

SISTEMA DE GESTIÓN PARA DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS EN LAS BTS DE LA RED DIGITEL

Lozada, Jessica

jessica.lozada@gmail.com

Resumen

Considerando el constante crecimiento de la red GSM de la Corporación Digitel y la gran cantidad de equipos existentes en el subsistema de radio bases, las labores de monitoreo difícilmente pueden ser realizadas en tiempo real. Adicionalmente cuando ocurren fallas en los equipos de la red no siempre se activan alarmas en la plataforma de monitoreo con la que dispone la empresa, complicando aún más la detección de posibles anomalías. Por estas razones se planteó el diseño y desarrollo de un sistema de gestión que proporciona análisis y soluciones preliminares de las fallas o anomalías presentes en las radio bases de la red Digitel, con la finalidad de facilitar la detección y resolución de fallas en el menor tiempo posible disminuyendo así los tiempos de afectación de servicio.

El trabajo especial de grado contempla el análisis de la información referente al funcionamiento de red GSM de Digitel, estudio de las mediciones disponibles en el subsistema de radio bases e identificación de los indicadores que permiten determinar la necesidad de un mantenimiento correctivo o preventivo en los equipos de la red. El sistema realiza el análisis de las estadísticas asociadas al control de llamadas para cada estación con el objeto de detectar fallas en los equipos de la red, identificar las rutinas de mantenimiento que deben ser aplicadas y, en caso de ser posible, realizar la ejecución automática de las mismas.

Palabras Claves: Red GSM, Indicadores de rendimiento, Detección de fallas.

Dedicatoria y Agradecimientos

Este trabajo de grado se lo dedico especialmente a mi mamá y a mis hermanos, Gustavo y José Alberto, que con su apoyo y con la seguridad brindada desde siempre me han motivado a alcanzar cada uno de mis logros, en esta oportunidad, el de haber culminado exitosamente el desarrollo del presente proyecto.

En primer lugar le agradezco a dios y a papá las bendiciones que sin duda me han acompañado durante los meses dedicados a este trabajo.

Le agradezco a la Universidad Católica Andrés Bello por ser la fuente de los conocimientos que me sirvieron de base para el desarrollo del proyecto.

A los compañeros de Digitel por su disposición a guiarme en las tareas planteadas y por darme la oportunidad de aprender con su trabajo. Le doy las gracias especialmente a mi tutor y a todo el equipo de Optimización: Juan, Luis, Neudys, Francisco, Danny, Carola y Cesar a quien le agradezco la oportunidad brindada.

Finalmente le agradezco a Guillermo por ser siempre mi mejor compañía, a mi lado en los momentos más importantes, como lo fue durante el desarrollo de este trabajo de grado. Gracias

Índice General

Resumen	i
Dedicatoria y Agradecimientos	ii
Índice General	iii
Índice de Figuras	v
Introducción	1
Capítulo I.....	2
Planteamiento del Proyecto.....	2
I.1 Planteamiento del Problema.....	2
I.2 Objetivo General.	2
I.3 Objetivos Específicos.....	3
I.4 Justificación.	4
I.5 Limitaciones y Alcance.....	4
Capítulo II	5
Marco Referencial.....	5
II.1 Estándar GSM y Arquitectura de Red.....	5
II.1.1 Subsistema de Estaciones Base (BSS).....	6
II.1.2. Subsistema de Conmutación y Red (NSS).....	8
II.1.3 Subsistema de Administración	9
II.2. Canales físicos y lógicos	11
II.3. Diagramas de Procesos para establecimiento, control y manejo de llamadas... 14	
II.4. Indicadores de Rendimiento Analizados	17

Capítulo III.....	21
Metodología y Desarrollo	21
III.1. Análisis de la Red GSM de Digitel.....	21
III.2. Estudio de las mediciones disponibles en el subsistema de radio bases.....	22
III.3. Estudio de acciones correctivas y preventivas para la resolución de fallas en los equipos BTS de la red.....	23
III.4. Diseño e Implementación del Sistema.....	23
Capítulo IV.....	25
Resultados	25
IV.1. Diseño del Sistema.....	25
IV.1.1. Métodos de Análisis de los Indicadores de Rendimiento	27
IV.1.1.1. Análisis de los Indicadores de Voz.....	28
IV.1.1.2. Análisis del Link Budget en las Antenas	38
IV.1.1.3. Análisis de Sleeping Cells para Datos	40
IV.1.2 Establecimiento de la Conexión remota a las BSC.....	41
IV.2. Implementación del Sistema.....	43
IV.2.1. Modelo de la Base de Datos	44
IV.2.2. Estructura de la Aplicación.....	45
IV.2.2.1 Actualización de los Perfiles.....	46
IV.2.2.2. La detección temprana de fallas.....	47
IV.2.2.3. El administrador del sistema.....	48
IV.3. Una corrida de la Detección Temprana de Fallas desde el Administrador del Sistema.....	49

Capítulo V	58
Conclusiones y Recomendaciones	58
Referencias Bibliográficas	60
APÉNDICE A	62
Descripción de la Base de Datos del Sistema	62
APÉNDICE B	70
Interfaces de Usuario del Sistema	70
ANEXO A	89
MODEM ENFORA SA-G TM	89

Índice de Figuras

Figura 1. Subsistemas en GSM	6
Figura 2. Subsistema de Estaciones Base	7
Figura 3. Elementos del Subsistema de Conmutación	8
Figura 4. Subsistema de Administración	9
Figura 5. División de las Bandas de Frecuencia	11
Figura 6. Esquema de los Tipos de Canales Lógicos	13
Figura 7. Diagrama del Proceso de HandOver entre BTS	15
Figura 8. HandOver interno a una BSC entre BTS	16
Figura 9. Diseño General del Sistema	25
Figura 10. Diagrama de Actividades	28

Figura 11. Representación Grafica de la Hipótesis 1	30
Figura 12. Estructura de la Tabla de los Perfiles de Contadores	31
Figura 13. Gráfica de los Perfiles de Contadores.....	33
Figura 14. Grafica de la Función Variación.....	36
Figura 15. Estructura de la Tabla de los Perfiles de Link Budget.....	39
Figura 16. Modelo Entidad Relación	45
Figura 17. Barra de Herramientas	50
Figura 18. Interfaz de Edición de Parámetros.....	51
Figura 19. Interfaz de Visualización de Resultados.....	53
Figura 20. Ventana de Notificación de Fallas vía mail.....	54
Figura 21. Ventana de Archivo con el detalle de Falla.....	54
Figura 22. Ventana de Notificación de Alarmas Activas vía mail.....	55
Figura 23. Ventana de Archivo con el detalle de Alarmas Activas	56
Figura 24. Indicador de Drop Call de CASARAPA2 en el tiempo	57

