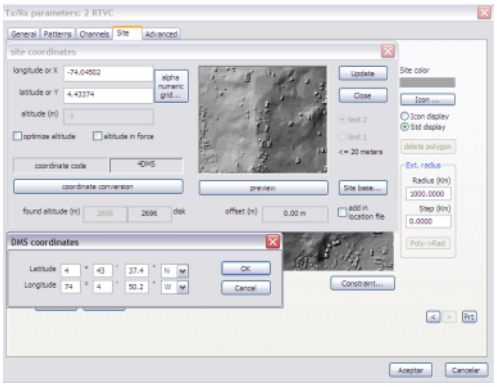
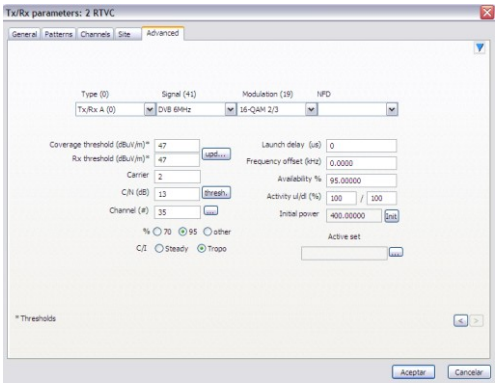


Figura 2-22 Parámetros Configuración avanzada Tx

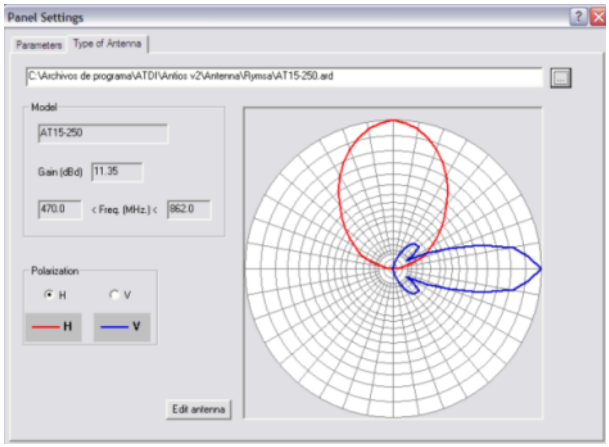


2.3.3.2 Patrón de radiación arreglo de antenas

Para obtener el patrón de radiación resultante de los arreglo de antenas utilizados para el trasmisor de CCNP y RTVC, se utilizo el software ANTIOS.

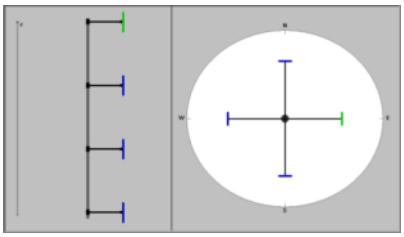
Se utilizo como elemento unitario la antena Rymsa AT 15-250 con ganancia de 11.35dBd y rango de frecuencia de operación entre 470MHz y 862MHz (Figura 2-23) [57].

Figura 2-23 Patrón de radiación elemento unitario H y V



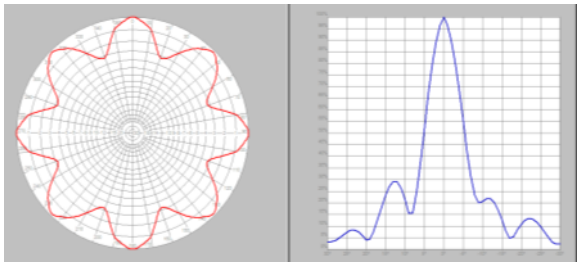
Para el sistema radiante de CCNP se dispuso de una configuración de antenas de 4:4:4:4 con acimut 0:90:180:270 (Figura 2-24) montado en una estructura vertical cuadrada de sección trasversal de 0.6m.

