

# Utilización del equipo para Drive Test en la ubicación geográfica de números con actividad irregular reportados por las operadoras de SMA a la Supertel

Mario J. Sánchez, Mario Cevallos Villacreses

*Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador*

**Abstract-** En este artículo se describe la situación mundial del fraude en telecomunicaciones, enfocándose principalmente en el fraude de By Pass celular y en las consecuencias económicas de este ilícito en nuestro país. A partir de este escenario se presentan las diferentes técnicas de localización celular, describiendo de forma más detallada el método de localización basado en Cell ID, usado en el presente trabajo; sus características, ventajas y desventajas.

Usando el concepto de localización basada en Cell ID, se desarrolla una aplicación de software que junto al equipo Invex 3G de la Supertel es puesto a prueba en un entorno real como la ciudad de Quito.

Se realiza un análisis mediante pruebas de campo del comportamiento de este método de localización, su aplicabilidad en redes celulares GSM (2G) y UMTS (3G), rendimiento, exactitud, consistencia, limitaciones y principalmente determinar la utilidad de esta técnica en la localización de líneas celulares usadas en infraestructuras de Bypass.

Siendo el objetivo principal del presente trabajo determinar cuál es el área promedio de localización que permite alcanzar este método en una zona urbana de nuestro país.

**Keywords:** Localización, redes celulares, Cell ID, drive test, Supertel.

## I. INTRODUCCIÓN

La localización de terminales de usuario en redes celulares ha cobrado gran importancia a nivel mundial no solo por las disposiciones impuestas por la FCC (Federal Communications Commission) en lo concerniente a salud pública (E911), sino también por las múltiples

aplicaciones que pueden desarrollarse. Una de las aplicaciones de localización celular es la ubicación de líneas celulares usadas en actividades de fraude en telecomunicaciones, tema al que se enfoca el presente trabajo.

Existen varios métodos de localización que pueden ser aplicados a esta problemática, sin embargo nos centraremos en soluciones de posicionamiento basadas en la red. De estas técnicas la escogida para su implementación y puesta a prueba fue el método de localización basado en Cell ID, el mismo que fue probado mediante Drive Test realizados en el Distrito Metropolitano de Quito, para lo cual se empleó el Invex 3G y el software desarrollado.

De esta forma se verificó cual que tan bueno es este método en lo que se refiere a la ubicación de terminales de usuario y cuál es el tamaño del área de ubicación que permite alcanzar en escenarios urbanos.

## II. FRAUDE EN TELECOMUNICACIONES

Según la definición dada por Aseta (Asociación de empresas de telecomunicaciones de la comunidad andina) el fraude en telecomunicaciones [1] es: "Acción intencional efectuada generalmente con el propósito de eludir los derechos de los operadores de telecomunicaciones, para obtener beneficios económicos, aprovechando la vulnerabilidad existente en diferentes componentes de sus redes y en los procesos de sus servicios".

### A. Efectos económicos del fraude en telecomunicaciones

El sector de las telecomunicaciones al ser uno de los más dinámicos y con mayor crecimiento en todo el mundo tanto en países desarrollados, como en desarrollo,

lo han convertido en uno de los negocios más lucrativos y rentables.

Esto ha hecho que se vuelva tentador para los defraudadores que buscan obtener réditos económicos sean estos directos o indirectos.

Las pérdidas económicas por las diferentes modalidades de fraude en el mundo, según datos obtenidos de la CFCA (Communications Fraud Control Association), estimando que los ingresos mundiales por servicios de telecomunicaciones son de alrededor de USD 2.1 trillones, las pérdidas representan alrededor del 1.88% de esta cifra es decir 40 billones de dólares.

TABLA I  
MONTOS DE PÉRDIDAS POR FRAUDE EN TELECOMUNICACIONES EN EL MUNDO [2]

| Año                                   | 2005 [USD]       | 2008 [USD]       | 2011 [USD]       | % de Variación |
|---------------------------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| <b>Ingresos mundiales estimados</b>   | \$ 1.2 Trillones | \$ 1.7 Trillones | \$ 2.1 Trillones | 26%            |
| <b>Pérdidas mundiales estimadas *</b> | \$ 61.3 Billones | \$ 60.1 Billones | \$ 40 Billones   | -33%           |
| <b>% de Pérdidas*</b>                 | 5.11%            | 3.54%            | 1.88%            | -1.66%         |

\*Las pérdidas históricas fueron recalculadas en base a una nueva lógica, la disminución de -1.66% por pérdidas producto de fraude como un porcentaje de los ingresos debido a que el crecimiento de los ingresos mundiales ha superado el crecimiento de las pérdidas.

B. Tipos de fraude en telecomunicaciones

1) *Fraude Interno*: Consiste en el fraude en el que actores internos (empleados) colaboran en el cometimiento del ilícito, cosa que no es nada extraña tomando en cuenta que los empleados cuentan con el conocimiento, capacitación y experiencia en la operación de los sistemas, redes y tecnologías de los operadores, por ello sería mucho más fácil encubrir sus actividades ilegales.

2) *Fraude Externo*: Se refiere a las acciones ilegales cometidas por personas ajenas a las operadoras y prestadores de servicios de telecomunicaciones, que aprovechan las vulnerabilidades de las redes en busca de obtener algún beneficio personal o económico.

Existen varias modalidades de fraude externo, sin embargo los 5 ilícitos que mayor perjuicio causan a nivel mundial son los siguientes:

- Fraude a través de PBX.
- Por suscripción.
- IRSF (International Revenue Share Fraud).
- Bypass
- Fraude a través del uso de tarjetas de crédito.

Estos 5 delitos generan pérdidas por el valor de USD 18.4 billones en todo el mundo, es decir concentran el 46% de la suma total que produce el fraude en el sector de telecomunicaciones.

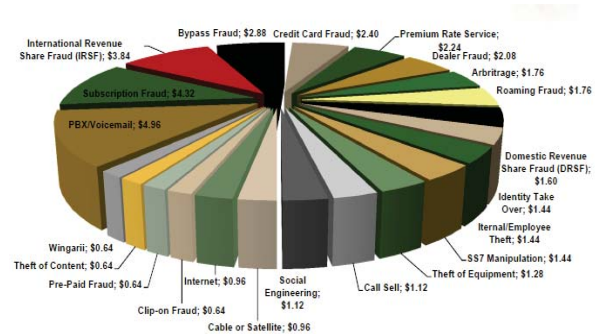


Fig. 1 Pérdidas por modalidades de fraude en billones [2]

C. Fraude mediante sistemas de Bypass

El término “Bypass” se refiere a cualquier tipo de derivación o camino secundario. En telecomunicaciones el término tiene un connotación similar, para diferentes aplicaciones o soluciones técnicas y legales que se le puede dar para problemas que se presentan en la redes de comunicaciones.