Introducción

El diseño e implementación de un sistema que facilite las labores de detección de fallas en los equipos del subsistema de radio bases de la Corporación Digitel en el menor tiempo posible es el fundamento sobre el cual se sostiene el presente Trabajo Especial de Grado. En el documento presentado se explica de una manera clara y concisa la metodología seguida para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo uno se describe el planteamiento del proyecto, con sus alcances, limitaciones, objetivos y una explicación de las razones que justifican el proyecto. El segundo capítulo contiene los resultados de la revisión bibliográfica realizada referente a la arquitectura de la red analizada. El capítulo tres muestra la metodología y desarrollo donde se explican los pasos seguidos para el diseño e implementación del proyecto. El capítulo cuatro corresponde a los resultados obtenidos. Finalmente en el capítulo cinco se recogen las conclusiones sobre los logros, resultados y experiencias obtenidas del proyecto realizado, además de ciertas recomendaciones sobre aspectos que pueden cambiarse en el sistema. Adicionalmente, se encuentran los anexos y apéndices, en los cuales se recoge información complementaria a la investigación realizada y que puede ser usada para futuros desarrollos que mejoren el desempeño del sistema ya implementado.

Con el presente documento podrá conocer de forma sencilla los análisis que se llevan a cabo para el monitoreo del subsistema de radio bases en una red GSM. Continúe la lectura.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

El capítulo de Planteamiento del Proyecto está basado fundamentalmente en la descripción y justificación del problema expuesto en la propuesta de Trabajo Especial de Grado, los objetivos planteados, el alcance y las limitaciones del proyecto. Cada uno de estos aspectos serán los desarrollados en el presente capítulo.

I.1 Planteamiento del Problema.

La arquitectura de la red GSM de la Corporación Digitel se encuentra en constante crecimiento, lo cual produce que el monitoreo del subsistema de radio bases sea una tarea que no puede ser realizada en tiempo real. Por otro lado, existen un porcentaje de fallas de los equipos de la red que no activan alarmas en la plataforma de monitoreo actual, complicando aún más la detección de posibles anomalías. El tiempo que toma identificar una falla y definir la rutina correctiva repercute directamente en la calidad del servicio ofrecida a los clientes.

I.2 Objetivo General.

Diseñar, desarrollar e implementar un sistema de monitoreo y gestión, que facilite la detección y resolución de fallas en las radio bases, la definición y notificación de acciones correctivas y rutinas de mantenimiento preventivo, para los equipos de BTS de la red Digitel.

I.3 Objetivos Específicos.

1. Recopilar y analizar información referente a:
 - 1.1. Funcionamiento de la red GSM de Digitel.
 - 1.2. Mediciones disponibles en el subsistema de radio bases de la red GSM.
 - 1.3. Fallas de mayor ocurrencia en los equipos de radio bases.
 - 1.4. Descripción de alarmas, acciones correctivas y las rutinas de mantenimiento preventivo para cada tipo de BTS.
2. Identificar los indicadores que permiten determinar la necesidad de un mantenimiento correctivo o preventivo y la identificación de una posible falla en el sistema.
3. Diagramar y estructurar las bases de datos necesarias para el sistema.
4. Desarrollar la interfaz del sistema (Interfaz Humano – Máquina).
5. Diseñar y desarrollar:
 - 5.1 Mecanismos de detección de fallas a través de las mediciones disponibles en el subsistema de radio bases.
 - 5.2 Rutinas de mantenimiento preventivo para cada tipo de radio base, así como también, las acciones correctivas para cada tipo de falla.
 - 5.3 El sistema de notificación de fallas.
6. La conexión remota al sistema, que permitirá el monitoreo y gestión del subsistema de radio bases (Web, WAP o SMS).
7. Realizar las pruebas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado.

I.4 Justificación.

El desarrollo del proyecto surge de la necesidad de contar con un sistema que proporcione el análisis y soluciones preliminares de fallas o anomalías en el subsistema de radio bases en el menor tiempo posible, de forma remota y automática a fin de lograr reducir el tiempo de análisis de fallas, el conocimiento previo necesario y el tiempo de afectación del servicio.

I.5 Limitaciones y Alcance.

Puesto que los sistemas de mediciones de rendimiento de la red son actualizados en períodos de una hora, la respuesta del sistema desarrollado no es en tiempo real. El análisis que se lleva a cabo se realiza con la información obtenida de los equipos de la red una hora antes a la hora en que se inicia la ejecución del sistema de monitoreo y gestión desarrollado.

El alcance del proyecto es proporcionar una solución que facilite la detección, diagnósticos y notificación de fallas, acciones correctivas y rutinas de mantenimiento preventivo en el subsistema BSS de la Red Nokia Digitel en el menor tiempo posible, mejorando así las herramientas actualmente utilizadas por el personal de la empresa para estas labores.

Capítulo II

Marco Referencial

En este capítulo se desarrollan todos los aspectos teóricos requeridos para el desarrollo del proyecto. Se explica el estándar GSM, la arquitectura de red con la descripción detallada de los subsistemas que la conforman, y demás conceptos relacionados a las mediciones de desempeño de los equipos de la red.

II.1 Estándar GSM y Arquitectura de Red

La red GSM (*Global System for Mobile communications*) es un sistema móvil celular basado en el estándar de Servicio Global para comunicaciones Móviles que utiliza tanto tecnología TDMA (*Time Division Multiple Access*) como FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) para transmitir y recuperar información. Usa paquetes de datos a tiempos predeterminados en una frecuencia específica, de modo tal que se pueden llevar a cabo varias conversaciones en forma simultánea usando la misma frecuencia pero distintas ranuras de tiempo o *TimeSlot*. (Laizzo, 2005)

Las especificaciones del estándar se crearon tomando en cuenta las características que faciliten un sistema global, capaz de ser instalado en diferentes regiones y que garantice compatibilidad entre las mismas. Para lograr este objetivo, se planificó la red GSM de manera modular, donde cada módulo se denominó Subsistema. Así, un operador interesado en adquirir tecnología GSM no estaría obligado a adquirir toda la plataforma a un solo fabricante. Otra ventaja de esta modularidad es la asignación de procesos a diferentes nodos de la red. No existe un único elemento encargado de todos los procesos relativos al servicio, sino que la operación de estos la llevan a cabo diferentes elementos en diferentes subsistemas. (Gold, 1998)

En este sentido, se crearon tres subsistemas: el de Estaciones Base, el de Conmutación y el de Administración, los cuales se describen a continuación. En la Figura 1 se presenta un esquema de la red GSM con sus diferentes subsistemas y elementos.

