
Red Telefónica Inalámbrica Fija – Caso de estudio Red CDMA 450 en sectores rurales de los cantones Latacunga y Salcedo

Cajas Mildred, Jaramillo Daniel, Erazo Mayra, Rivas David.
{mlcajas,dejaramillo2,mjeraso,drivas}@espe.edu.ec
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE
Sangolquí - Ecuador

RESUMEN: Con el avance de los servicios de telefonía en Ecuador la necesidad de tecnologías como la CDMA 450 para poder brindar telefonía con número y tarifa de cualquier línea fija a zonas rurales. En el presente documento se da a conocer el estado de la comunicación CDMA450 implementada la Provincia de Cotopaxi, específicamente en los cantones Latacunga y Salcedo. Primeramente, mediante el uso de programas de simulación de radio enlace: Radio Mobile y Sirenet utilizando los modelos de propagación ITM (Irregular Terrain Model), Okumura Hata y Deygouth se analizó la cobertura teórica. Posteriormente mediante mediciones in situ con el analizador de espectros portátil Agilent FieldFox N9917A y una antena Huawei omnidireccional propia de los teléfonos en cuestión en las frecuencias designadas para la comunicación CDMA 450. Con estos estudios se plantea: identificar el estado teórico y real de la red en la provincia, los problemas que afectan la calidad de servicio en las comunidades donde poseen este tipo de telefonía y soluciones para poblaciones que tienen problemas en el servicio.

PALABRAS CLAVE: CDMA450 en Cotopaxi, Radio Mobile, Sirenet, Okumura Hata, Deygout, ITM.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de la sociedad de estar intercomunicados se ha ido incrementando geoméricamente en los últimos años siendo primeramente el área urbana la prioridad de empresas privadas o públicas [1]

La comunicación CDMA 450 es utilizada en el país como una solución para lograr comunicar a zonas rurales con CDMA450 es una solución 3G que combina los servicios de comunicación inalámbrica CDMA2000 con cobertura de red asequible con base en la banda de frecuencia 450 MHz [2], la misma que fue implementada en varias etapas en la provincia de Cotopaxi, donde muchos usuarios han venido presentando quejas debido a múltiples problemas. Este estudio realiza un análisis de la cobertura que se está brindando a las comunidades ubicadas en Latacunga y Salcedo

COMUNICACIÓN CDMA 450

CDMA es una tecnología de comunicaciones basada en la técnica de espectro expandido (Spread Spectrum) utilizada inicialmente con fines militares, principalmente usado y desarrollado en la II Guerra Mundial siendo entre sus principales ventajas la seguridad que provee a la información, fortaleza de la señal frente al ruido y la

amplia cobertura que puede ofrecer usando menos recursos que otros estándares de comunicación. [1] La tecnología CDMA opera con la relación entre su capacidad y la cobertura por medio del control de su mecanismo de potencia y la dinámica del tamaño de sus celdas, es decir que cuando más usuarios se conectan a la estación base, se reduce el rango de efectividad de la celda. Viéndose así limitado en capacidad por la interferencia en el medio, sea ésta por factores externos o por la cantidad de usuarios en el canal, que puede degenerar las señales más débiles de los usuarios. La cantidad de usuarios por canal está definida por la ecuación [3]:

$$Tu \approx \left(\frac{W}{\frac{R}{Eb}} \right) \quad (1)$$

Donde Tu representa el número de usuarios totales, W el ancho de banda, R la tasa de bits, Eb/No la relación señal al ruido. Esta relación está establecida para el caso de una sola celda, en caso de varias celdas se debe considerar la interferencia generada por otros usuarios por lo que la relación señal al ruido se ve afectada de la siguiente manera.

$$\frac{Eb}{No} = \left(\frac{1}{Tu-1} \right) * \left(\frac{W}{R} \right) * \left(\frac{1}{\eta+1} \right) * \lambda * \frac{1}{v} \quad (2)$$

Donde η representa el factor de carga de la celda, λ representa la ganancia de sectorización y representa el factor de actividad de la voz.