Figura 2-24 Diagrama configuración SSRR Tx CCNP



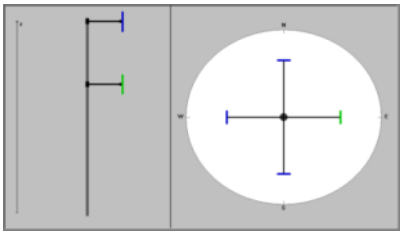
El patrón resultante se muestra a continuación en la Figura 2-25:

Figura 2-25 Patrón de radiación del Arreglo del SSRR Tx CCNP



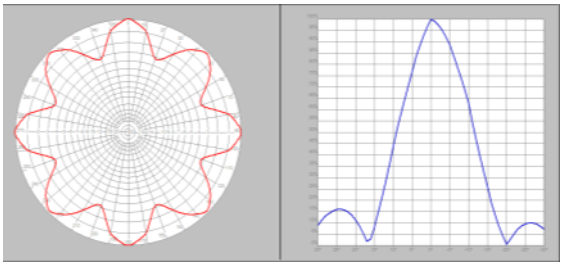
Para el sistema radiante de RTVC se dispuso de una configuración de antenas de 2:2:2:2 con acimut 0:90:180:270 (Figura 2-26) montado en una estructura vertical cuadrada de sección trasversal de 0.6m.

Figura 2-26 Diagrama configuración SSRR Tx RTVC



El patrón resultante se muestra a continuación en la Figura 2-27:

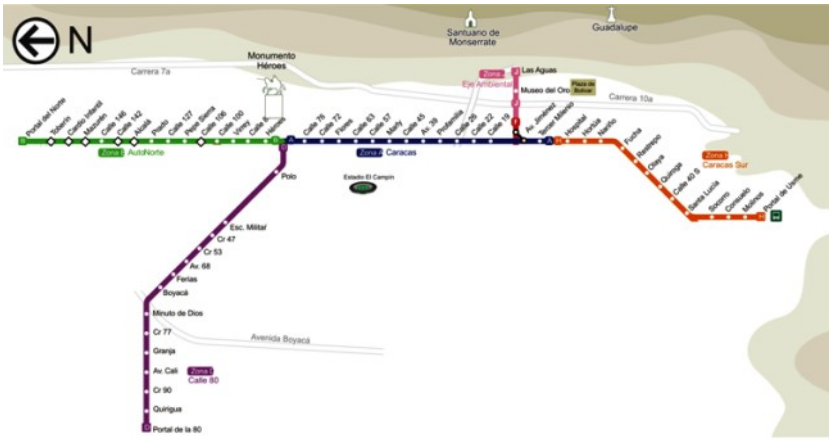
Figura 2-27 Patrón de radiación del Arreglo del SSRR Tx RTVC



2.4 Parámetros de la red SFN para la ciudad de Bogotá D.C.

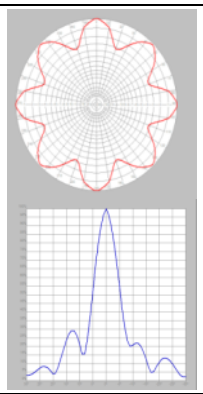
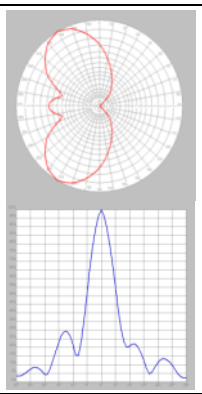
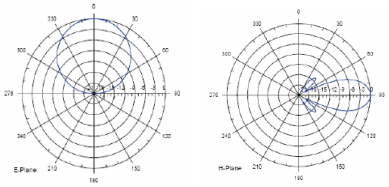
Para el desarrollo de la planificación de la red de TDT bajo el estándar DVB-T que permita la recepción fija y móvil se tomo como escenario el área urbana de la ciudad de Bogotá que comprende un área de 437 kilómetros cuadrados aproximadamente. Actualmente, se da cobertura en analógico a la ciudad de Bogotá principalmente desde tres puntos (Cerro Suba, Cruz Verde y Manjui) los dos primeros están ubicados muy cerca a la población objeto de cobertura, mientras que Manjui se encuentra ubicado cerca al municipio de Zipacón, a unos 40km del centro de Bogotá. Con el objetivo de utilizar la infraestructura existente de la red analógica para la planificación de la red digital (Es muy probable que esto ocurra en la implementación de la TDT en Colombia, ya que los operadores en la medida de lo posible utilizaran los centros de emisión actual con el fin de reducir el costo de implementación de la nueva red) se considero la implementación de un trasmisor desde Cerro Suba (Parte Nor-Occidental de la Ciudad) y otro en Cruz Verde (Parte Sur- Oriental de la Ciudad), el trasmisor de Manjui no es considerado para esta planificación ya que el objetivo principal es dar cobertura Indoor y móvil y este trasmisor se encuentra alejado de la ciudad, haciendo necesario un incremento considerable en la PIRE para ofrecer el tipo de recepción deseada. El análisis de cobertura Móvil se centra principalmente en ofrecer cobertura en el sistema de trasporte masivo Transmilenio especialmente en la ruta que va del Portal del Norte al Portal de Usme y la ruta de la Calle 80 (Figura 2-28).