Sin embargo, el fraude mediante infraestructuras de Bypass consiste básicamente en sistemas que permiten enrutar tráfico de llamadas provenientes del exterior hacia las redes de telefonía móvil o la red telefónica pública conmutada legalmente establecidas en el país, como tráfico local; evitando el paso por las centrales de tránsito internacional para su registro y tarificación. Esto produce pérdidas cuantiosas por ingresos no facturados como tráfico internacional a las operadoras de telefonía.

D. Estructura de un sistema de Bypass

Los sistemas ilegales de Bypass constan de tres elementos básicos o secciones que agrupan otros equipos que permiten el funcionamiento y operación de los sistemas de Bypass.

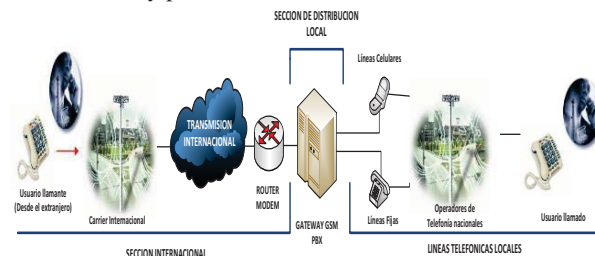


Fig. 2 Estructura de un sistema de Bypass

1) *Sección de enlace internacional*: Corresponde al enlace internacional y los equipos necesarios (módems) a través de los cuales se transmite y se recibe los datos

(tráfico telefónico internacional) provenientes del exterior. Este era un enlace satelital en los primeros sistemas de Bypass, implementado con equipos propios, que luego fue remplazado por enlaces arrendados u operados de servicios de portadoras legalmente autorizadas.

2) *Sección de distribución local:* Corresponde a la sección del sistema de Bypass, que se encarga de introducir tráfico internacional en la PSTN y en las redes de telefonía celular.

Para ello se extraen de los paquetes de datos las señales de voz y la señalización correspondiente, con equipos como Gateways VoIP o Gateways GSM.

Estos mismos equipos realizan las llamadas telefónicas hacia los destinos finales usando las redes de los operadores de telefonía autorizadas en el país.

3) *Líneas telefónicas locales:* Los sistemas de Bypass requieren para su operación de un gran número de líneas telefónicas, sean éstas fijas o celulares, con el fin de ingresar a través de éstas el tráfico internacional a la PSTN o a las redes celulares respectivamente como tráfico interno y con destino local.

E. *Repercusiones económicas de los sistemas de Bypass en el Ecuador*

Las repercusiones económicas que generan los sistemas de Bypass a las operadoras de telefonía móvil y fija sobre los ingresos por tráfico de larga distancia internacional son considerables alcanzando sumas de millones de dólares al año. Según datos proporcionados por la Superintendencia de Telecomunicaciones, desde el 2005 hasta el 2011 los montos estimados que se evitaron perder por acciones de combate al fraude emprendidas por este organismo de control (localización y desmantelamiento de estos sistemas) se presentan en la tabla 2.

TABLA II  
SUMAS ESTIMADAS QUE EVITÓ PERDER LA SUPERTEL A LA OPERADORAS EN MILLONES DE DÓLARES [3]

| Año  | Sumas estimadas de ahorro por combate a los sistemas de Bypass |
|------|--|
| 2005 | 3.47   |
| 2006 | 17.61  |
| 2007 | 8.80   |
| 2008 | 11.51  |
| 2009 | 11.65  |
| 2010 | 15.60  |
| 2011 | 21.4   |

El monto total de perjuicio que hubieran causado estas infraestructuras ilegales desde 1999 hasta el año pasado alcanzó el valor de 119.2 millones de dólares, lo

que indica la importancia de combatir esta modalidad de fraude en telecomunicaciones y asegurar de esta forma las recaudaciones e ingresos de los actores del sector de la telecomunicaciones afectados.

III. MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE CELL ID

A. *Antecedentes*

En 1996 la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos, dispuso que todos los prestadores de servicios de comunicaciones inalámbricas con permisos de concesión para servicios como telefonía celular, servicios de comunicaciones personales (PCS) o sistemas de comunicaciones troncalizados (SMR), proporcionen información relacionada con la localización geográfica de sus usuarios, con el fin de que los servicios de emergencia sean prestados de una forma más rápida y eficiente en la asistencia de situaciones de auxilio inmediato.

El servicio mejorado de llamadas de emergencia para tecnologías inalámbricas (E911), fue implementada en dos. Éstas estaban sujetas a ciertas condiciones y cronogramas de puesta en marcha bien establecidos, que debían ser cumplidos por las operadoras, tal como se muestra en la figura 3.

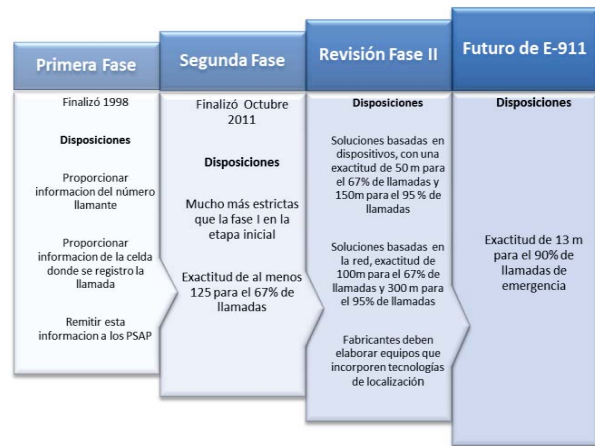


Fig. 3 Evolución de E-911 [35]

En el escenario de implementación de la fase II quedó claro que las tecnologías 2G de sistemas de comunicación móviles no fueron diseñadas para brindar información concerniente a la ubicación de dispositivo de usuario. Esto trajo serios problemas a las operadoras en el cumplimiento de los objetivos planteados en la fase II.