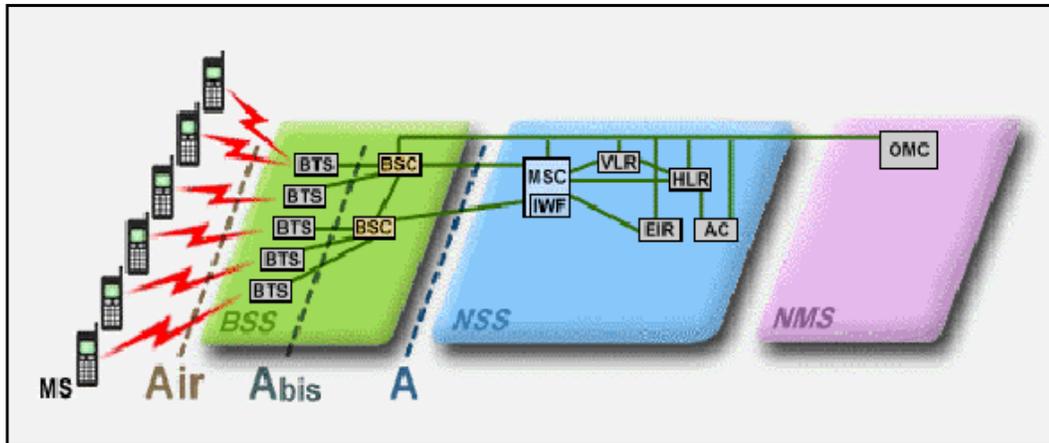


Figura 1. Subsistemas en GSM (tomado de Systra. Gold, R.)

II.1.1 Subsistema de Estaciones Base (BSS)

El Subsistema de estaciones Base o BSS (*Base Station Subsystem*) proporciona al sistema GSM funciones específicas que permiten transferir llamadas desde el NSS al MS (*Mobile Station*). También transfiere llamadas desde la BSS y MS e información acerca de las alarmas hacia el NMS (*Network Switching Subsystem*) de la red. Es la entidad responsable del establecimiento de las comunicaciones con las estaciones móviles que se encuentran dentro de su área de influencia. Esta área de influencia puede ser constituida por una o más células radio cada una de ellas con una estación base.

El BSS está compuesto por tres elementos principales: la Estación Base Controladora o BSC (*Base Station Controller*), las Estaciones Bases Transceptoras o BTS (*Base Transceiver Station*) y los Transcoders o TC (*Transcoder*) como se muestra en la Figura 2.

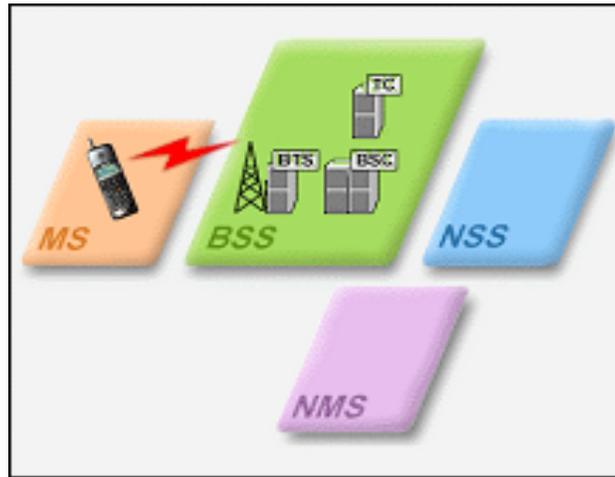


Figura 2. Subsistema de Estaciones Base (tomado de Systra. Gold, R.)

La BSC es el elemento central del BSS, controla la red de radio y se encarga del control de la interfaz aire. Sus funciones principales son el establecimiento de la conexión entre el MS y el NSS, el soporte de la señalización de las interfaces Aire y A, la administración de la movilidad, la recolección de información estadística, y el mantenimiento de las BTS, al permitir el manejo y control de la información de alarmas.

Las BTS son los elementos del sistema más cercanos al usuario luego de los MS y se encargan del manejo de la interfaz aire, su señalización, y los procesos aplicados a la señal que se transmitirá al MS con miras a garantizar una señal libre de errores.

Una Estación Base BTS está constituida por un conjunto de transceptores (TRX) que cubren la misma área. La estación base incluye además de los transceptores un módulo que realiza la función de control común de estos transceptores (BCF) y otro que maneja la transmisión entre ésta y la BSC (TRU), unidades de control de energía y extractores de calor, entre otros.

Los TC son elementos que se ocupan de decodificar y re-codificar la información con lo que la hace compatible entre el BSS y el NSS.

II.1.2. Subsistema de Conmutación y Red (NSS)

El Subsistema de Conmutación y Red o NSS (*Network Switching SubSystem*) proporciona la conmutación entre el subsistema GSM y las redes externas (PSTN, PDN, etc) junto con las bases de datos utilizadas para la gestión adicional de la movilidad y de los abonados. Los principales componentes del Subsistema de Conmutación y Red se muestran en la Figura 3.

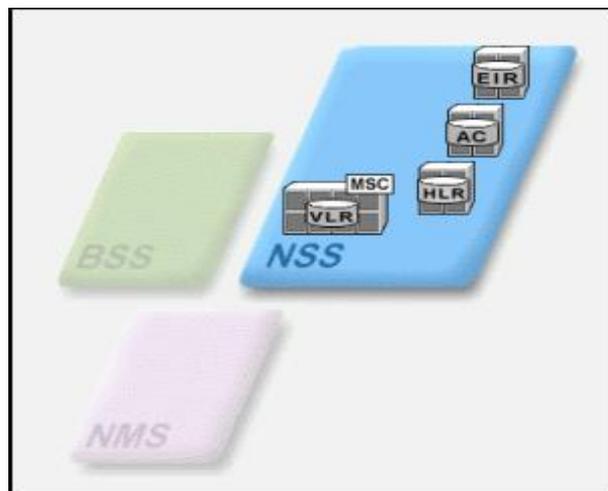


Figura 3. Elementos del Subsistema de Conmutación (tomado de Systra. Gold, R.)