Figura 2-28 Rutas de Interés Cobertura Móvil.



Los parámetros de cada uno de los trasmisores asumidos para el desarrollo de las simulaciones se resumen a continuación en la Tabla 2-5:

Tabla 2-5 Parámetros de los trasmisores Red TDT Bogotá

Trasmisor	**Red SFN TDT Bogotá**	
Nombre de la estación	Calatrava	Cruz Verde
Frecuencia	Canal 15 – Fc = 479MHz	Canal 15 – Fc = 479MHz
Ubicación de la Estación	Cerro Suba Bogotá	Cerro Cruz Verde
Coordenadas (WGS84)	4 44 37.01N	4 31 13.06 N
	74 04 29.39W	74 6 9.76 W
Altura (msnm)	2665	2952
Altura de la Torre (m)	120	42
Altura de las Antenas (C.O.R)	118	39
Estándar	DVB-T	DVB-T
Configuración SSRR	(4:4:4:4) ; (0:90:180:270)	(4-4) ; (210:300)
Relleno de Nulos	20%	20%
Ganancia Arreglo (dBd)	10.49	12.9
Patrón de Radiación SSRR H y V		
Tipo de Antena	Panel Rymsa	
Banda	IV y V	
Rango de Frecuencias (MHZ)	470 - 860	
Patrón de Radiación Elemento Unitario		
Ganancia Elemento Unitario (dBd)	11.35	
Perdidas del Sistema (dB)	4	2
Potencia del Tx (kW RMS)	Según Escenario	
PIRE (kW)		
Modulación		
Intervalo de Guarda		
FEC		
Modo FFT		
Bit Rate (Mbps)		

Para el desarrollo de las simulaciones se establecieron 3 escenarios con diferentes configuraciones del trasmisor y se configuran en red de frecuencia única. Los parámetros para cada uno de los escenarios se describen a continuación en la Tabla 2-6:

Tabla 2-6 Escenarios de Simulación

Escenario	Modulación	IG	FEC	FFT	Bit Rate (Mbps)	Máxima Distancia entre Tx (km)	Observaciones
1	64QAM	1/8	2/3	8K	16.58	44.8	Alta tasa de transmisión, baja robustez
2	16QAM	1/8	3/4	8k	12.4	44.8	Tasa de trasmisión media, robustez media
3	LP 16QAM HP QPSK	1/4	LP 3/4 HP 1/2	2k	LP 5.6 HP 3.7	22.4	Baja Tasa de transmisión, Alta robustez

Los umbrales establecidos para cada uno de los escenarios teniendo en cuenta el modo de de recepción se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2-7):

Tabla 2-7 Umbral de recepción para los diferentes escenarios y tipo de recepción

Escenario	Modulación	FEC	C/N[22] (dB)	FX (95%) dBuV/m	PI (95%) dBuV/m	MO (99%) dBuV/m
1	64QAM	2/3	Rice 17.3 Rayleigh 20.3	49	83	NA[23]
2	16QAM	3/4	Rice 13.4 Rayleigh 18.1	45	81	69
3	LP 16QAM HP QPSK	LP 3/4 HP 1/2	Rice LP 17.2 Rayleigh LP 22.4 Rayleigh HP 7.7	49	LP 85 HP 70	58

[22] Valores tomados de la ETSI 101 190.
[23] No se evaluó este escenario para movilidad debido a la baja robustez de la configuración usada.

2.5 Parámetros de las Mediciones realizadas

2.5.1 Mediciones Fijas

Se realizaron mediciones de intensidad de campo eléctrico del transmisor de TDT ubicado en Suba-Calatrava perteneciente al CCNP y RTVC, sin embargo, al observar el espectro radioeléctrico del canal 35 no se registro señal del trasmisor de RTVC, por lo cual solo se tuvieron en cuenta los resultados del trasmisor de CCNP. El monitoreo del espectro se realizó con el sistema SIMT[24] en 20 puntos ubicados estratégicamente en la ciudad de Bogotá D.C. Se midió a una altura de 3 y 10 metros sobre el nivel del terreno y en dirección al transmisor. Las mediciones fueron realizadas del 25 al 28 de Enero de 2011.