Como consecuencia de esto, la industria de telecomunicaciones y los prestadores de servicios desarrollaron nuevas tecnologías y algoritmos de localización dentro de las redes celulares de los

operadores, con el fin de solventar las exigencias de la FCC.

### B. Localización Celular

La localización de terminales móviles consiste en determinar la posición de los dispositivos de usuario en redes celulares tales como GSM o UMTS. La ubicación del terminal móvil generalmente es representada mediante el uso de coordenadas en dos o tres dimensiones según el sistema de referencia o en definir una zona donde podría localizarse el equipo de usuario, dependiendo de qué tecnología o método de localización se vaya a emplear.

Existen diferentes métodos de localización que se detallarán más adelante, sin embargo la clasificación de los mismos puede hacerse según el rol que desempeña el dispositivo móvil o la red en las mediciones y cálculo realizados para el establecimiento de la posición y pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Métodos basados en la Red (*Network-based*)
- Métodos basados en el dispositivo móvil (*Mobile-based*)
- Métodos que asisten al dispositivo móvil (*Mobile-assisted*)

### C. Clasificación de los métodos de localización de terminales móviles.

1) *Dead-reckoning*: Consiste básicamente en calcular la posición actual de un móvil, deducida o extrapolada conociendo la última posición a través del uso de la dirección, velocidad y distancia de movimiento del dispositivo móvil, partiendo de una posición inicial conocida y fija.

2) *Sistemas de localización por proximidad*: La posición del objetivo a localizarse puede asociarse con un punto referencial. Este usualmente corresponde a la posición de un emisor de señales piloto o, en caso de tecnologías celulares, las coordenadas de la radio base. Esta posición se asume como su verdadera ubicación o también puede referirse al establecimiento de un área (usualmente el radio de cobertura), dentro de la cual se encuentra el objetivo buscado.

3) *Radiolocalización*: Los sistemas de radiolocalización establecen la ubicación de los dispositivos móviles que operan en una determinada área geográfica, mediante la realización de mediciones de las señales de radio que se transmiten o reciben entre los equipos de usuarios y un conjunto de radiobases, satélites u otros dispositivos que emiten señales de radio que, al ser procesadas, se puede estimar la posición del terminal móvil.

Las técnicas de radiolocalización a su vez se clasifican en:

- Por la intensidad de la señal.
- *Fingerprinting*.
- Ángulo de llegada (AoA).
- Métodos basados en tiempo: Tiempo de arribo o ToA (*Time of Arrival*), Diferencia de tiempo de llegada o DToA (*Differential Time of Arrival*), Diferencia de tiempo de llegada Observada Mejorada o E-OTD (*Enhanced Observed Time Difference of Arrival*), Diferencia de tiempo de llegada observada o O-TDoA (*Observed Time Difference of Arrival*), Diferencia de tiempo de llegada del enlace ascendente o U-TDoA (*Uplink Time Difference of Arrival*).
- Métodos basados en el dispositivo móvil: Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Galileo, *Assisted-GPS* (A-GPS).

### D. Método de Cell ID

Es uno de los métodos de localización de teléfonos móviles más factible y simple de ser implementados en una red celular, basado en el principio de *proximity sensing* que busca el identificador de celda.

Se refiere a la determinación de la posición del móvil, derivada de la celda a la que se encuentra conectada, o el posible área dentro de la celda donde se encuentra el terminal de usuario. A este método se lo conoce también bajo el nombre de *Cell of Origin* (CoO), *Cell Global Identity* (CGI) o simplemente *Cell ID*. Aplicable a tecnologías GSM y UMTS.

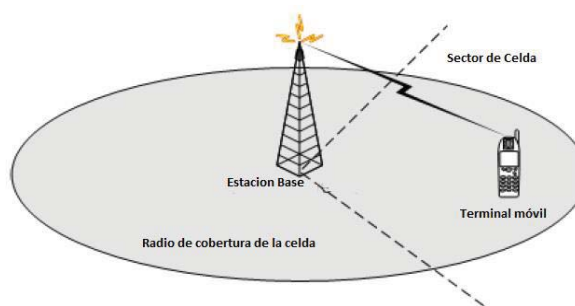


Fig. 4 Método de Cell ID aplicado en celdas sectorizadas [4]

### E. Identificador de celda CGI (*Cell Global Identity*)

En GSM y UMTS el identificador de celda es estandarizado y es el mismo para las dos tecnologías. Al identificador utilizado por la celda dentro de un área de localización determinada se lo denomina *Cell Global Identity* (CGI), el cual a su vez está compuesto por cuatro subcampos relacionados a la posición actual del terminal



móvil, los cuales son determinados por las operadoras celulares.

A continuación se describen los subcampos que componen el CGI.

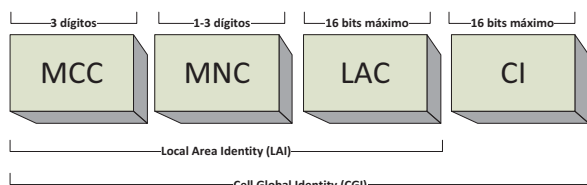


Fig. 5 Estructura de Cell Global Identity

1) *Mobile Country Code (MCC)*: Compuesto por tres dígitos, es usado para identificar en qué país se encuentra actualmente un determinado terminal móvil, empleado por GSM y UMTS, el MCC de Ecuador es 740.

2) *Mobile Network Code (MNC)*: Puede estar compuesto de 1 hasta 3 dígitos, usado en conjunto con MCC identifica a un operador móvil, usado por GSM, UMTS, LTE, CDMA.

3) *Location Area Code (LAC)*: Corresponde a un identificador de área dentro de un país, usado para identificar una región donde da servicio la operadora móvil a un grupo de usuarios. El valor del LAC es asignado por la operadora de acuerdo a la planificación de su red. La longitud máxima de LAC es de 16 bits, permitiendo 65536 códigos diferentes.

4) *Cell Identifier (CI)*: Cell ID corresponde al identificador asignado por la operadora a una celda o sector de celda, que presta servicio a los usuarios en una determinada área. Su longitud máxima es de 16 bits.

#### F. Características del método de Cell ID

Las características del método de Cell ID son descritas en la tabla III.