El MSC (*Mobile Switching Center*) es el elemento de conmutación del sistema, capaz de detectar las características de la llamada (procedencia, destino, tipo) y realizar las conexiones necesarias. También lleva a cabo las funciones de interconexión de redes (IWF: *InterWorking Function*) que se utilizan cuando se hace necesaria la adaptación de la red GSM con alguna red externa. El manejo de datos y servicios del suscriptor es otra función del MSC, así como recolectar información referente a la facturación para enviarla al elemento encargado de su procesamiento, el BC (*Billing Center*).

El HLR (*Home Location Register*) es una gran base de datos en donde se encuentra almacenada permanentemente toda la información de los suscriptores.

El VLR (*Visitor Location Register*) provee un registro temporal de los usuarios activos en la red, dentro del área de servicio de ese VLR

El procedimiento de autenticación es llevado a cabo por la estación móvil MS, el centro de autenticación o AC (*Authentication Center*) y el VLR. El AC mantiene la información de seguridad relacionada a la identidad del suscriptor y lleva a cabo el proceso de autenticación del suscriptor. El EIR (*Equipment Identity Register*) mantiene la información de seguridad relacionada al MS y aplica algoritmos de seguridad

II.1.3 Subsistema de Administración

El NMS (*Network Management Subsystem*) se encarga del monitoreo y gestión de los diferentes elementos, funciones y eventos de los subsistemas NSS y BSS, como se muestra en la Figura 4.

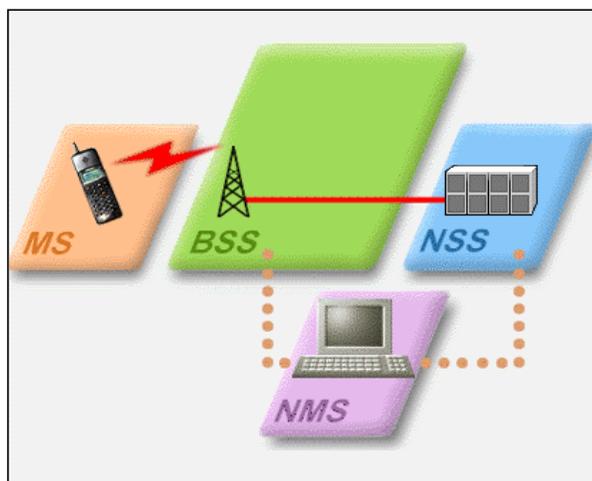


Figura 4. Subsistema de Administración (tomado de Systra. Gold, R.)

La recolección de datos estadísticos es llevada a cabo por el MSC y todos los registros: VLR, HLR, AC y EIR en el NSS y de igual forma, por las BTS, BSC y TC en el BSS. Como es de suponer, en cada lugar se recolectan diferentes tipos de estadísticas. Cuando el operador requiere del control total de los datos obtenidos, estos se transfieren al NMS a través de una red que interconecta los elementos mencionados con servidores de datos y luego los datos son procesados utilizando las herramientas de análisis de este subsistema. En general, es necesaria la recolección de información en ambos lados de cada interfaz definida, y de esta manera, al comparar los resultados obtenidos, el operador puede tener una idea de la calidad de la red y de su uso.

La información de monitoreo de los diferentes elementos, funciones y eventos se ha dividido haciendo que el NSS tenga tres funciones básicas: Administración de Configuración, Administración de Fallas y Administración de Desempeño. La Administración de Configuración se encarga de mantener actualizada la información de operación y estado de configuración de los diferentes elementos de BSS y NSS. La Administración de Fallas tiene como propósito la rápida corrección de fallas las cuales se notifican por medio de alarmas de operación del sistema. La Administración de Desempeño recolecta mediciones de los diferentes elementos de la red y los almacena para que el operador pueda asociar diferentes mediciones con el fin de generar reportes indicativos del desempeño de la red y comparar dichos reportes a lo largo del tiempo.

Los indicadores de desempeño o rendimiento de la red (*Performance Indicators*) se calculan con la información de las mediciones que son almacenadas en Contadores existentes en las BSC (*BSC Counters*), los cuales se incrementan siempre que ocurren determinados eventos tanto a nivel de BTS como de BSC y MSC, por ejemplo, durante el establecimiento, duración y culminación de llamadas. Para entender la información almacenada en estos contadores es necesario conocer los conceptos de canales (físicos y lógicos) y como se realizan los procesos de generación, control y manejo de llamadas. (Gold, 1998)

II.2. Canales físicos y lógicos

El sistema GSM puede operar en la banda de 900 MHz, la de 1800 MHz y la de 1900 MHz. Cada una de estas bandas se divide a su vez en dos sub-bandas de 25 MHz cada una: Una para la transmisión de Radio Frecuencia desde el móvil hacia la radio base (UpLink) y otra para la transmisión de RF de la radio base hacia el móvil (DownLink). Ambas sub-bandas se dividen en 125 portadoras de RF de un ancho de banda de 200 KHz. La división de la totalidad de la sub-banda de 25 MHz es lo que se conoce como Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

Cada portadora es capaz de llevar canales de voz y datos utilizando la tecnología TDMA, con la cual un canal de radio frecuencia es dividido en ocho períodos cortos de tiempo consecutivos llamados *Timeslot* o ranuras de tiempo. La Figura 5 muestra un esquema de la división de las bandas de frecuencia. (Laizzo, 2005)

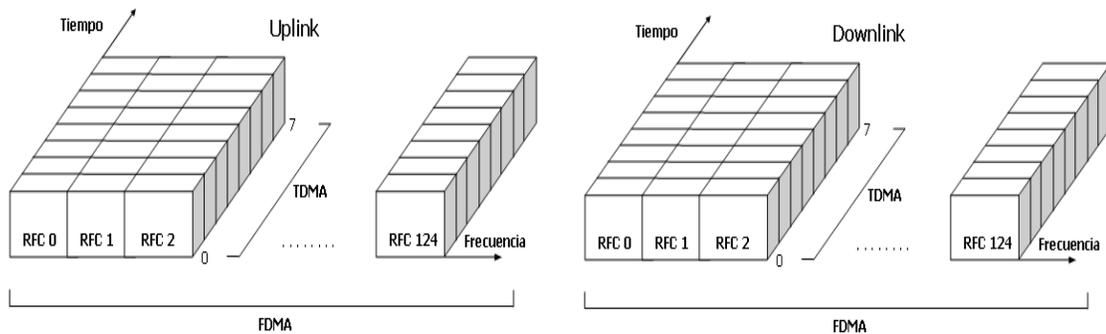


Figura 5. División de las Bandas de Frecuencia (tomado de Sistemas Celulares. Laizzo, A.)