Después de la implementación del servicio de telefonía fija inalámbrica CDMA 450 en la provincia de Cotopaxi en los cantones de Latacunga y Salcedo con las BTS's ubicadas en el Guango que cubre el cantón Latacunga y Pilisurco que cubre al cantón Salcedo, se han ido presentando diversos problemas conforme este sistema ha ido evolucionando; es así que sectores donde inicialmente contaban con el servicio en excelentes condiciones, luego de las diferentes etapas de implementación se han visto afectados al punto de quedarse con un servicio intermitente, o en el peor de los casos sin servicio. Las quejas que los usuarios han presentado en las instalaciones de CNT E.P. han sido desde el no poder realizar ni recibir llamadas, la imposibilidad de mantener una llamada por varios minutos sin que ésta se corte.

Es por ello necesario evaluar la actual condición de la red para determinar cuáles son las posibles causas de los diferentes problemas que experimenta este servicio en

cada uno de los puntos donde se ha provisto del servicio CDMA 450.

METODOLOGÍA

Primeramente, se realizó una simulación de cobertura en el software SIRENET, cuya licencia fue adquirida por la ESPE Sangolqui usando el modelo de propagación de Deygout; además del software de licencia gratuita Radio Mobile que utiliza el método ITM (Modelo del Terreno Irregular) o conocido también como Longley Rice, el cual es un modelo semiempírico creado a mediados de los años sesenta y publicado por National Bureau of Standards (NBS) como el tratado "Technical Note 101", escrito por L. Rice A. Longley, A. Norton y A. Barsis Es también conocido como el modelo ITM, y fue uno de los primeros métodos computacionales desarrollados para la predicción de las pérdidas de propagación. Toma en cuenta condiciones como la conductividad del terreno, la permitividad, la refractividad atmosférica, y la variabilidad de la situación. Es flexible en su uso y puede ser usado como modelo de predicción de área o como un modelo punto-punto. [4]

La simulación en Radio Mobile presentó los resultados mostrados en la figura 1.

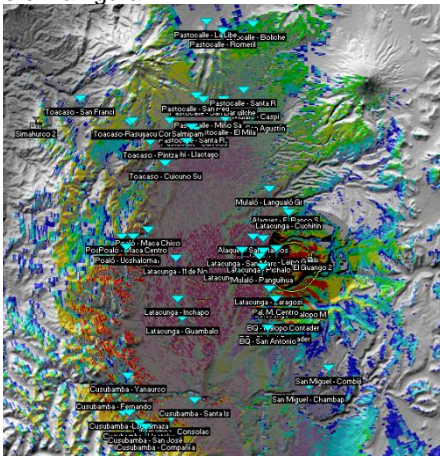


Figura 1. Simulación en radio móvil de la antena sectorial ubicada en la estación repetidora El Guango que brinda cobertura a Latacunga y Salcedo.

SIRENET (Simulation of Radio Electric Networks) es una potente herramienta informática que facilita la planificación y gestión de redes de radio, así como el análisis de compatibilidad electromagnética. [5] En este software se utilizó el modelo de propagación de Deygout el cual se basa en el modelo propuesto por el investigador del mismo nombre, donde se supone que los obstáculos son del tipo "filo de cuchillo". Se utiliza un algoritmo recursivo generalizado, que permite abordar el cálculo de las pérdidas por difracción para cualquier número de obstáculos.

Para la mejor comprensión de este método se analizó la recomendación UIT-R P.526 "Propagación por difracción" donde los métodos se aplican a diferentes tipos de obstáculos y a diversas geometrías de trayecto, siendo la más real a la geografía cotopaxense la de obstáculos en arista en filo de cuchillo. Tal caso es extremadamente

idealizado donde todos los parámetros geométricos se agrupan en un solo parámetro adimensional y que puede tomar distintas formas equivalentes según los parámetros geométricos elegidos. Por ejemplo:

$$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \quad (3)$$

Donde h es la altura de la cima del obstáculo sobre la recta que une los dos extremos del trayecto. Si la cima queda por debajo de esa línea h es negativa. El parámetro v tiene el mismo signo que h . Y d_1 y d_2 son las distancias desde los extremos del trayecto a la cima del obstáculo tal como se muestra en la figura 2.