TABLA III  
RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE CELL ID [45]

| CRITERIO                      | DESCRIPCIÓN  | VALORACIÓN |
|-------------------------------|--|------------|
| <b>Rendimiento</b>            | Requiere solamente de una radiobase y puede ser utilizado en toda la red.  | Excelente  |
| <b>Consistencia</b>           | Exactitud del método tiene una gran variación, dependiente del tamaño de la celda, lugar de aplicación o del uso de técnicas mejoradas | Baja       |
| <b>Exactitud</b>              | Depende del tamaño de la celda, en áreas rurales de 5 a 20 Km y en zonas urbanas por encima de los 500 m e inferior a 5 Km.            | Baja       |
| <b>TTFF</b>                   | Aproximadamente 1 segundo, dependiendo de la latencia de la red.   | Excelente  |
| <b>Impacto (Dispositivos)</b> | No requiere cambios y no incrementa el consumo de la   | Excelente  |

|                                     | batería.  |           |
|-------------------------------------|---|-----------|
| <b>Impacto (Redes)</b>              | No requiere cambios   | Excelente |
| <b>Roaming</b>                      | Disponible en redes GSM en todo el mundo, requiere soporte de la red roamed.            | Excelente |
| <b>Eficiencia</b>                   | Usa mínimo ancho de banda y capacidad de la red.  | Excelente |
| <b>Expansión</b>                    | Soporta la expansión de la red y puede ser escalable.                                   | Excelente |
| <b>Compatibilidad</b>               | Información de Cell ID generalmente está disponible en todas las redes.                 | Excelente |
| <b>Compatibilidad (otras redes)</b> | Compatible con tecnologías 3G (UMTS y redes CDMA 2000)                                  | Excelente |
| <b>Disponibilidad</b>               | Disponible en todas la redes GSM (GPRS, EDGE) y en su evolución (UMTS)                  | Excelente |
| <b>Implementación</b>               | Tecnología de rápido despliegue en cualquier red, sin ocasionar mayores inconvenientes. | Excelente |
| <b>Información requerida</b>        | Coordenadas e identificadores de celda de cada una de las radiobases instaladas.        | Excelente |

## IV. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

### A. Requerimientos de la Superintendencia de Telecomunicaciones

La Superintendencia de Telecomunicaciones del Ecuador, a través de la Dirección de Investigación Especial, lleva a cabo actividades de combate al fraude en telecomunicaciones en todos los ámbitos del sector, entre ellos las infraestructuras ilegales de bypass en redes celulares que ocasionan perjuicios a los operadores de SMA y al Estado.

Esto hace necesario la utilización de un método de posicionamiento que permita determinar zonas geográficas donde posiblemente se localicen estos sistemas de Bypass, que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Debe ser un método de localización basado en red, capaz de ser implementado en las actuales redes de comunicaciones inalámbricas instaladas en el país.
- El método debe ser aplicable a las tres operadoras de SMA legalmente autorizadas por el Conatel (Conecel S.A, Otecel S.A y CNT E.P.)
- La técnica de localización implementada no debe requerir adquisición de nuevos elementos o modificaciones en las redes de los operadores de SMA.
- El método usado debe ajustarse a la información que las operadoras asentadas en el país

proporcionan o podrían entregar a la Superintendencia de Telecomunicaciones.

- Tiene que ser aplicable tanto para tecnologías 2G y 3G empleadas en el Ecuador, en este caso debe ser un método ajustado para redes GSM que, como se expuso en el capítulo II, es la principal infraestructura de comunicaciones móviles instalada en el país y para redes UMTS que en la actualidad se encuentran creciendo.
- Debe ser un método de localización basado en aspectos radioeléctricos o en parámetros inherentes a cada una de las redes celulares antes mencionadas.
- La técnica de localización seleccionada debe emplear los equipos de medición con que cuenta actualmente la Superintendencia de Telecomunicaciones.
- El uso del método de localización seleccionado debe ser aplicable en todo el territorio nacional, es decir, capaz de ser empleado en cualquier lugar donde existan indicios de tráfico irregular generado por sistemas de Bypass.
- No debe ser una técnica intrusiva que pueda afectar las operaciones normales o la prestación de servicios a las operadoras de SMA. Es decir debe ser una técnica de localización transparente para el operador como para el usuario, puesto que no se debe afectar la calidad de servicio a este último durante el proceso de posicionamiento.

### B. Diseño de la aplicación basada en el método de Cell ID

La aplicación desarrollada cumplirá con las siguientes características y funcionalidades, que se adaptan a las necesidades y requerimientos planteados por la Superintendencia de Telecomunicaciones y se describen a continuación:

- La aplicación debe implementar el método de Cell ID, para redes GSM y UMTS de forma automatizada.
- Permitirá el ingreso de los identificadores de celda relacionados con los números reportados por los operadores móviles a la Superintendencia para la localización de las zonas de cobertura donde estos identificadores tienen influencia.

- La aplicación desarrollada establecerá una conexión con la base de datos de la información medida y almacenada por el Invex 3G el cual es un equipo de pruebas y mediciones de redes inalámbricas, desarrollado por Andrew A CommScope Company. Es un dispositivo empleado en el mantenimiento, optimización, planificación y evaluación de redes inalámbricas, es decir se encarga de realizar mediciones de QoS.

Con las mediaciones del Invex 3G obtenidas de las pruebas de drive test realizados en los lugares de ubicación de las radiobases, se establece la ubicación de los terminales móviles buscados.

- Será una herramienta informática utilizada en el postproceso de la información recolectada en las pruebas de *drive test*, por lo que no se requiere de su aplicación en tiempo real durante dichas pruebas.
- La aplicación debe presentar una interfaz de usuario fácil de manipular.
- El software desarrollado debe tener la posibilidad de seleccionar la operadora con la cual se trabajará y deberá identificar automáticamente los teléfonos que poseen tarjetas SIM de la operadora seleccionada.
- Contará con módulos que permitan representar gráficamente los parámetros seleccionados de las mediciones realizadas.
- Para GSM, la aplicación tendrá las funcionalidades de representar los parámetros de RSSI, *Timing Advance*, *Rx Level Full* y *Sub*, en los rangos de valores deseados, los mismos que se presentarán de forma gráfica en los lugares en que se registraron dichas medidas.
- Para UMTS, contará con la funcionalidad de representar el RSSI, en un rango de valores buscados, desplegando de forma gráfica los lugares en donde fueron registradas dichas muestras.
- El programa una vez que termine el procesamiento de la información recopilada durante las pruebas de *drive test* generará los resultados del método de Cell ID o presentará los valores buscados de los parámetros seleccionados, estableciendo una conexión con el sistema de información geográfica (SIG) seleccionado.
- A través de la herramienta desarrollada, será posible determinar el tamaño del área referencial que

alcanzaría el método de localización basado en Cell ID y aplicado en zonas urbanas de la ciudad de Quito.