El significado de Canal Físico se refiere a cada una de las ocho posiciones en las que se subdividen los canales de radio frecuencia. Un canal físico puede usarse indistintamente para tráfico de voz como tráfico de datos. Sencillamente es el espacio físico utilizado para llevar la información de un punto a otro. En las BTS los canales físicos corresponden a cada una de las 8 ranuras de tiempo que constituyen un TRX.

El contenido de los canales físicos se denomina canales lógicos y se refiere a la función o rol que cumple la información que se traslada usando una ranura de tiempo determinada

Para entender este concepto, se describe de forma sencilla el proceso que se lleva a cabo para que un móvil pueda recibir una llamada: En primer lugar el suscriptor tiene que ser previamente localizado, para ello la red envía un mensaje de búsqueda a todas las BTS dentro del área de localización donde el usuario se haya registrado la última vez. El móvil responde al llamado solicitando un canal para poder establecer la comunicación. Luego la red reconoce la petición y localiza un canal disponible con la finalidad de transmitir los datos referentes a la llamada. Por último el móvil recibe la información del canal y se traslada al canal asignado. Durante la conversación, el móvil mide la potencia de la señal a la que está conectada y la portadora de sus adyacencias, y envía los reportes de medida a la BSC

En cada uno de los pasos del proceso descrito (búsqueda, asignación del canal de tráfico y monitoreo de potencia) se requiere de un canal lógico ya que los datos transmitidos por ellos es diferente.

Hay dos tipos de canales lógicos, denominados canales de control común y canales dedicados. Los canales comunes se refieren a aquellos que difunden información hacia los móviles. Los canales dedicados son aquellos que se establecen para el intercambio de señalización entre el móvil y la BTS, BSC o MSC.

Una radio base puede tener varios TRX, pero siempre hay uno encargado de llevar los canales de control común. En la Figura 6 se muestra un esquema con los diferentes tipos de canales lógicos

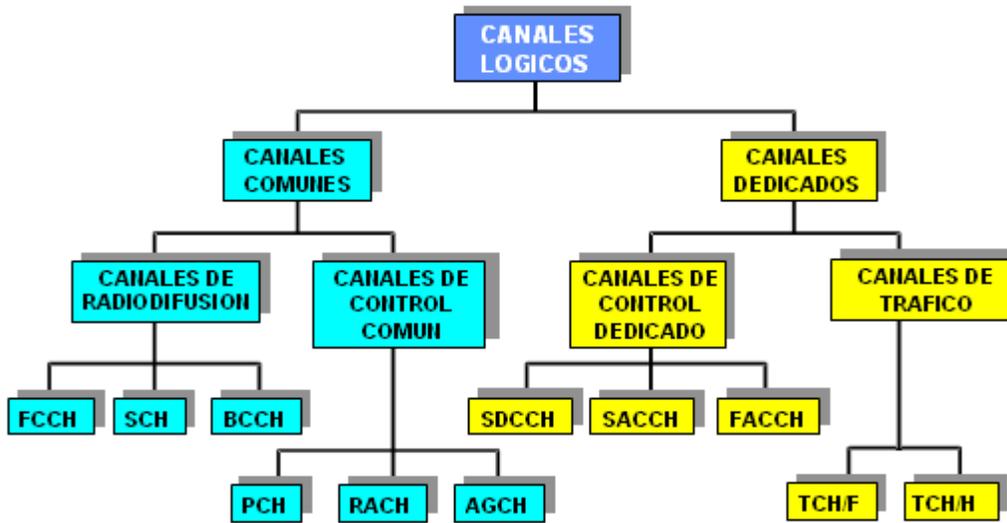


Figura 6. Esquema de los Tipos de Canales Lógicos (tomado de Sistemas Celulares. Laizzo, A)

- **Canales de Radiodifusión:** Son canales de bajada punto a multipunto. Hay tres tipos:
 1. FCCH (*Frequency Correction Channel*): Ayuda al móvil a sintonizarse a una BTS Consiste en una ráfaga de puros ceros que actúan como bandera para que los móviles ubiquen a un grupo de TRX
 2. SCH (*Synchronisation Channel*): Contiene el código de identificación de la BTS con el cual se corrobora que la frecuencia medida por el móvil corresponde a la estación base correcta.
 3. BCCH (*Broadcast Control Channel*): Contiene detalles de la red e información específica de la celda.
- **Canales de Control Común:** Se utilizan para el establecimiento de conexiones punto a punto:
 1. PCH (*Paging Channel*): Sirve para localizar un móvil en un área determinada.
 2. RACH (*Random Access Channel*): Es utilizado por el móvil para solicitar un canal de tráfico bien sea para iniciar o recibir una llamada.

3. AGCH (*Access Grant Channel*): Canal encargado de asignar un canal de Control Dedicado (SDCCH)
- **Canales de Control Dedicado:** Son utilizados para el establecimiento de las llamadas, envío de reportes de medida y handover. Hay tres tipos:
 1. SDCCH (*Stand Alone Dedicated Channel*): Utilizado para señalización del sistema: establecimiento de la llamada, autenticación, actualización de ubicación, asignación de canal de tráfico y transmisión de mensajes cortos.
 2. SACCH (*Show Associated Control Channel*): Hay un canal SACCH asociado a cada canal SDCCH y un canal de tráfico. Este transmite reporte de medición, control de potencia.
 3. FACH (*Fast Associated Control Channel*): Al momento de realizar un handover, se requiere de un rápido intercambio de señalización por lo que se sustituye 20 mseg de la trama de voz en el canal de tráfico por este canal de señalización.
 - **Canales de Tráfico:** Son de uso dedicado ya que cada canal se utiliza para un usuario específico y nadie puede acceder a ese canal mientras esté siendo utilizado por el usuario a quien fue asignado. Transmiten voz y datos a una tasa media (HR *Half Rate*) de 6.5 Kbps o a una tasa full (FR *Full Rate*) de 13 Kbps