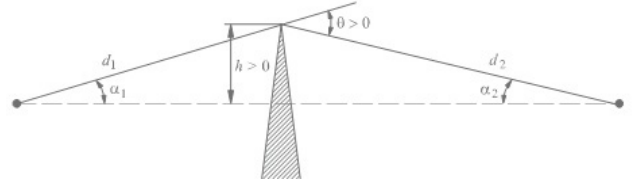


Figura 2. Ilustración de un obstáculo idealizado con arista en filo de cuchillo.

El método de difracción de Deygout es limitado a un máximo de tres aristas, es decir es un método de aristas de en filo de cuchillo en cascada. [6] La arista principal p en el trayecto define a su vez dos subtrayectos, con aristas dominantes t y r . El exceso de pérdida por difracción en el trayecto viene dado por:

$$L = J(V_p) + T[J(V_t) + J(V_r) + C] \text{ para } V_p > -0,78 \quad (4)$$

Donde $J(V_p)$ es la pérdida por difracción de arista en filo de cuchillo en el obstáculo dominante p . $J(V_t)$, $J(V_r)$ son las pérdidas por difracción en aristas en filo de cuchillo en los obstáculos t y r en los dos subtrayectos. C es la corrección empírica donde:

$$C = 10.0 + 0.04 D \quad (5)$$

En el cual D es la longitud total del trayecto (km) y:

$$T = 1.0 - \exp\left[-\frac{J(V_p)}{6.0}\right] \quad (6)$$

Los resultados de la simulación realizada por el método de Deygout se pueden visualizar en la figura 3.

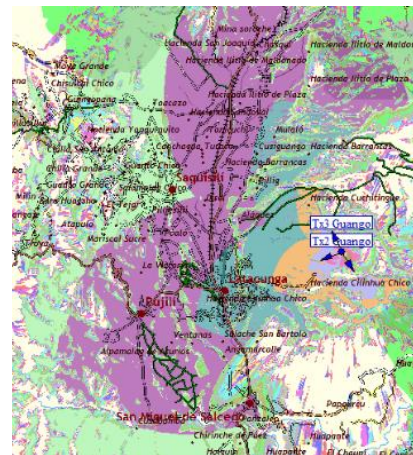


Figura 3. Simulación en Sirenet de la antena sectorial que brinda cobertura a Latacunga y Salcedo desde la repetidora el Guango.

Adicionalmente se optó por realizar la simulación de cobertura de esta comunicación utilizando el modelo Okumura Hata usando SIRENET, este modelo se basa en el manejo de curvas de propagación que permiten incluir en los cálculos tanto las ondulaciones del terreno como los obstáculos presentes. Las ecuaciones obtenidas describen la pérdida básica para entornos urbanos, suburbanos y rurales, aplicables a terrenos poco ondulados. [7]

La estación móvil con la cual se realizó la medición de campo radioeléctrico en las frecuencias que opera la comunicación CDMA 450 constó de el equipo Agilent Fieldfox y un terminal telefónico de CDMA que facilitó CNT para la investigación donde el procedimiento con cada uno se detalla en la figura 4. Las mediciones se realizaron en un listado de comunidades entregado por CNT, y se tomó como lugar de referencia el centro de cada comunidad, ya sea la iglesia o escuela de cada uno.



Figura 4. Diagrama de bloques de los elementos de la estación móvil y procedimiento de medición.