C. Modelo esquemático de la aplicación

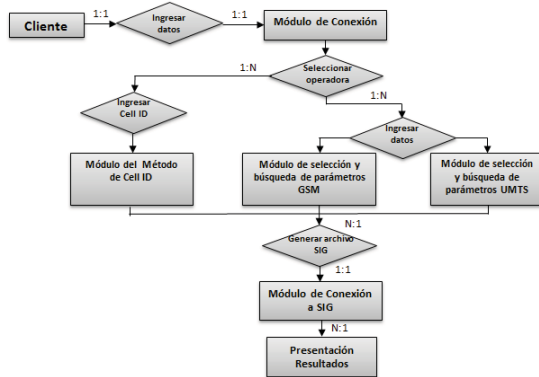


Fig. 6 Diagrama entidad-relación de la aplicación

Una vez definidas las características y funcionalidades con que contará la aplicación a desarrollarse, se ha elaborado un modelo esquemático del programa que servirá como referencia de las necesidades a las que se enfrenta el programador para poder seleccionar el lenguaje de programación adecuado que permita resolver el problema planteado.

Siguiendo el modelo de entidad-relación que muestra las entidades relevantes que intervienen en un sistema de información, así como sus interrelaciones y propiedades, se ha elaborado el siguiente diagrama compuesto de 7 entidades que interactúan o forman parte del software desarrollado, las mismas que se presentan en el diagrama de la figura 6.

1) *Cliente*: Al referirnos al cliente, estamos hablando de la persona o personas que manejarán el software, ellos serán quienes ingresen la información a la aplicación, en este caso el software está enfocado como una solución informática para los ingenieros de la Dirección de Investigación Especial en Telecomunicaciones de las Supertel.

2) *Módulo de conexión*: El módulo de conexión es el encargado de establecer un enlace con la base de datos generada por el Invex 3G durante las pruebas de *drive test*, para el postproceso de los datos generados.

3) *Módulo del método de localización basado en Cell ID*: esta parte del programa es la encargada de implementar el método de localización basado en el identificador de celda. Este método, como se dijo en la sección anterior, es aplicable tanto para redes GSM como UMTS, tecnologías actualmente operativas en nuestro país y a las cuales se enfoca la aplicación.

4) *Módulos de selección y búsqueda de parámetros GSM y UMTS*: Estos elementos de la aplicación son los encargados de la selección e ingreso de los parámetros técnicos de las tecnologías GSM y UMTS.

- **Módulo de selección y búsqueda de parámetros GSM**: esta parte del programa permitirá la selección y búsqueda de un parámetro o un grupo de parámetros dentro del rango de valores ingresado. Para el caso de GSM, los parámetros que pueden ser seleccionados son los canales BCCH vecinos monitoreados por el terminal de usuario, valores de *Timing Advance*, *RSSI*, *Rx Level Full* y *RX Level Sub*.

- **Módulo de selección y búsqueda de parámetros UMTS**: este módulo es el encargado de la búsqueda de los parámetros UMTS que son utilizados en la localización de terminales móviles, sin embargo de los parámetros analizados que recoge el Invex 3G tan solo se encontró *RSSI* y *Cell ID* de los parámetros de interés de UMTS.

5) *Módulo de conexión a SIG (Google Earth)*: Es el encargado de generar el archivo KLM que será interpretado por Google Earth, los módulos anteriores y cada una de sus funciones. Una vez que han terminado de realizar sus procesos internos, envían la información recopilada por cada uno de ellos a éste módulo para la generación de los ficheros KLM y exportación a Google Earth para ser presentados en él.

6) *Presentación de resultados*: Una vez generado el archivo KLM y exportado a Google Earth se despliegan los datos y se presentan en una ventana como la que se muestra en la figura 7.

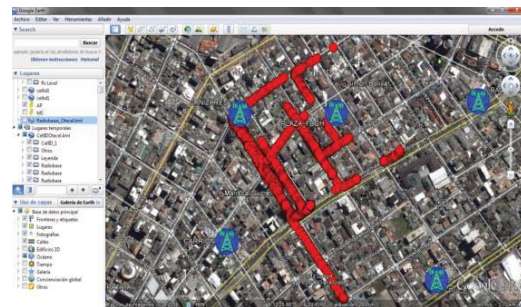


Fig. 7 Ventana desplegada en Google Earth

Como se aprecia en la figura 7, los resultados son desplegados sobre un mapa en Google Earth, de acuerdo a las coordenadas tomadas por el equipo Invex 3G. A través de su GPS es posible presentar resultados de las pruebas en distintas regiones del país. También se muestra la

información de la red analizada con la posición de cada una de las radiobases y datos de cada uno de sus sectores.

7) *Interfaz gráfica:* Cada uno de los módulos descritos en los puntos anteriores se encuentra contenidos en la interfaz de usuario mostrada en la figura 8.



Fig. 8 Interfaz gráfica del programa

V. PRUEBAS

La etapa de pruebas consistió en probar el desempeño del programa y establecer mediante su uso la dimensión del área de localización que permitiría alcanzar el método de posicionamiento basado en Cell ID, en entornos reales.

Se realizaron siete pruebas, en áreas urbanas del Distrito Metropolitano de Quito, principalmente en el sector centro norte de la capital. Cada uno de los lugares seleccionados para la realización de las pruebas fueron escogidos por la Dirección Nacional de Investigación Especial en Telecomunicaciones, sin que el investigador, en este caso el autor del presente trabajo, sepa la ubicación exacta del lugar donde se situaron, solo se proporcionaron los identificadores de celda de los sectores a los que se conectaron los terminales de usuario empleados durante las pruebas. El esquema de las pruebas es descrito a través de la siguientes etapas mostradas en la figura 9.



Fig. 9 Etapas de las pruebas

VI. RESULTADOS

La última fase de las pruebas son los resultados alcanzados en las mismas y a través de ellos se analizará el alcance y las limitaciones que tiene el método de localización basado en el Identificador de Celda en pruebas de campo realizadas en entornos urbanos reales. Se determinó, mediante los resultados obtenidos, el tamaño del área que permite obtener este método de localización en diferentes escenarios y el tamaño promedio de la zona en el que se hallarían los terminales buscados en los ensayos realizados. A continuación se presentan los resultados de las siete pruebas realizadas en distintas posiciones del sector centro norte del Distrito Metropolitano de Quito.