II.3. Diagramas de Procesos para establecimiento, control y manejo de llamadas

Los procesos que son llevados a cabo entre los equipos de la red para el establecimiento, control y manejo de llamadas están bien definidos en diagramas que contienen la información de cada uno los eventos que ocurren, ya sea cuando estos se ejecuten de forma exitosa o no. Por ejemplo, los procesos de HandOver son necesarios para:

El diagrama de pasos mostrado aplica al tipo de HandOver interno a una BSC entre celdas distintas. La Figura 8 muestra una representación más gráfica

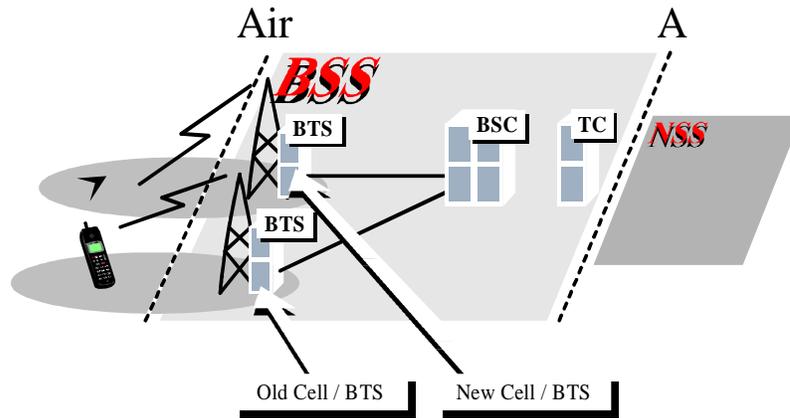


Figura 8. HandOver interno a una BSC entre BTS (tomado de Systra. Gold, R.)

En el diagrama se observa que luego de que la BSC recibe las mediciones del móvil y la BTS, y decide realizar el handover. Ésta envía un mensaje de petición de requerimientos físicos a la BTS a la cual se intenta transferir la llamada (BTS2). Si ésta lo recibe envía una confirmación a la BSC, en caso contrario, se termina la petición de handover y la llamada continua en la BTS vieja (BTS1). En ambos casos se incrementa el BSC Counter asociado a cada evento.

La BSC al hacer la reservación del canal hace la activación enviando un mensaje a la BTS2. Cuando la BTS2 envía el Acknowledge continúa la petición de handover.

Si la petición de handover es permitida, se crea una conexión unidireccional con la cual el MSC puede ser capaz inmediatamente de comunicarse con el MS. Por otro lado, la BSC inicia el almacenamiento de mensajes para evitar la pérdida de información

Seguidamente la BSC envía el mensaje de solicitud de handover a la BTS servidora de la llamada (BTS1) y ésta a su vez se encarga de hacerla llegar al móvil. El MS debe entonces pedir el acceso a la BTS 2 de manera de que se le envíe la información de los requerimientos físicos con lo cual se hace la conexión bidireccional con el MSC. Luego de que MS haya culminado satisfactoriamente el proceso de señalización envía un mensaje por la nueva BTS, con esto informa a la BSC que detenga el almacenamiento de los mensajes puesto que la comunicación está establecida.

Después de completado el handover, la BSC libera el canal en la BTS1 enviándole un mensaje, la cual responde con un Acknowledge.

Para cada uno de los pasos descritos existen contadores que guardan información tanto de los eventos realizados exitosamente como aquellos en los que ocurrió alguna falla. El detalle de los contadores no puede ser agregado al presente capítulo por la política de confidencialidad impuesta por la empresa, sin embargo, a continuación se describen algunos de los involucrados en el cálculo de los indicadores de rendimientos analizados en el presente trabajo.

II.4. Indicadores de Rendimiento Analizados

Los indicadores de rendimiento analizados detalladamente son los de Call Setup Failure, Handover Failure y Drop Call para el análisis de las estadísticas asociadas al control de llamadas de voz.

1. Call Setup Failure, es un indicador del porcentaje de fallas producidas por errores en el proceso de establecimiento de llamadas, autenticación y asignación del canal de tráfico. Estos procesos son llevados a cabo por el sistema enviando información de señalización a través del canal SDCCH. La fórmula para obtener el porcentaje de fallas de este indicador incluye contadores como:

- SDCCH_BUSY_ATT: Almacena el número de intentos no exitosos de tomar el canal SDCCH debido a que todos los canales SDCCH están ocupados.
- SDCCH_RADIO_FAIL: Almacena el número de transacciones fallidas a través del canal SDCCH debido a fallas de radio
- SDCCH_BTS_FAIL: Almacena el número de transacciones fallidas debido a fallas en la BTS

2. Handover Failure, un indicador del porcentaje de fallas producidas por errores en el proceso de darle continuidad a una llamada al pasar de una BTS a otra, de un canal a otro dentro de la misma BTS, de una BSC a otra, o de un MSC a otro. Este proceso se conoce como HandOver (HO). El porcentaje de fallas de este indicador se calcula como:

$$\begin{aligned}\text{Handover Failure (\%)} &= 100 * (\text{HO fallidos}) / (\text{Intentos de HO}) \% \\ &= 100 * (\text{Intentos HO} - \text{HOs exitosos}) / (\text{Intentos de HO}) \% \\ &= 100 * [1 - (\text{HOs exitosos})/(\text{Intentos de HO})] \%\end{aligned}$$

De esta fórmula se deduce que los contadores utilizados guardan información del número de HOs exitosos y el total de intentos de HO. Algunos de los contadores son:

- MSC_I_SUCC_HO: Almacena el número de handover entrantes exitosos controlados por el MSC
- BSC_O_SUCC_HO: Almacena el número de handover salientes exitosos controlados por la BSC
- CELL_TCH_TCH_AT: Almacena el número de intentos de handover desde un canal TCH a otro canal TCH

3. Drop Call, es un indicador del porcentaje de fallas producidas por errores durante una llamada en curso, provocando interrupción de la llamada. Algunos de los contadores involucrados para el cálculo del porcentaje de fallas de este indicador son:

- TCH_RF_OLD_HO: Almacena el número de asignaciones de TCH fallidos debido a fallas de radio en el canal viejo durante un handover a otro canal TCH.
- TCH_TR_FAIL: Almacena el número de asignaciones de TCH fallidos debido a fallas de en el transcoder
- TCH_BTS_FAIL: Almacena el número de transacciones fallidas a través del canal de TCH debido a fallas en la BTS