RESULTADOS

Los resultados encontrados en las simulaciones y posteriormente en las mediciones realizadas en campo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.
Resultados de medición en campo y simulaciones

N°		dBm					BTS Enlazada
		Medida en el teléfono	Medida en el equipo Fieldfox	ITM Radio Mobile (Windows)	Deygouth Sirenet (Windows)	Okumura Hata Sirenet (Windows)	
1	CHITAN	-83,3	-82	-48,8	-67,5	-72,5	EL GUANGO
2	EL BANCO SAN ISIDRO	-76	-70	-43,2	-62,5	-67,5	EL GUANGO
3	SAN MARCOS	-79,22	-78	-84,4	-67,5	-72,5	EL GUANGO
4	PALOPO CONTADERO	-99,6	-94	-94,5	-77,5	-72,5	EL GUANGO
5	11 DE NOVIEMBRE ILINCH	-88	-90	-59	-72,5	-82,5	EL GUANGO
6	CUCHITINGE	-83,5	-83	-45,9	-77,5	-67,5	EL GUANGO
7	CUNDUALO	-85,5	-79	-49,9	-67,5	-67,5	EL GUANGO
8	GUAMBALO	-88	-89	-87,5	-72,5	-77,5	EL GUANGO
9	LAIPO GRANDE	-84	-85	-43,3	-62,5	-67,5	EL GUANGO
10	PALOPO MIRADOR	-88	-79	-89,8	-72,5	-67,5	EL GUANGO
11	SAN JOSE	-89	-88	-44,9	-67,5	-72,5	EL GUANGO
12	SAN MARCOS CHICO	-82,5	-80	-45,1	-67,5	-72,5	EL GUANGO
13	ZARAGOSIN	-94	-78	-69,9	-77,5	-67,5	EL GUANGO
14	LA LIBERTAD	-105	-102	-89,9	-82,5	-77,5	EL GUANGO
15	PANGUIHUA	-86,75	-89	-46,2	-62,5	-67,5	EL GUANGO
16	LANGUALO GRANDE	-99	-95	-43,9	-67,5	-72,5	EL GUANGO
17	CHUQUIRALOMA	-90,25	-90	-57,6	-77,5	-87,5	EL GUANGO
18	MACA ATAPULO	-88,4	-94	-85,6	-77,5	-82,5	EL GUANGO
19	MACA CHICO	-102,6	-99	-101,9	-102,5	-82,5	EL GUANGO
20	UCSHALOMA	-88	-86	-56,6	-72,5	-82,5	EL GUANGO
21	BOLICHE	-99	-93	-58,4	-87,5	-87,5	EL GUANGO
22	CUILCHE BOLICHE	-92,5	-92	-50,5	-72,5	-82,5	EL GUANGO

23	EL MILAGRO	-86	-86	-52,2	-72,5	-82,5	EL GUANGO
24	MIÑO SAN ANTONIO	-87,3	-84	-50,9	-72,5	-82,5	EL GUANGO
25	ROMERILLOS	-91,6	-92	-90,9	-112,5	-87,5	EL GUANGO
26	SAN BARTOLOME	-93,6	-85	-71,8	-72,5	-82,5	EL GUANGO
27	SAN JOSE DE YANAYACU	-93,25	-90	-56,8	-72,5	-82,5	EL GUANGO
28	SAN PEDRO DE TENERIA	-85,25	-88	-53,7	-72,5	-82,5	EL GUANGO
29	SANTA RITA	-87,16	-91	-54,6	-72,5	-82,5	EL GUANGO
30	SANTA ROSA DE TANDACATO	-83,5	-80	-49,7	-72,5	-82,5	EL GUANGO
31	LLACTAYO	-85,9	-88	-51,5	-72,5	-82,5	EL GUANGO
32	SAMILPAMBA	-88,4	-87	-58,3	-87,5	-82,5	EL GUANGO
33	PINTZA	-94,8	-100	-59,6	-77,5	-87,5	EL GUANGO
34	ATOCHA	-82	-81	-72,5	-77,5	-87,5	EL GUANGO
35	COMPAÑIA ALTA	-81	-84	-70	-77,5	-87,5	EL GUANGO
36	CONSOLACION	-93,5	-88	-70,3	-77,5	-87,5	EL GUANGO
37	FERNANDO VALDIVIEZO	-93	-98	-75,7	-77,5	-87,5	EL GUANGO
38	LAGUAMAZA	-88,5	-89	-73,5	-77,5	-87,5	EL GUANGO
39	LLACTAHURCO	-89	-87	-71,4	-77,5	-87,5	EL GUANGO
40	SAN JOSE DE RUBIO	-87	-93	-70,8	-77,5	-87,5	EL GUANGO
41	SANTA ISABEL	-90	-82	-73,1	-77,5	-82,5	EL GUANGO
42	MACA CENTRO	-97,1	-99	-114	-102,5	-62,5	NULO
43	LA LIBERTAD	-100	-101	-120	-112,5	-87,5	NULO
44	RASUYACU CHIGUANTO	-105	-103	-59,5	-92,5	-87,5	NULO
45	RASUYACU CORAZON	-105	-100	-113,4	-102,5	-92,5	NULO
46	CUICUNO SUR	-104,6	-100	-61,5	-77,5	-82,5	NULO
47	CHAUPI CONTADERO	-93,5	-90	-61,7	-77,5	-67,5	PILISURCO
48	SAN ANTONIO	-87	-87	-63,7	-77,5	-77,5	PILISURCO
49	INCHAPO	-94,3	-93	-62,1	-82,5	-82,5	PILISURCO
50	YANAURCO DE JIGUA	-103	-99	-82,9	-77,5	-77,5	PILISURCO
51	CHAMBAPONGO BAJO	-92	-88	-56,2	-107,5	-82,5	PILISURCO
52	CUMBIJIN	-101	-94	-63,8	-77,5	-82,5	PILISURCO
53	PICALO BAJO	-87,4	-86	-55,5	-72,5	-62,5	SIMAHURCO
54	CASPI	-90,75	-90	-57,8	-62,5	-62,5	SIMAHURCO
55	SAN AGUSTIN DE CALLO	-93	-95	-60,1	-67,5	-62,5	SIMAHURCO
56	SAN FRANCISCO DE TOACAZO	-104,75	-101	-54	-112,5	-92,5	SIMAHURCO