TABLA IV  
RESUMEN DE RESULTADOS

| Prueba          | Sector de la Ciudad | Cell ID | Diámetro del Área [m] |
|-----------------|---------------------|---------|-----------------------|
| 1               | La Y                | 13041   | 400                   |
|                 |                     | 14076   |                       |
| 2               | El Rosario          | 11024   | 460                   |
|                 |                     | 14024   |                       |
| 3               | La Kennedy          | 14396   | 230                   |
|                 |                     | 13339   |                       |
| 4               | La Delicia          | 15273   | 280                   |
|                 |                     | 30142   |                       |
| 5               | La Mariscal         | 14016   | 330                   |
| 6               | San Isidro del Inca | 13048   | 550                   |
| 7               | Las Acacias         | 14051   | 490                   |
|                 |                     | 15051   |                       |
| <b>Promedio</b> |                     |         | 391.43                |

A. Modelo esquemático de la aplicación

De los experimentos y resultados conseguidos, se han identificado las siguientes limitaciones que sufre el método de localización empleado y que repercuten en el tamaño de la zona de interés, establecida como área de ubicación de los números buscados.

El método de localización depende de un solo parámetro que representa la cobertura del sector. Dependiendo del área de cobertura definido por la operadora, éste puede ir de cientos de metros a unos cuantos kilómetros lo que dependerá de la planificación de la red de cada una de las operadoras.

El método de Cell ID, en los experimentos realizados en la ciudad de Quito, definió zonas de localización con un promedio de 391.43 metros. Sin embargo esto dependerá exclusivamente del nivel de cobertura del sector.

El uso de infraestructuras físicas compartidas por radiobases de la misma tecnología trabajando en diferentes bandas de frecuencia de segunda (GSM) y tercera (UMTS) generación, limitan el usos de otros métodos de localización geométrica como triangulación, que permitan alcanzar mejores resultados, ya que



requieren información de al menos tres puntos geográficos diferente.

El efecto de los múltiples fenómenos de propagación como multitrayectoria y sus pérdidas, desvanecimiento, atenuación, reflexión, *shadowing*, *scattering*, etc., puede aumentar o disminuir el área de cobertura de las radiobases analizadas y esto repercute y limita los resultados que se pueden alcanzar.

El uso del método de localización se limita a regiones urbanas y suburbanas de acuerdo a los resultados alcanzados, puesto que las radiobases rurales tienen áreas coberturas que en nuestro país pueden ir hasta 5 kilómetros.

Las mediciones de la red se limitan a las realizadas en la calle, dejando de lado cuadras enteras, parques, edificios o casas, al no poder movilizar el InveX 3G a pie o no tener acceso a las edificaciones para realizar mediciones de las redes móviles.

El área de cobertura se limita al determinado en las observaciones y las pruebas de campo, no se puede combinar con modelos de propagación al no contar con los datos necesarios.

La altura es otro componente que puede afectar los resultados debido a que si el sistema de Bypass se encuentra a una altura considerable, puede tener línea de vista directa con radiobases lejanas y con niveles de potencia aceptables que permita su conexión con dicha radiobase, esto produce casos atípicos que se salen de la norma y afectan a los resultados obtenidos de las pruebas hechas de nivel del suelo al tener obstáculos que evitarán la conexión a las radiobases reportadas en estos casos.

La geografía de la ciudad de Quito es otro factor limitante del método, que tiene efecto sobre la cobertura de las radiobases y las muestras tomadas en zonas con pendientes.

### VII. CONCLUSIONES

Existen cinco modalidades de fraude en el mundo que causan el mayor perjuicio a las operadoras y abonados en general, que son: fraude telefónico a través de PBX, fraude por suscripción, IRSF (*International Revenue Share Fraud*), fraude de Bypass y fraude a través de tarjetas de crédito.

De este grupo en el Ecuador, el fraude por ByPass que emplean líneas telefónicas celulares es el que mayor perjuicio económico genera a las operadoras, lo que hace necesaria su inmediata localización y desmantelamiento.

Para este fin será necesario el uso de métodos o tecnologías de localización.

El método de localización empleado en este trabajo fue el método basado en *Cell ID*, el mismo que permitió determinar zonas de localización. Dentro de las zonas determinadas fueron encontradas las líneas buscadas en las pruebas realizadas, cumpliendo con el objetivo de localización y probando de esta manera la validez del método.

El tamaño de la zona de localización en promedio, de las pruebas de campo realizadas, fue de 391.43 metros de diámetro, tanto para redes GSM como UMTS, en el sector centro-norte del Distrito Metropolitano de Quito. Sin embargo, este tamaño puede variar en otras zonas de la ciudad y del país, por lo que podría aumentar o disminuir el tamaño de la zona. Teóricamente el diámetro de las zonas determinadas pueden variar entre 100 metros a 35 kilómetros lo que va a depender del área de cobertura de la celda y el efecto de los fenómenos de propagación.

La inconsistencia y la inexactitud del método de Cell ID, lo hacen inadecuado para los fines de localización de sistemas ilegales de Bypass, debido a que en estos casos la exactitud requerida debería de ser al menos 150 metros de diámetro en las zonas determinadas y, de las pruebas realizadas, el mejor resultado con el método de Cell ID fue de 230 metros.

A pesar de que no cumple con los requisitos necesarios para la localización de sistemas de Bypass, el método de Cell ID permite delimitar una zona más pequeña de la que abarcaría las áreas de cobertura de las radiobases reportadas por las operadoras móviles, zona en la que, mediante el uso de otros equipos electrónicos de la SuperT, o a través de información administrativa, se establecerá la posición exacta de los números implicados en casos de Bypass.

Se alcanzaron mejores resultados en el tamaño de la zona de localización al contar con la información de los identificadores de celda de al menos dos radiobases ubicadas en diferentes puntos geográficos. Sin embargo, cuando los identificadores de celda son de dos sectores en la misma infraestructura física el resultado alcanzado puede ser ambiguo.

