

# Estudio de Factibilidad para Despliegue de radio bases con Tecnología Móvil WCDMA

Edison Segundo Ambi Sandoya  
Facultad en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
edison.ambsan@gmail.com

## Resumen

*El presente estudio realiza un análisis de factibilidad para implementar las radio bases que brindan el servicio de 3G. También se examina las características de la zona tales como accesos, perfil del terreno en el área establecida, tipo de Clutter, posibles obstáculos en el área desde el punto de vista de RF, el objetivo de cobertura.*

*Además de un estudio de las normas ambientales y de la normativa relacionada a permisos municipales para la construcción de obra civil de telecomunicaciones y así lograr dar a los operadores móviles los lineamientos técnicos para la implementación de las radio bases usando WCDMA, tecnología en la cual se basan varios estándares de telefonía móvil de tercera generación.*

*WCDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha) se basa en que los usuarios pueden transmitir varios tipos de servicio en el acceso radio con el mismo ancho de banda al no haber una separación en frecuencia. Esto proporciona una mayor eficiencia espectral.*

*El objetivo que se conseguiría al trabajar bajo los resultados de este informe es el de mejorar la cobertura indoor de la zona urbana y suburbana de El Empalme, una buena calidad en los alrededores y una disminución de los niveles de interferencia ya que se contaría con un servidor definido.*

**Palabras Claves:** 3G, WCDMA, UMTS, frecuencia, cobertura, El Empalme.

## Abstract

*This study analyzes the feasibility to implement the base stations that provide 3G service. The characteristics of the area such as access, terrain profile in the established area, type of Clutter, possible obstacles in the area from the standpoint RF coverage targets are also discussed.*

*And a study of environmental standards and regulations related to municipal permits for the construction of civil works for telecommunications and achieve give mobile operators the technical guidelines for the implementation of WCDMA base stations using technology in which several standards based third generation mobile telephony.*

*WCDMA (Code division multiple access broadband) is based on users can to transmit various radio access service with the same bandwidth to be no frequency separation. This provides greater spectral efficiency.*

*The objective would be achieved by working on the results of this report is to improve indoor coverage of urban and suburban El Empalme, good quality around and decreased interference levels as it would have a defined server.*

**Keywords:** 3G, WCDMA, UMTS, frequency, coverage, El Empalme

## 1. Introducción

Con el constante avance de la tecnología y las nuevas necesidades de los usuarios para comunicarse, se desarrolló la transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil. Esto quiere decir que proporcionan la posibilidad de "transferir tanto datos-voz (una llamada de voz o una videollamada) y de datos no-voz (mensajería, mails o descarga de programas) al mismo

tiempo [1]. La UMTS (Sistema universal de telecomunicaciones móviles), es un estándar y está basado en tecnología WCDMA.

En nuestro país, el primero en implementar tecnología 3G fue el operador de telefonía móvil PORTA actualmente CLARO en el año 2009 y opera en los rangos de frecuencia 850/1900 Mhz. Debido a la inversión que han realizado los diferentes operadores móviles existentes en el país, uno de los principales problemas en la telecomunicación sigue siendo la baja

cobertura en algunas zonas geográficas, interiores de edificios o áreas rurales. Además, en ciertos casos, por ejemplo en los núcleos turísticos, ocurre la saturación de las comunicaciones ocasionado por la multitud de personas que se encuentran conectadas a la vez a la misma radio base, todo esto dificulta la conectividad a las redes móviles y el acceso a Internet.

Esto se soluciona mediante la instalación de una radio base y para elegir la mejor ubicación se realiza un análisis de factibilidad de espacio físico además de un estudio de las normas ambientales y de permisos municipales para la construcción de obra civil de telecomunicaciones, complementado por el análisis de radio frecuencia, cobertura y configuraciones sugeridas para que el sistema pueda operar con los estándares definidos por los entes reguladores de las telecomunicaciones.

## 2. Generalidades

Este documento presenta los lineamientos generales y los parámetros sobre los que se basa el diseño nominal de una estación que se trata de instalar en el cantón El Empalme. Acorde al área de la ciudad y los sitios de distribución, El Empalme puede ser definido como un área urbana y suburbana. Para predecir la planificación nominal consideraremos dos sitios para la implementación de UMTS.