En las simulaciones muestran que no solamente hay lugares donde se ha entregado teléfonos CDMA en áreas sin un nivel óptimo de recepción (-95dBm) sino que una gran área afectada por el solapamiento entre BTS's.

Como en el caso de la comunidad de Inchapo del cantón Latacunga donde se pudo medir en el sitio el siguiente análisis del espectro electromagnético donde se pudo evidenciar el problema de interrupción de llamadas, ya que el teléfono se enlazaba alternadamente entre la BTS de El Guango y Pilisurco,

por lo que no se podía mantener llamadas de más allá de 5 minutos. Cuyo análisis del espectro electromagnético se muestra en la figura 5.

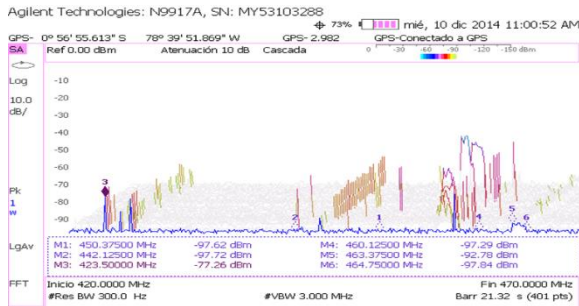


Figura 5. Análisis de interferencia en cascada de la comunicación CDMA 450 en Inchapo - Latacunga

Otros casos críticos donde la cobertura era demasiado baja o nula, o no se enlazaban a la BTS que se estipulaba fueron las localidades de Chaupi Contadero y San Antonio (figura 6), Inchapo, Caspi, Langualó Grande, Maca Centro, La Libertad de Pastocalle, Rasuyacu Chiguanto, Rasuyacu Corazón, Cuicuno Sur, San Francisco de Toacaso del cantón Latacunga, y Atocha, Compañía Alta, Consolación, Fernando Valdiviezo, Lagumaza, Lactahurco, San Jose de Rubio, Santa Isabel y Chambapongo Bajo del cantón Salcedo.