Otro indicador de rendimiento de la red importante que permite identificar posibles anomalías en el funcionamiento de las antenas recibe el nombre de **Link Budget**, el cual requiere del análisis de la información de la Potencia de las antenas en DownLink (potencia con la que transmite la BTS al móvil) y en UpLink (potencia recibe la BTS del móvil). Para analizar este indicador se necesitan las estadísticas de un período de tiempo considerable en el que se pueda identificar la variación progresiva o degradación de las antenas según sus niveles de potencia transmitida y recibida. Cuando las antenas no presentan problemas en su funcionamiento, la diferencia entre la potencia en UpLink y DownLink permanece constante. Para este indicador de rendimiento se analizan los contadores de:

- AVE_DL_SIGN_STR: Almacena el promedio de la potencia en DownLink durante un día
- AVE_UL_SIGN_STR: Almacena el promedio de la potencia en UpLink durante un día

Para el análisis del servicio de datos (GPRS *General Packet Radio Service*) existen otros indicadores de rendimiento. El sistema implementado contempla identificar las

estaciones que manejen tráfico de datos en UpLink pero no en DownLink, lo que significa que, cuando una BTS recibe solicitudes de descarga de datos de parte de equipos móviles y ésta no hace transferencia de paquetes, se presume que la estación pueda estar presentando alguna falla. Cuando eso ocurre se dice que la estación se encuentra en **Sleeping Cell**. Los contadores analizados para identificar BTS en Sleeping Cell son:

- **NBR_OF_DL_TBF:** Almacena el número de TBFs (Temporary Block Flows) manejados en DownLink. Los TBFs son unidades de transporte para los paquetes de datos.
- **NBR_OF_UL_TBF:** Almacena el número de TBFs manejados en UpLink

El estudio de la información que se maneja en los diagramas de procesos para el establecimiento, control y manejo de llamadas, el conocimiento de la arquitectura de la red GSM, la función de los equipos que constituyen la red y demás conceptos desarrollados en este marco teórico son base fundamental para entender los capítulos a continuación descritos

Capítulo III

Metodología y Desarrollo

El proyecto de Trabajo Especial de Grado se dividió en cuatro actividades principales, donde cada una de ellas tiene a su vez actividades específicas que permitieron cumplir en los plazos establecidos los objetivos pautados inicialmente. Las actividades se describen a continuación:

III.1. Análisis de la Red GSM de Digitel.

La metodología seguida para el análisis de la red GSM se basa en una consulta bibliográfica en manuales de operación y libros proporcionados por la empresa, de los cuales se extrajeron los contenidos agregados al Marco Teórico del proyecto, cuidando el tema de la confidencialidad impuesta por la empresa en estos desarrollos.

Se hizo el estudio de cada uno de los subsistemas que conforman la red: el BSS (Base Station Subsystem), el NSS (Network Switching Subsystem) y el NMS (Network Management Subsystem); las funciones y la constitución de los equipos del BSS. Se analizó la relación entre sus posibles fallas, su respuesta ante las mismas y la generación de alarmas automáticas.

Se analizaron también los procesos de generación, control y manejo de llamadas. Para ello se estudiaron diagramas de señalización entre el móvil y los equipos del BSS y NSS involucrados en los diferentes procesos: MS (*Mobile Station*), BTS (*Base Transreceiver Station*), BSC (*Base Station Controler*) y MSC (*Mobile Switching Center*). Estos procesos proporcionan información de los llamados BSC Counters, los cuales son contadores almacenados en la base de datos de la empresa, que guardan registro del número de veces que ocurren determinados eventos tanto a nivel de BTS

como de BSC y MSC, por ejemplo, durante el establecimiento, duración y culminación de llamadas. Los BSC Counter contienen la información de las mediciones obtenidas del subsistema del radio bases.

Existen gran cantidad de contadores por lo cual se hizo necesario realizar un estudio detallado para identificar aquellos que permiten determinar la necesidad de mantenimiento preventivo o correctivo.

III.2. Estudio de las mediciones disponibles en el subsistema de radio bases.

El estudio de las mediciones disponibles en el subsistema de radio bases se realizó con la revisión de manuales de Nokia, empresa fabricante de los equipos de la red, los cuales contienen la descripción de los diferentes contadores, las tablas donde se almacenan y las diferentes razones que producen su incremento.

Con la combinación de contadores según fórmulas matemáticas se calculan diferentes indicadores de rendimiento de la red (PI *Performance Indicators*), los cuales representan el desempeño en las BTS asociados a los procesos de control de llamadas tanto de voz como de datos. La información de estas fórmulas se obtuvo igualmente de la revisión de manuales de Nokia.

El estudio de las mediciones disponibles representa un punto importante dentro del desarrollo del proyecto puesto que para identificar posibles fallas en los equipos de la red se diseñaron e implementaron varios métodos para analizar la información almacenada por los diferentes contadores involucrados.

III.3. Estudio de acciones correctivas y preventivas para la resolución de fallas en los equipos BTS de la red.

Para definir las acciones correctivas y rutinas de mantenimiento preventivo que son aplicadas para atender las fallas de mayor ocurrencia en las BTS se estudiaron las alarmas existentes en la red y se realizaron entrevistas con el personal de Operación y Mantenimiento. La información obtenida se agregó a una tabla que muestra para cada tipo de falla las razones que la producen y las rutinas preventivas o correctivas a cada una de ellas.

Realizar entrevistas con el personal fue necesario puesto que, aunque la empresa cuenta con una herramienta de Nokia que describe las alarmas generadas por los equipos y la rutina que debe llevarse a cabo para cancelarla, con frecuencia estas acciones no son aplicadas por razones de costo. En muchos casos la herramienta indica que debe reemplazarse el equipo afectado cuando en la práctica pueden existir acciones más eficientes para la resolución de las fallas. Con esta información el sistema automáticamente identifica las acciones que se deben llevar a cabo para atender las fallas detectadas.

III.4. Diseño e Implementación del Sistema.

El diseño del sistema se realizó tomando en cuenta los recursos disponibles en la empresa para la obtención de las mediciones de desempeño de la red. Además se diseñó considerando los requerimientos tanto de la empresa como los propios del sistema. Las diferentes consideraciones analizadas para lograr el diseño finalmente implementado se encuentran descritas en el siguiente capítulo así como la descripción detallada del software desarrollado.