## 3. Definiciones y requisitos

**UMTS:** "Es un estándar usado por los celulares de tercera generación, sucesora de la telefonía móvil 2G(GSM) [1]. Debido a que dicha tecnología no pudo crecer lo suficiente para proporcionar los servicios o prestaciones consideradas de tercera generación.

Tras la llegada de UMTS el teléfono móvil ha revolucionado de manera radical, pasando de ser un terminal de comunicación a ser un dispositivo multimedia, con variadas aplicaciones para la comunicación y el ocio. Sus más importantes características son:

- Capacidades multimedia.
- Alta velocidad de acceso a Internet, que le permite transmitir voz y video en tiempo real.
- Transmisión de voz con un nivel de calidad similar a la de redes de telefonía fija, además de una muy extensa variedad de servicios.

Un ejemplo de una conexión a la red UMTS desde un terminal, es el que se observa en la figura 1. y se detalla a continuación:

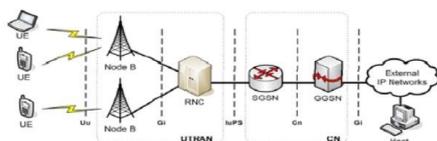


Figura 1. "Conexión a Red UMTS [6]"

Partimos de un dispositivo 3G, ya sea un teléfono celular o un modem USB compatible con esta red, los datos llegan al NodoB que se encarga de recoger las señales emitidas por los terminales, luego se trasladan al RNC para ser procesadas, después "estos componentes denominados UTRAN pasan al núcleo de la red que está dividido en conmutadores. Estos datos son repartidos por distintos sistemas y según el que escojan seguirán un camino [4], pasando por el MSC (Mobile Services Switching Center), o por el SGSN (Serving GPRS Support Node) y por ultimo por el GGSN (Gateway GPRS Support Node).

**WCDMA:** Varios estándares de telefonía móvil 3G están basados en esta tecnología, entre ellos el estándar UMTS, dicha tecnología "permite que todos los usuarios o clientes transmitan al mismo tiempo, con el mismo ancho de banda al no haber separación en frecuencia [2]. Y también con un nivel de prioridad ya que a los usuarios se les asigna un único código para poder identificarlos.

**Presupuesto de enlace:** Es el resultado de todas las ganancias y pérdidas del transmisor, a través de un medio(espacio vacío, cable, guía de onda, fibra, etc.) hasta el receptor en un sistema de telecomunicación. Parámetros como la ganancia de la antena, ganancias por diversidad, pérdidas por cables, márgenes de desvanecimiento y otros son tomados en cuenta. Figura 2.

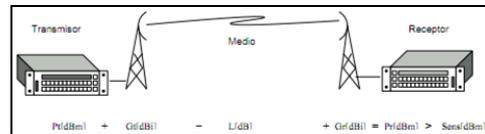


Figura 2. "Presupuesto de enlace [7]"

## 4. Servicios

- La red deberá ofrecer servicios de voz en las correspondientes áreas para teléfonos móviles UMTS 1900 MHZ.
- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Ayuda a navegar a alta velocidad, entregar información como noticias, tráfico y finanzas por técnicas de empuje y acceder de forma remota inalámbrica a Internet e intranets.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, que incluyen transacciones bancarias y compras móviles.

### 4.1 Probabilidad de servicio

La tabla 1, muestra los valores del diseño para la probabilidad de servicio por Clutter así como la desviación estándar tomada como base del reporte

"WCDMA RNP [11], que deberá considerarse en el cálculo del "presupuesto de enlace [8].

**Tabla 1.** Probabilidad de servicio por Clutter "WCDMA RNP [11]

Tipo de clutter	Voz	
	Probabilidad de servicio en área [%]	Desviación estándar [dB]
Urbano denso	95	9
Urbano	95	9
Suburbano	90	8
Rural	85	7
Carreteras	85	7

Los valores indicados de desviación estándar están basados en experiencias anteriores de diseños realizados "WCDMA RNP [11], y se especifican como los valores requeridos para garantizar los valores de KPI's incluidos en el VAM (Verification and Acceptance Document).

## 5. Parámetros del presupuesto de enlace

Los parámetros que vamos a ver a continuación se requieren para el cálculo de enlace, tanto para UL y DL "la cobertura de enlace de subida UL es siempre más crítica que la del enlace de bajada DL por la potencia de transmisión del equipo de usuario, lógicamente menor que la del NodeB [3]. Todos estos valores fueron proporcionados por "Rotrucorp [8], basándose en experiencias anteriores sobre terrenos similares.