2.5.1.1 Puntos de medición

En la Tabla 2-8 se presenta la lista de los sitios objeto de estudio, junto con sus respectivas ubicaciones políticas, espaciales y canales medidos.

Tabla 2-8 Ubicación 20 Puntos de Medición

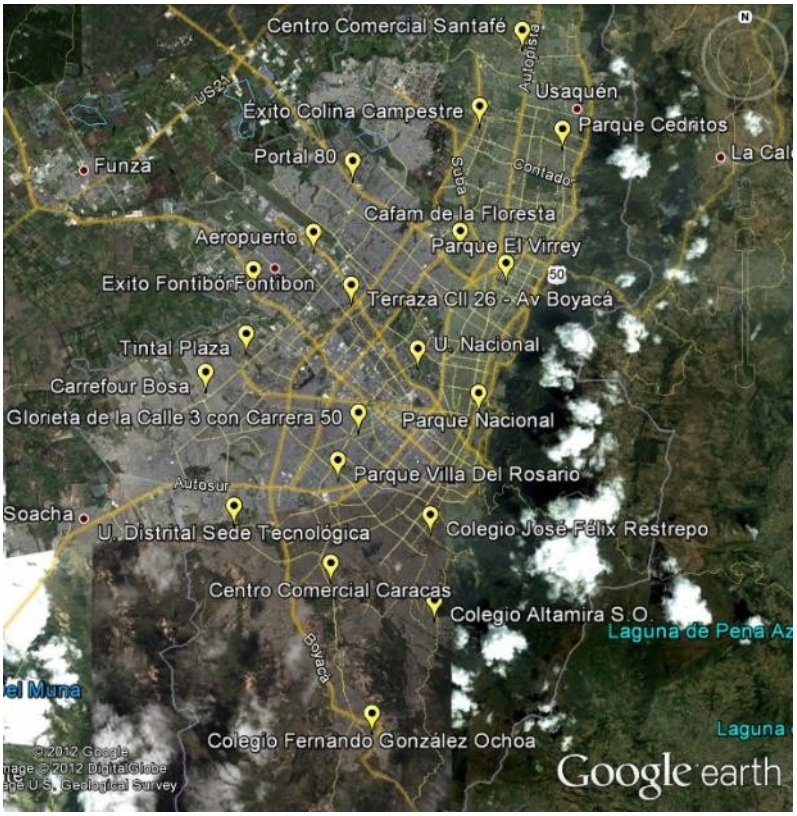
PUNTOS DE MEDICIÓN - MEDICIÓN DE INTENSIDAD DE CAMPO											
No	SITIO	Coordenadas Geográficas (WGS84)						Coordenadas Decimales		Dirección	Canal de Interés
		Longitud (Oeste)			Latitud (Norte)			Longitud (Oeste)	Latitud (Norte)		
		DD	MM	SS	DD	MM	SS				
1	Universidad Distrital Sede Tecnológica	74	9	33.1	4	34	48.3	74.1591944	4.5800833	Transversal 70 B N. 73 a 35 sur	Canal 14 y 15
2	Colegio Fernando González Ochoa	74	6	26.7	4	30	6.6	74.107417	4.5018333	Cr 5 Este Con Cll 89C Sur "Zelandia"	Canal 14 y 15
3	Colegio Altamira S.O.	74	5	4.28	4	32	42.3	74.0845222	4.5450917	Diagonal 42Sur Con Carrera 12A Este	Canal 14 y 15
4	Centro Comercial Caracas	74	7	20.4	4	33	30	74.1223333	4.5583333	Av Caracas con Cr 9 "Cl 51 S 9 -30 Tunjuelito"	Canal 14 y 15
5	Colegio José Félix Restrepo	74	5	3.4	4	34	36.3	74.0842778	4.5767500	Calle 11 Sur con Cr 4	Canal 14 y 15
6	Terraza Cll 26 - Av Boyacá	74	6	50.9	4	39	52.6	74.1141389	4.6646111	Cr 72 Bis Con Cll 24D	Canal 14 y 15