El método de Cell ID se ve afectado por fenómenos de propagación como *scattering*, desvanecimiento, atenuación, *shadowing*, reflexión, multitrayectoria y sus pérdidas, factores climáticos, la geografía del lugar donde se realizarán las pruebas, la altura a la que se ubican las radiobases, la carga de tráfico que soporta las radiobases en un determinado momento del día, entre otros que

repercuten en el tamaño de las zonas de localización definidas, aumentando o disminuyendo el área determinada, lo que vuelve inconsistente al método.

El rendimiento alcanzado en las pruebas por el método de Cell ID fue del 100% al ubicar dentro de la zona establecida a los números buscados.

El método de Cell ID es rápido y adecuado para aplicaciones que requieren de alta capacidad de procesamiento.

El método de Cell ID es de bajo costo de implementación y desarrollo. Otra ventaja es que su puesta en operación puede ser inmediata y aplicable a cualquier red GSM o UMTS de las operadoras móviles al ser un método basado en la red. Es decir, no incide sobre la infraestructura instalada de las operadoras, ni tampoco incurre en gastos adicionales por equipos complementarios, modificación o mantenimiento de las redes. El método de Cell ID no requiere de modificaciones o reemplazo de los terminales de usuario de segunda (GSM) o tercera (UMTS) generación.

El Invenx 3G es un poderoso equipo para monitorear redes celulares y del grupo de parámetros que captura, aquellos que se relacionan o favorecen a los procesos de localización son para GSM *Timing Advance*, RSSI, *Rx Level Full* y *Rx Level Sub*. Además, de los canales BCCH vecinos y para UMTS, se identificó como dato útil solamente al RSSI, que es graficado por la aplicación desarrollada en Google Earth. Ante la falta de información de las operadoras, sin embargo, estos datos podrían integrarse en un método de localización mejorado de Cell ID, como una fase posterior de desarrollo del programa.

La aplicación desarrollada es eficiente, de baja latencia y de un bajo tiempo de inicio, a pesar de procesar bases de datos con más de 500 mil registros recogidos en las pruebas de *Drive Test*, presentando de forma gráfica los resultados alcanzados.

El software desarrollado tiene una interfaz de usuario fácil de manejar por el usuario, y los resultados al ser presentados en Google Earth, proporcionan una serie de herramientas interactivas de análisis. Además presenta información adicional como las posiciones, nombres y datos de cada una de las radiobases que integran la red GSM y UMTS de las operadoras móviles Otecel S.A. y Conecel S.A.

Es posible desarrollar un método de Cell ID mejorado si se cuenta con los datos adicionales descritos en la sección II combinados con modelos de propagación adaptados a

nuestro medio o con otras técnicas de localización, con lo que se alcanzarían mejores resultados de posicionamiento.

Aunque este método no permite una localización muy exacta, tiene múltiples aplicaciones tales como tarifas diferenciadas por ubicación, es decir los usuarios tendrán diferentes tarifas por el servicio según el lugar donde se encuentren, lo que permite a las operadoras móviles ofrecer tarifas más competitivas en el mercado, o mejoramiento del rendimiento de la red al saber en qué lugares en determinados momentos del día existe una mayor concentración de abonados, lo que permite planificar de mejor manera la red, aplicación como fase inicial en servicios de emergencia, mapas de servicios, restaurantes, oficinas gubernamentales, sitios turísticos, lugares de entretenimiento, etc., personalizados de acuerdo a la posición referencial donde se encuentre el usuario, rastreo de personas y animales, entre otros.

#### REFERENCIAS

- [1] Pichilínche Prieto, Eduardo. *Actos fraudulentos en las telecomunicaciones*. Aseta. Lima, Perú. 2009.
- [2] Communications Fraud Control Association. *Global fraud loss survey*. CFCA. New Jersey-Estados Unidos. 2011.
- [3] Supertel. Rendición de cuentas 2011.
- [4] Resch, Bernd, Romirer-Maierhofer, Peter. *Global positioning in harsh environments*. Halmstad University. School of information science, computer and electrical engineering. Suecia. 2005.
- [5] Criollo Román, Christian Mauricio. *El Bypass en redes telefónicas celulares. Técnicas de detección de números celulares implicados y de infraestructuras ilegales*. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2008.
- [6] Meza Ayala, María José. *Estudio de las modalidades de fraude que utilizan voip*. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2007.
- [7] Bejar Alban, José Gonzalo. *Desarrollo de un sistema basado en asterisk que permita investigar situaciones anómalas (by pass) en el Ecuador para la Supertel*. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2011.
- [8] Sanchez B., Robert y Timbiano M., Richard. *Servicio de Localización a través de una red UMTS*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador. 2010.
- [9] Gete-Alonso Roldán, Oscar. *Estudio de disponibilidad de señales de localización GPS/GSM*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona. Barcelona-España. 2008.
- [10] Meza Ayala, María José. *Fraude en telecomunicaciones*. Primera Edición. Ed. Publi asesores. Quito-Ecuador. 2008.
- [11] Johnson, Mark. *Revenue assurance, fraud y security in 3G telecom services*. Journal of economic crime management. Volume 1. Estados Unidos. 2002.
- [12] Supertel. *Revista Supertel Delitos en telecomunicaciones*. Quito-Ecuador 2011.
- [13] Mercosur. *Problemática del fraude en la industria de las telecomunicaciones*. 2003.
- [14] Ministerio Del Poder Popular Para Las Telecomunicaciones Y La Informática. *Fraude en las Telecomunicaciones*. Caracas-Venezuela. 2008.
- [15] Instituto Costarricense De Electricidad Y Telecomunicaciones. *Fraude en Telecomunicaciones*. Costa Rica. 2007.
- [16] UIT. *Measuring the information society*. Primera Edición. Suiza. 2011.