En las siguientes tablas 2 y 3, se resumen las suposiciones para los parámetros aplicables al cálculo del presupuesto de enlace.

**Tabla 2.** Potencia de Estación Móvil / Base

	Potencia de salida Estación Móvil	Potencia de salida Estación Base
Voz	33 dBm (2W)	47 dBm (50 W)

**Tabla 3.** Sensibilidad de Estación Móvil / Base

	Sensibilidad de Estación Móvil	Sensibilidad de Estación Base
Voz	- 102,0 dBm	- 111,0 dBm

La sensibilidad en el presupuesto de enlace considera un modelo de propagación ASSET Stándar MacroCell, utilizándose un margen de degradación por clusters. Se toma como base teléfonos móviles de clase 4.

Para diversidad RX, se asume una ganancia de 3 dB siendo este un valor promedio, en las tablas 4 y 5 se especifican las suposiciones realizadas para el presupuesto de enlace en cuanto a pérdidas por penetración en interiores y por el cuerpo humano.

**Tabla 4.** Pérdidas por Penetración y por el Cuerpo Humano

	Urbano [dB]	SubUrbano [dB]	Rural [dB]	Vehículo [dB]
Pérdida por Penetración (voz)	13	8	8	8
Pérdida por Obstaculización (cuerpo) (voz)	3	3	3	3

**Tabla 5.** Otros parámetros del presupuesto de enlace

	Urbano denso	Urbano	Suburbano	Rural
Pérdida de combinador (4:2 / 2:2)	5,7 dB	5,7 dB	5,7 dB	5,7 dB
Pérdida en cable	3,0 dB	3,0 dB	3,0 dB	3,0 dB
TMA instalado	No	No	No	No
Booster instalado	No	No	No	No
Altura antena de estaciones móviles	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m

**Tabla 6.** Visión general de cobertura

	Urbano (indoor)	Suburbano (indoor)	Rural (indoor)
Sensibilidad RX	-102 dBm	-102 dBm	-102 dBm
Pérdida en interiores / en vehículos	16 dB	12 dB	6 dB
Pérdida por obstaculización (cuerpo)	3 dB	3 dB	3 dB
Margen de degradación de sensibilidad en RX (inherente al transmisor)	0	0	2
Margen de degradación debida a interferencias (C/I)	3 dB	3 dB	3 dB

Margen de desvanecimiento a largo plazo	10,2 dB	5,6 dB	2,5 dB
Desequilibrio de vía (DL – UL)	-2,7 dB	-2,7 dB	-2,7 dB
Nivel de Cobertura	-72,5 dB	-81,1 dB	-88,2 dB

**Tabla 7. Cobertura por tipo de Clutter**

X $\geq$ - 65 dBm	Urbano Denso (indoor)
- 65 dBm > x $\geq$ - 69 dBm	Urbano (indoor)
- 69 dBm > x $\geq$ - 78 dBm	Suburbano (indoor)
- 78 dBm > x $\geq$ - 86 dBm	Carretera(incar) & Rural (indoor)
- 86 dBm > x $\geq$ - 92 dBm	Rural (outdoor)

De acuerdo con las tablas anteriores 6 y 7, los niveles de cobertura por clutter se deben cumplir en la planeación de cobertura de la red, estos datos de diseño son los que se van a utilizar en la herramienta de predicción Genex.

## 6. Ubicación de Punto Nominal

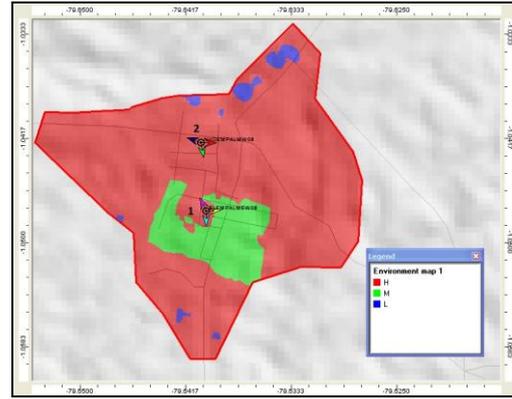
La ubicación del punto nominal se determinará teniendo en cuenta una serie de factores, identificando en primera medida los puntos sensibles del área donde se quiere mejorar la cobertura y además limitaciones físicas tales como perfil del terreno en el área establecida, tipo de Clutter, posibles obstáculos en el área desde el punto de vista de RF pero principalmente el objetivo de cobertura. En este caso será necesario ubicar dos para cumplir con el objetivo de cobertura, a continuación en la figura 3, se muestran las coordenadas de los puntos nominales y en la tabla 8, se muestra la distribución del lugar.