[24] Sistema Integrado de Monitoreo Transportable

PUNTOS DE MEDICIÓN - MEDICIÓN DE INTENSIDAD DE CAMPO											
No	SITIO	Coordenadas Geográficas (WGS84)						Coordenadas Decimales		Dirección	Canal de Interés
		Longitud (Oeste)			Latitud (Norte)			Longitud (Oeste)	Latitud (Norte)		
		DD	MM	SS	DD	MM	SS				
7	Carrefour Bosa	74	10	12	4	37	52.4	74.1700000	4.6312222	Cr 89A Bis Con Cll 60Sur	Canal 14 y 15
8	Tintal Plaza	74	9	16	4	38	45.2	74.1544444	4.6458889	Av Ciudad de Cali con Av Las Americas	Canal 14 y 15
9	Glorieta de la Calle 3 con Carrera 50	74	6	41.1	4	36	56.5	74.1114167	4.6156944	Calle 3 con Cr 50	Canal 14 y 15
10	Parque Villa Del Rosario	74	7	9.62	4	35	51.2	74.1193389	4.5975556	Transv 35Bis con Cll 33 Sur "Autopista Sur con 1 de Mayo"	Canal 14 y 15
11	Universidad Nacional de Colombia	74	5	19.1	4	38	24.6	74.0886389	4.6401667	Av Calle 26 con Calle 42	Canal 14 y 15
12	Portal 80	74	6	48.9	4	42	43.5	74.1135833	4.7120833	Calle 87 con Cr 103C	Canal 14 y 15
13	Cafam de la Floresta	74	4	20.3	4	41	6.9	74.0723056	4.6852500	Carrera 68 con calle 96	Canal 14 y 15
14	Aeropuerto	74	7	42.9	4	41	5.4	74.1285833	4.6848333	Avenida el Dorado con Cr 98	Canal 14 y 15
15	Exito Fontibón	74	9	6.1	4	40	13.9	74.1516944	4.6705278	Diagonal 16 con Cr 103C	Canal 14 y 15
16	Centro Comercial Santafé	74	2	54.5	4	45	43.8	74.0484722	4.7621667	Autopista Norte con Cll 183	Canal 14 y 15
17	Éxito Colina Campestre	74	3	55.6	4	43	57.2	74.0654444	4.7325556	Cll 146 con Cr 58D	Canal 14 y 15
18	Parque Cedritos	74	1	59.3	4	43	27.2	74.0331389	4.7242222	Av 9 con Cll 146	Canal 14 y 15
19	Parque Nacional	74	3	56	4	37	23.4	74.0655556	4.6231667	Cr 7 con Cll 37	Canal 14 y 15
20	Parque El Virrey	74	3	17.6	4	40	22.5	74.0548889	4.6729167	Cr 15 Con Cll 87	Canal 14 y 15

En la Figura 2-29 se presenta la ubicación de los puntos de medición sobre un mapa digital.

Figura 2-29 Ubicación espacial de los sitios de medición en Bogotá D.C.



2.5.1.2 Elementos de medición

Para el desarrollo de las mediciones de intensidad de campo se utilizo el sistema SIMT compuesto principalmente por un Computador portátil con el software de monitoreo TESData[25] (Figura 2-30), Analizador de Espectros[26] (Figura 2-31), Cable de Baja perdida[27] (Figura 2-32), antena[28] (Figura 2-33) y Mástil telescópico (Figura 2-34).

[25] Software utilizado para el monitoreo del espectro radioeléctrico, de propiedad de la empresa TES America Andina Ltda.
[26] HP 8593E y R&S FSP40
[27] Cable LMR400 de 15m de longitud
[28] Antena A.H. Systems SAS-200/521.

Figura 2-30 Software de Monitoreo TESData

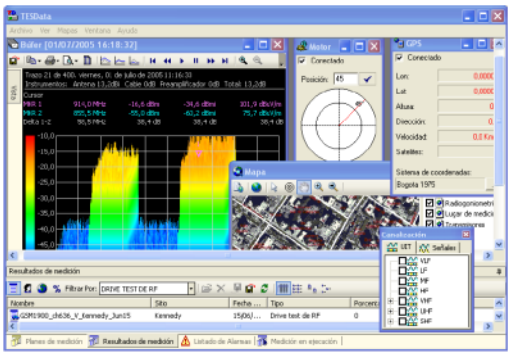


Figura 2-31 Analizador de espectro HP 8593E y R&S FSP-40

Figura 2-32 Cable LRM400 de Baja Pérdida

Figura 2-33 Antena SAS-200 Bi-Log

Figura 2-34 Mástil Telescópico (Expandible hasta 12 metros)