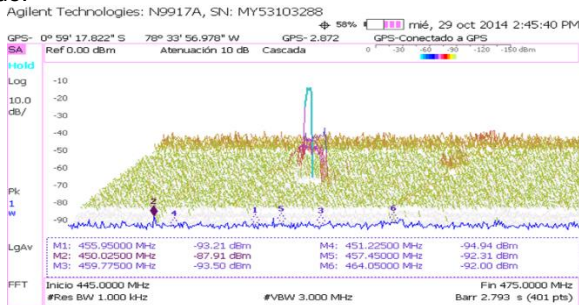


Figura 6. Análisis de interferencia en cascada de la comunicación CDMA 450 en San Antonio - Latacunga

5. CONCLUSIONES:

Al final del estudio se realizaron mediciones en 56 comunidades de ambos cantones donde los principales problemas encontrados fueron:

- Bajo nivel de potencia recibida por el terminal telefónico lo cual impedía recibir o realizar llamadas.
- Solapamiento entre BTS's lo que provocaba que el teléfono durante las llamadas se enlace a otra BTS y esto interrumpa la llamada en progreso.
- La potencia de recepción del teléfono fue aceptable en algunos sitios, pero la potencia de transmisión del teléfono a la BTS era insuficiente para lograr realizar una llamada.
- Ruido en la señal provocada especialmente en lugares donde la señal no se mantenía en niveles mayores a -95dBm
- Si bien existen localidades con problemas en la comunicación, los casos en los que no tienen ningún tipo de comunicación son muy pocos 11 sitios siendo estos el 19,64% del total; de los cuales la cobertura de solamente 4 localidades no se podría mejorar con el uso de antenas externas tipo Yagi propias de la marca y utilizadas en sitios donde no el servicio no es de calidad.
- Los valores de simulación presentaron los mayores valores de error mientras más alejados de la BTS se encuentran,

- La instalación de antenas externas es necesario para BTS que presentan valores entre 100 y 95 dBm con el fin de evitar que los usuarios tengan una mala calidad de servicio

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. J. Renfors M., «Path Loss Measurement for a Non-Line-of-Sight Mobile-to-Mobile Environment,» de *ITS Telecommunications, 8th International Conf.*, 2008.
- [2] P. R. Jordi, Tesis Doctoral de la Universitate Politècnica de Catalunya: COntribución al Estudio de Técnicas de Acceso Aleatorio y al Análisis de la Calidad de Servicio en Sistemas de Transmisión por Paquetes para comunicaciones móviles basadas en CDMA, Cataluña, 2001.
- [3] V. Ipatov, *Spread Spectrum and CDMA: Principles and Applications*, Petersburgo: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [4] P. A. L. K. N. a. A. B. Rice, *Transmission loss predictions for tropospheric communication circuits*, Colorado: NBS, 1965.
- [5] APTICA, «Productos de APTICA - SIRENET,» 12 01 2015. [En línea]. Available: <http://www.aptica.es/productos?op=sirenet>.
- [6] ITU, «Propagation by diffraction,» de *ITU-R Recommendation P526-10*, Ginebra, Switzerland, 2007.
- [7] N. C. Pérez, *Simulador de Propagación en Ambientes Móviles*, Sartenejas: Universidad Slmón Bolívar, 2006.
- [8] I. R. B. L. M. S. M. S. Ing. Reinier Alonso Quintana, «Estudio comparativo de los modelos de propagación de canal inalámbrico,» EAC vol.34 no.1, La Habana, Enero 2013.



Mildred Lisseth Cajas Buenaño. - Nació en Latacunga- Ecuador en 1990. Ingeniera Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, 2015.



Daniel Eduardo Jaramillo Salazar. - Nació en Quito - Ecuador en 1989. Ingeniero Electrónico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, 2015.



Mayra Johanna Erazo Rodas. - Nació en Latacunga - Ecuador en 1982. Ingeniera en Electrónica e Instrumentación de la Escuela Politécnica del Ejército, 2008. Master en redes de telecomunicaciones para países en desarrollo, 2012.



David Raimundo Rivas Lalaleo. - Nació en Ambato –Ecuador en 1979, Ingeniero en Electrónica e Instrumentación de la Escuela Politécnica del Ejército, 2006. Master en redes de telecomunicaciones para países en desarrollo, 2012.