### 1ª Ubicación

**Longitud:** - 79,64°  
**Latitud:** -1,04747°

### 2ª Ubicación

**Longitud:** -79,640444°  
**Latitud:** -1,042°



**Figura 3. Ubicación de puntos Nominales**

**Tabla 8. Tipos de Clutter**

Num	Site	Propagation model
1	EL EMPALME	Suburban
2	NVOEMPALME	Urban

## 7. Configuración de la estación

### 7.1. Antena

En las tabla 9 y 10, se muestran los parámetros de las antenas RFS de polarización dual recomendadas por "Rotrucorp [8], basándose en estudios anteriores sobre terrenos similares:

**Tabla 9. "Antena RFS APXV86-906516 [9]**

Gain (dBi)	16.5
Pattern Electrical Tilt (°)	0°-10°
Beam width	66

**Tabla10. "AntenaRFS APXV86-909014 [10]**

Gain(dBi)	15
Pattern Electrical Tilt (°)	0°-10°
Beam width	88

**Tabla 11. Nombre de los NodosB**

NobeB name	# of sectors	NodeB Type
ELEMPALMEW08	3	NodoB_F
ELEMPALMEW08	3	NodoB_F
ELEMPALMEW08	3	NodoB_F
NVOEMPALMW08	3	NodoB_F
NVOEMPALMW08	3	NodoB_F
NVOEMPALMW08	3	NodoB_F

**Tabla 12.** Ubicación de los NodosB

Longitude	Latitude	Cell ID
-79,64°	-1,04747°	13507
-79,64°	-1,04747°	13508
-79,64°	-1,04747°	13509
-79,640444°	-1,042°	13517
-79,640444°	-1,042°	13518
-79,640444°	-1,042°	13519

**Tabla 13.** Azimuth de los NodosB

Cell Name	Azimuth (°)	Antenna Height (m)
ELEMPALMEX	85	28
ELEMPALMEY	180	30
ELEMPALMEZ	335	22
NVOEMPALMX	90	25
NVOEMPALMY	170	25
NVOEMPALMZ	290	25

## 7.2. Modelo de Propagación(ASSET Standard MacroCell)

Los valores de K del área Urbana y Suburbana presentados en la tabla 14, han sido calibrados por "Rotrucorp [8] usando datos 2G DT y son los que se van a usar en el cantón El Empalme.

**Tabla 14.** Modelo de Propagación

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
167,16	57,3	-2,93	0	-12,95	-6,26	0,16

**Tabla 15.** Parámetros de Celda

UMTS Cell Parameters	
Max Transmit Power (dBm)	43
Pilot Power (dBm)	33.8
Max UL Load Factor (%)	50
Max R99 DL Load Factor/HSDPA (%)	75/90
Other CCH Power (dBm)	33.52
Max Code Resource	15
Frequency Band (MHz)	850
GOS (%)	2

## 7.3. Modelo de Tráfico

En la tabla 16, se observan los servicios que se proveen para el dominio CS, el valor de tráfico viene dado en Erlangs. En el caso de los servicios para el dominio PS los valores se medirán en kbps. Y en la tabla 17 se observa la densidad de suscriptores.

**Tabla 16.** Tipos de Servicio

Service type	Bearer	UL	DL
Voice	AMR12.2K (Erl)	0.011	0.011
Video Call	CS64K(Erl)	0.0015	0.0015
Streaming,	PS64(kbps)	15	89
Interactive Background	PS128(kbps)	19	25
	PS384(kbps)	30	460
	HSDPA(kbps)	50	

**Tabla 17:** Densidad de suscritos.

Scenario	Density(per square kilometer)
High traffic	269
Medium traffic	39
Low traffic	7

## 8. Predicciones de cobertura

### 8.1. Área de cobertura

Todas las predicciones de GENEX de cobertura incluyendo RSCP y Ec/Io son calculados con el 75% de probabilidad de cobertura limite. Acorde a la guía de línea, el 75% de probabilidad de cobertura limite equivaldría al 90% de probabilidad de cobertura en una área urbana densa "WCDMA RNP [11].