2.5.1.3 Protocolo de medición

Las mediciones se realizaron teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

- Ubicación del punto de medición por medio del GPS.
- Desembale de los equipos de medición.
- Conexión de elementos y equipos de medición.
- Verificación del correcto funcionamiento de los equipos y elementos.
- Ubicación de la antena de medición a 3m sobre el nivel del terreno y en dirección al trasmisor.
- Registro del espectro radioeléctrico por un tiempo de 5 minutos en el rango de frecuencias de interés (Canal 14,15 y 35).
- Ubicación de la antena de medición a 10m sobre el nivel del terreno y en dirección al trasmisor.
- Registro del espectro radioeléctrico por un tiempo de 5 minutos. en el rango de frecuencias de interés (Canal 14,15 y 35).
- Inspección rápida de las mediciones realizadas.
- Desconexión de elementos y equipos de medición
- Embalaje de los equipos
- Traslado al siguiente punto de medición.

2.5.2 Drive Test

Se realizó una medición de Drive Test del transmisor del Consorcio de Canales Nacionales Privados (CCNP), este transmisor actualmente tiene dos canales digitales al aire (Canal 14 y Canal 15). Esta medición se realizaron con el fin de comparar los valores medidos con el resultado de las simulaciones,

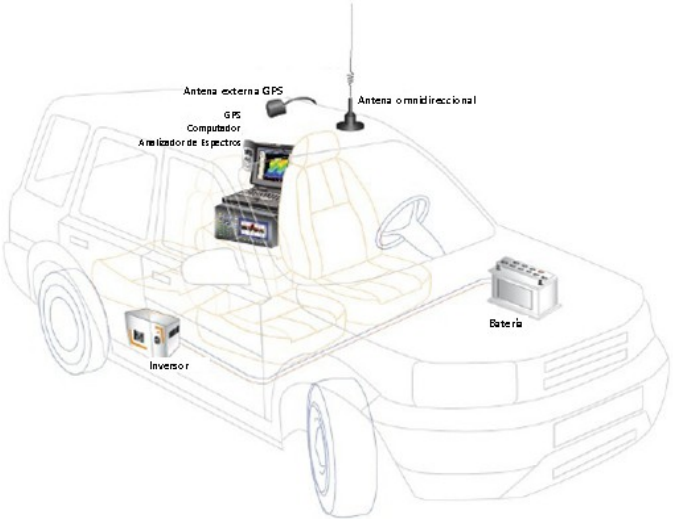
y de esta forma seleccionar el modelo de propagación que más se ajusta al entorno metropolitano de la ciudad de Bogotá.

Las mediciones de Drive Test se realizaron los días 21 y 22 de Mayo de 2011 en la Ciudad de Bogotá D.C., el canal monitoreado fue el canal 15 cuyo rango de frecuencia es de 476MHz a 482MHz, se utilizó una configuración del analizador de espectros en Spam 6MHz, RBW 30KHz, la antena utilizada fue una antena Omnidireccional de 0dBd de Ganancia y un cable de Baja perdida LRM200 de 3 metros de longitud el cual tiene una pérdida de 0.69dB en la frecuencia de interés (479MHz).

2.5.2.1 Elementos de medición

El estudio de drive test se realizó utilizando el sistema automatizado de monitoreo del espectro radioeléctrico SIMT, conformado por un analizador de espectro, una antena omnidireccional, un GPS[29], un computador portátil, un inversor de corriente DC/AC y el software de adquisición de datos TESData (Figura 2-35).

Figura 2-35 Equipo de Medición dispuesto para estudio de Drive Test.



[29] GPS Externo Garmin

2.5.2.2 Protocolo de medición

Las mediciones se realizaron teniendo en cuenta el siguiente procedimiento:

- Montaje de los equipos en el vehículo.
- Verificación de funcionamiento del sistema de medición.
- Inicio del plan de medición.[30]
- Desplazamiento del vehículo por la ruta de interés.
- Inspección rápida de los resultados.
- Desmontaje de equipos.

[30] En este se configuró la frecuencia central del canal 15.