- [17] UIT. *Measuring the information society*. Primera Edición. Suiza. 2012
- [18] Telefónica. *Introducción al tema de fraude en las telecomunicaciones: visión general*. Telefónica de Argentina S.A. Dirección de Seguridad y Protección. Argentina. 2008.
- [19] Hoath, Peter. *Fraud overview*. Djibouti. 2008.
- [20] Rivadeneyra Sánchez, Juan. *Fraude y uso ilegal del servicio de telefonía móvil. By pass tráfico entrante de larga distancia internacional*. Claro. Lima-Perú. 2009.
- [21] Telefónica. *Prevención y control del fraude en las telecomunicaciones*. Telefónica de Argentina S.A. Dirección de Seguridad y Protección. Argentina. 2009.
- [22] BID. *Mercado sudamericano de servicios de roaming internacional: obstáculos técnicos y oportunidades*. Banco Interamericano de desarrollo. Cusco. 2009.
- [23] Brown, Stephen. *Telecommunication fraud management*. Waveroad Security. Estados Unidos. 2005.
- [24] Macia-Fernandez, Gabriel. *El fraude en roaming: estrategias de ataque y de defensa*. Universidad de Granada. España. 2008.
- [25] Eberspächer, Jörg, Vögel, Hans-Jörg, Bettstetter, Christian y Hartmann Christian. *GSM architecture, protocols and services*. 3ra. Edición. Ed. John Wiley & Sons. Inglaterra. 2009.
- [26] Eberspächer, Jörg y Vögel, Hans-Jörg. *GSM Switching, services and protocols*. 2da edición. Ed. John Wiley & Sons. Inglaterra. 2011.
- [27] Johnson, Chris. *Radio access networks for UMTS. Principles and practice*. 1ra edición. Ed. John Wiley & Sons. Inglaterra. 2008.
- [28] Sánchez, Javier y Thioune, Mamadou. *UMTS*. 2da edición. Ed. Iste. Estados Unidos. 2007.
- [29] Caffery, James. *Wireless location in CDMA cellular radio systems*. 1ra edición. Ed. Kluwer academic publishers. Estados Unidos. 2000.
- [30] Deblauwe, Nico. *GSM-based positioning: techniques and application*. 1ra edición. Ed. Uitgeverij VUBPRESS Brussels University Press. Bruselas-Bélgica. 2008.
- [31] Zhu, Jian. *Indoor/Outdoor location of cellular handsets base don received signal strength*. Georgia Institute of Technology. Estados Unidos. 2006.
- [32] Ding-Bing, Lin, Rong-Terng Juang. *Mobile location estimation based on differences of signal attenuations for GSM systems*. IEEE transactions vehicular technology. Vol. 54, No. 4. 2005.
- [33] Roxing, A, Gaber, J, Wack, M. *Survey of wireless geolocation techniques*. IEEE Globecom workshops. Estados Unidos 2007.
- [34] Yamamoto, Ryoji, Matsutani, Hideyuki. *Position location technologies using signal strength in cellular systems*. IEEE transactions vehicular technology. Japón. 2001.
- [35] Caffery, James, Stüber Gordon. *Overview of radiolocation in CDMA cellular systems*. Georgia Institute of Technology. IEEE communications magazine. Estados Unidos. 1998.
- [36] Saada, Stéphane, Dru, Marle-Anne. *Location-based mobile services: the essentials*. Alcatel Telecommunications Review. 2001.
- [37] Benavent Peces, César, Diaz Lopez, Daniel, Garcia Gomez, Ramón. *Servicios basados en posicionamiento de móviles*. Universidad politécnica de Madrid. Madrid-España. 2001.
- [38] Swedberg, Göran. *Ericsson's mobile location solution*. Ericsson Review No. 4. 1999.
- [39] Laitinen, Heikki, Ahonen, Suvi, Menolascino, Raffaele. *Cellular location technology*. Cello. 2001.
- [40] Gunnarsson Fredrik, Gustafsson, Fredrik. *Mobile positioning using wireless networks*. IEEE signal processing magazine. 2005.
- [41] Zeimpekis, Vasileois, Kourouthanassis, Panos, Giaglis, George. *Mobile and wireless positioning technologies*. Vol. 1 Universidad ateniense de economía y negocios. Atenas-Grecia. 2008.
- [42] Raja, Kashif. *Critical analysis and modeling of location finding services*. 2003.
- [43] Spirito, M. *On the accuracy of cellular mobiles station location estimation*. IEEE Trans. Veh. Technol. Vol. 50. 2001.
- [44] Kemppi, Paul. *Database correlation method for multi-system location*. Helsinki University of technology. 2005.
- [45] Wang, Shu, MIN, Jungwon Min, YI, Byung. *Location based services for mobiles: technologies and standards*. LG Electronics mobiles research. IEEE ICC. Estados Unidos. 2008.
- [46] Korkea-Aho, Mari. *Location information in the internet*. Helsinki University of technology. 2001.
- [47] Küpper, Axel. *Location-based services: fundamentals and operation*. 1ra edición. Ed. John Wiley & Sons. Inglaterra. 2005.
- [48] Silventoinen, Marko, Rantalainen, Timo. *Mobile Station Locating in GM*. Nokia Research Center. Helsinki- Finlandia. 2005.
- [49] Mattsson, Oskar. *Positioning of a cellular phone using the SIM*. Royal institute of technology Kungliga Tekniska Högskolan. Estocolmo. 2001.
- [50] Qualcomm Company. *Location Technologies for GSM, GPRS and UMTS Networks*. Estados Unidos 2003.
- [51] Reed, Jeffrey, Krizman, Kevin, Woerner, Brian. *An overview of the challenges and progress in meeting the E-911 requirement for location service*. IEEE communications magazine. Estados Unidos. 1998.
- [51] Zhao, Yilin. Motorola Inc. *Standardization of mobile phone positioning for 3G systems*. IEEE communications magazine. 2002.
- [52] Stüber, Gordon, Caffery, James. *Radiolocation techniques*. Georgia Institute of Technology. Estados Unidos. 1999.
- [53] Trevisani, Emiliano, Vitaletti, Andrea. *Cell-ID location technique, limits and benefits: an experimental study*. Università di Roma La Sapienza. IEEE The computer society. 2004.
- [54] Schmidt-Dannert, Andreas. *Positioning technologies and mechanisms for mobile devices*. Seminar master module SNET2. Berlin-Alemania. 2010.

**Mario Javier Sánchez Gualoto**, Nació en la ciudad de Quito en 1988, realizo sus estudios primarios en la escuela Francisco Febres Cordero (1994-2000). Sus estudios secundarios los realizo en el Instituto Nacional Mejía (2000-2006). Actualmente está realizando sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Realizó pasantías pre profesional en el SRI y la Superintendencia de Telecomunicaciones. Ingeniero de proyectos en Digitec S.A.

**Ing. Mario R. Cevallos Villacreses**, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional 1968. Profesor principal a tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Ha realizado estudios de postgrado y proyectos de investigación en "Philips International Institute" y "Eindhoven Technical Institute", Eindhoven Países Bajos. En 1982 obtuvo el premio Escuela Politécnica Nacional a la mejor investigación realizada.