### 8.2. Predicción RSCP

La definición de los niveles de señal acorde a la guía de línea se muestran en la tabla 18.

**Tabla 18.** Predicción RSCP

RSCP (dBm)	Label
>=-65dBm	Excellent
-75dBm ~ -65dBm	Very Good
-85dBm ~ -75dBm	Good
-95dBm ~ -85dBm	Fair
-105dBm ~ -95dBm	Poor
<= -105dBm	Not Good

### 8.3. Distribución RSCP

En la figura 4 y en la tabla 19 se muestra la distribución RSCP para el cantón El Empalme sin considerar cobertura indoor.

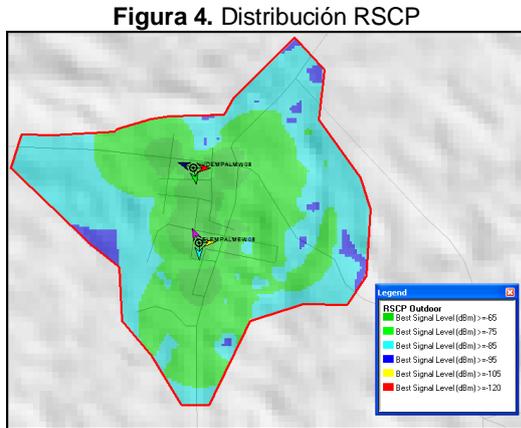


Figura 4. Distribución RSCP

Tabla 19. Distribución RSCP

Signal Level	Surface (km2)	% Computation Zone
<b>Total</b>	4.3384	100
<b>Best (dBm) &gt;=-65</b>	0.532	12.3
<b>Best (dBm) &gt;=-75</b>	2.3484	54.3
<b>Best (dBm) &gt;=-85</b>	4.188	96.8
<b>Best (dBm) &gt;=-95</b>	4.3384	100
<b>Best (dBm) &gt;=-105</b>	4.3384	100
<b>Best (dBm) &gt;=-120</b>	4.3384	100

En la figura 5 y en la tabla 20, se muestra la distribución RSCP para el cantón El Empalme considerando cobertura indoor.

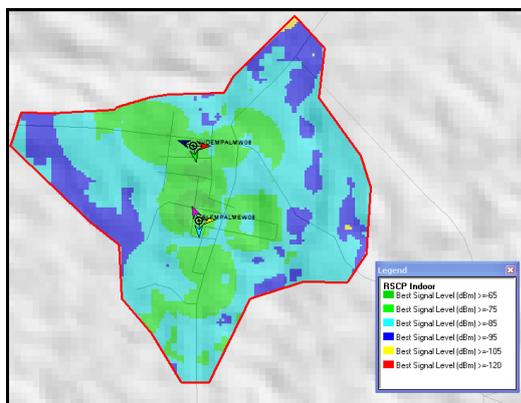


Figura 5. Distribución RSCP indoor

Tabla 20. Distribución RSCP indoor

Signal Level	Surface (km2)	% computation zone
<b>Total</b>	4.3384	100
<b>Best (dBm) &gt;=-65</b>	0.0972	2.2
<b>Best (dBm) &gt;=-75</b>	1.2604	29.1
<b>Best (dBm) &gt;=-85</b>	3.5812	82.7
<b>Best (dBm) &gt;=-95</b>	4.328	100
<b>Best (dBm) &gt;=-105</b>	4.3384	100
<b>Best (dBm) &gt;=-120</b>	4.3384	100

Observando estos valores nos damos cuenta que la cobertura de El Empalme es buena, incluso considerando cobertura indoor.

### 8.4. Predicción Ec/Io

La definición de Ec/Io de acuerdo a la guía de línea se muestran en la tabla 21. Para Ec/Io la predicción es resultado de 100 simulaciones del modelo de tráfico.

Tabla 21. Predicción Ec/Io

Ec/Io (dB)	Label
>=-5dB	Excellent
-8dB ~ -5dB	Very Good
-12dB ~ -8-dB	Fair
-16dB ~ -12dB	Poor
<-16dB	Not Good

En la figura 6 y en la tabla 22, se muestra la distribución Ec/Io para el cantón El Empalme sin considerar cobertura indoor.

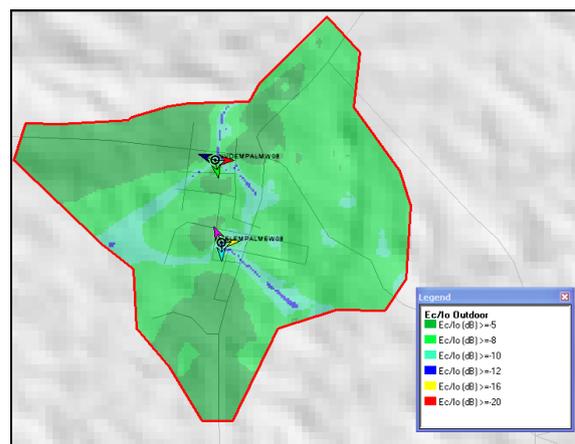
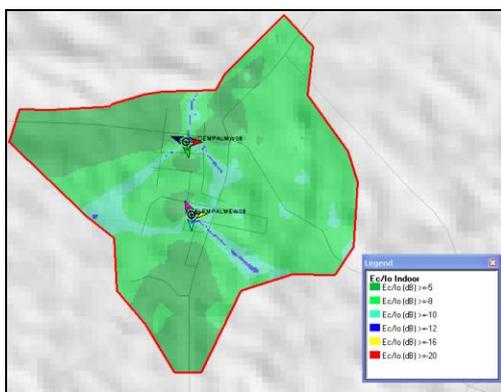


Figura 6. Distribución Ec/Io

**Tabla 22.** Distribución Ec/Io

Signal Level	Surface (km2)	% Computation Zone
Total	4.3301	100
Ec/Io (dB) >=-5	1.4301	33
Ec/Io (dB) >=-8	3.9006	90.1
Ec/Io (dB) >=-10	4.3074	99.5
Ec/Io (dB) >=-12	4.3299	100
Ec/Io (dB) >=-16	4.3301	100
Ec/Io (dB) >=-20	4.3301	100

En la figura 7 y en la tabla 23, se muestra la distribución Ec/Io para el cantón El Empalme considerando cobertura indoor.



**Figura 7.** Distribución Ec/Io indoor

**Tabla 23.** Distribución Ec/Io indoor

Signal Level	Surface (km2)	% computation zone
Total	4.3301	100
Ec/Io (dB) >=-5	1.4206	32.8
Ec/Io (dB) >=-8	3.8963	90
Ec/Io (dB) >=-10	4.3074	99.5
Ec/Io (dB) >=-12	4.3299	100
Ec/Io (dB) >=-16	4.3301	100
Ec/Io (dB) >=-20	4.3301	100

Debido a que el tráfico no es muy alto y la distribución RSCP es buena entonces la distribución Ec/Io será buena también.

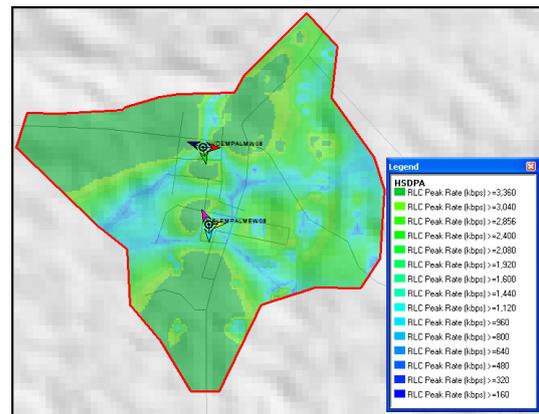
### 8.5. Predicción de tasa pico HSDPA

La predicción de tasa pico HSDPA, indica la capacidad de la red y el máximo rendimiento celular. La tasa de rendimiento pico HSDPA guarda estrecha relación con la calidad de señal, código fuente, potencia asignada, modelo de tráfico, etc. En la tabla 24 y en la figura 8, se muestran los valores de esta simulación, y se puede observar que después del análisis realizado, los parámetros del presupuesto de

enlace, la ubicación de los nodosB, los azimuth de las antenas, etc. Hemos conseguido una alta tasa de transmisión en las zonas propuestas.

**Tabla 24.** Tasa pico HSDPA

Peak Throughput	Area (Km2)	% Computation Zone
Total	4.3301	100
RLC (kbps) >=3,360	1.5581	36
RLC (kbps) >=3,040	1.8533	42.8
RLC (kbps) >=2,856	2.2176	51.2
RLC (kbps) >=2,400	2.549	58.9
RLC (kbps) >=2,080	2.948	68.1
RLC (kbps) >=1,920	3.2537	75.2
RLC (kbps) >=1,600	3.5248	81.4
RLC (kbps) >=1,440	3.7687	87.1
RLC (kbps) >=1,120	4.0356	93.2
RLC (kbps) >=960	4.2426	98
RLC (kbps) >=800	4.318	99.8
RLC (kbps) >=640	4.3301	100
RLC (kbps) >=480	4.3301	100
RLC (kbps) >=320	4.3301	100
RLC (kbps) >=160	4.3301	100



**Figura 8.** Tasa pico HSDPA

## 9. Resultados

Con el diseño de estos 2 NodosB para la ciudad de El Empalme se obtuvo como resultado el integrar a la Red 3G nuevos abonados que se registren y queden bajo cobertura WCDMA, a fin de que puedan gozar de las múltiples bondades que ofrecen las redes de tercera generación como tener nuevos y mejores servicios en el teléfono Móvil o Smartphone.

El usuario final podrá contar con conexión a Internet y disfrutar de velocidades comparables a la banda ancha convencional haciendo uso de las "tecnologías 3G HSPA que pueden llegar a picos de 1,8 Mbps, 3,6 Mbps o 7,2 Mbps en descargas [5].

Con un Smartphone 3G, se podrá tener acceso a emails y navegar por la web con mucha más

velocidad; en el dispositivo la tecnología 3G provocara que las descargas de archivos (juegos, música, videos, etc.) sean mucho más rápidas así como la posibilidad de realizar video-llamadas y estar conectado a las redes sociales.

Un ejemplo práctico es que las personas con deficiencia auditiva podrán comunicarse mediante señas utilizando la Video-Llamada.

Implementar un nodo tiene un costo actual de \$ 40.000, así que la inversión necesaria para implementar esta solución de cobertura tendría un valor de \$ 80.000 aproximadamente.

## 10. Conclusiones

Para las predicciones en El Empalme se usó información provista por "Rotrucorp [8] y se lo hizo sobre el polígono de cobertura sugerida por Huawei "WCDMA RNP [11].

La implementación en el sitio propuesto cumpliría con los objetivos previamente acordados. La predicción de los sitios para los nuevos nodos B se realizaron en base a la Información obtenida de la visita del sitio.

Los azimut fueron definidos en base a la visita previa, realizada conjuntamente con los Ingenieros en el sitio donde se tuvo una apreciación real de los objetivos principales a cubrir.

## 11. Agradecimientos

Al Ing. Carlos Escobar por su guía, disponibilidad y ayuda, a mi familia por su motivación, paciencia y apoyo, y a todos mis compañeros de área que colaboraron de cierto modo a la culminación de este proyecto.

## 12. Referencias

[1] Universal Mobile Telecommunications System.

- fecha de última actualización enero 2015. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Mobile\\_Telecommunications\\_System](http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Mobile_Telecommunications_System).
- [2] Wideband Code Division Multiple Access. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Wideband\\_Code\\_Division\\_Multiple\\_Access](http://es.wikipedia.org/wiki/Wideband_Code_Division_Multiple_Access).
- [3] Link Budget. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en <http://redesacesomichelle.blogspot.com/2011/07/link-budget.html>.
- [4] Red de Acceso Radio Terrestre UMTS(UTRAN). fecha de última actualización enero 2015. Disponible en <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo3.pdf>.
- [5] HSPA: High-Speed Packet Acces. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/High-Speed\\_Packet\\_Access](http://es.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Packet_Access).
- [6] Mobilecomms-Technology.com. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en <http://www.mobilecomms-technology.com/projects/emtel/emtel1.html>.
- [7] Redes de Acceso, Link Budget. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en <http://redesacesomichelle.blogspot.com/2011/07/link-budget.html>.
- [8] Rotrucorp, Link Budget Ecuador, Rotrucorp, 2014.
- [9] Antena RFS APXV86-906516. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en <http://www.rfsworld.com/userfiles/pdf/apxv86-906516-c.pdf>.
- [10] Antena RFS APXV86-909014. fecha de última actualización enero 2015. Disponible en <https://www.hol4g.com/ac/product.aspx?number=CLW-APXV86-909014-C&p=208937&sc=0>.
- [11] WCDMA RNP V100R001, Design and Specifications, Huawei, 2002.