Capítulo IV

Resultados

En el presente Trabajo Especial de Trabajo se considera como resultado todo el proceso de análisis y evaluación previa con el que se hizo posible definir el diseño final del proyecto, así como también la aplicación implementada a partir de dicho diseño. Ambos aspectos se describen a detalle en el presente capítulo.

IV.1. Diseño del Sistema.

El sistema de gestión diseñado es una herramienta que facilita la detección y resolución de fallas en las radio bases a través del análisis estadístico de los diferentes contadores que guardan información del desempeño de la red. En la Figura 9 se muestra el esquema general de su funcionamiento.

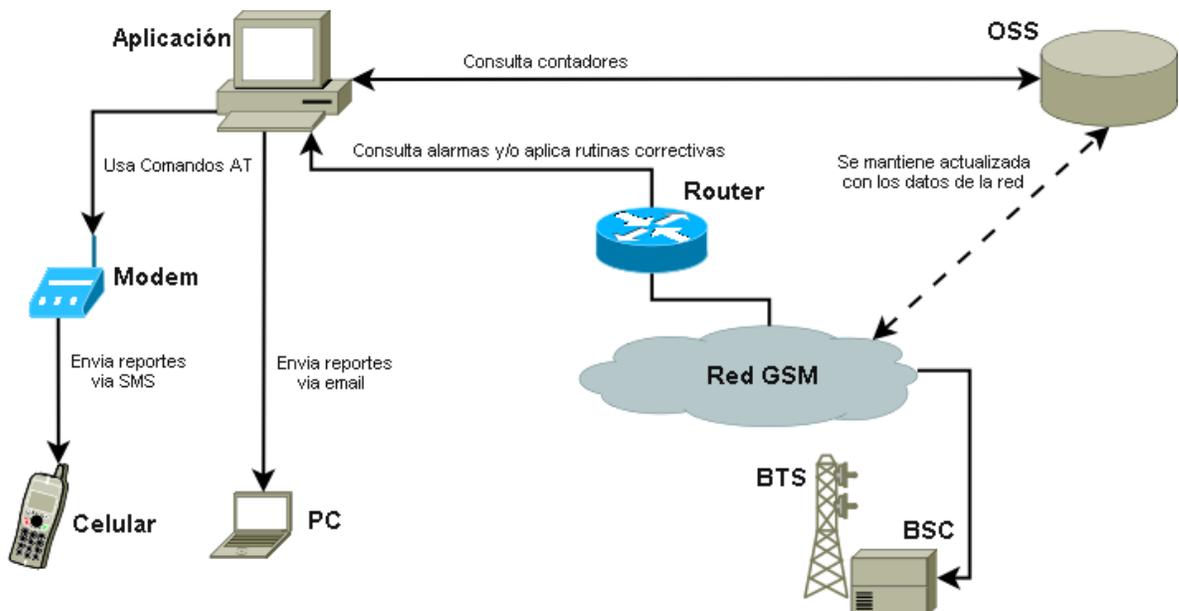


Figura 9. Diseño General del Sistema

El funcionamiento del sistema se diseñó partiendo de la conexión a la base de datos de la empresa (OSS) para la obtención de la data almacenada en los BSC Counters. Con esa información se calculan los porcentajes para los diferentes indicadores de rendimiento (PI) durante un período de tiempo. Los resultados obtenidos son analizados para identificar aquellas BTS que presentan alteraciones en su funcionamiento en relación a lo normal o esperado de los equipos, lo que sugiere posibles fallas en los mismos.

En caso de que se detecten interferencias en la interfaz aire que afectan servicio, el sistema descartará a las BTS afectadas puesto que será la causa de la variación de los indicadores de rendimiento y no una falla producto del mal funcionamiento de los equipos.

Por otro lado, el sistema contempla detectar automáticamente las alarmas que se encuentran activas al momento de analizar los indicadores de rendimiento. Esto se debe a que cuando ocurre una falla en un equipo puede activarse o no una alarma en la plataforma de monitoreo actual. Si se genera una alarma, la información permite identificar las causas de la variación en los porcentajes de fallas calculados. Por ejemplo, si una BTS genera una alarma que indica falla en un TRX (Unidad transceptora), sus indicadores se verán afectados ya que la estación no podrá cursar llamadas a través del equipo. En caso de que no se detecten alarmas en los equipos, la información obtenida de los contadores se analiza para identificar las posibles causas que producen la variación en los indicadores de rendimiento.

Una vez identificadas las fallas y sus posibles causas se consulta la información de las acciones correctivas o preventivas almacenadas en la base de datos implementada para el sistema. Según sea el tipo de falla, las rutinas pueden ser aplicadas de forma automática o pueden requerir de la participación del personal de la empresa.

Para realizar las acciones automatizadas el sistema utiliza una interfaz remota a los equipos BTS estableciendo un canal de comunicación entre el PC y las BSC de la red a través de la intranet de la empresa.

Por último, los resultados del análisis estadístico y de las alarmas detectadas son notificados vía mail con la información que sirve de soporte al personal de mantenimiento para la resolución de las fallas. Adicionalmente, puesto que la notificación puede ser más efectiva vía SMS, se implementó un módulo para el envío de las estaciones que presentan alarmas al terminal móvil del personal encargado de atender las fallas.

IV.1.1. Métodos de Análisis de los Indicadores de Rendimiento

Los indicadores de rendimiento analizados detalladamente para ser utilizados en el proyecto fueron aquellos continuamente monitoreados por el personal de la empresa, con la finalidad de reducir el tiempo de análisis invertido. Se definió que el sistema analice específicamente los indicadores de Call Setup Failure, Handover Failure y Drop Call para el análisis de las estadísticas asociadas al control de llamadas de voz. Durante el desarrollo del proyecto se diseñaron varios métodos para analizar estos indicadores.

Como se muestra en la Figura 10, los métodos parten siempre de una hipótesis, la cual es puesta a prueba para luego analizar los resultados obtenidos. Del análisis se obtiene como resultado una lista de estaciones que pueden estar presentando fallas en un momento determinado. Esta lista es revisada utilizando las herramientas existentes en la empresa con la finalidad de identificar si realmente esas estaciones requieren de una rutina de mantenimiento preventivo o correctivo. Si los resultados no son del todo significativos se plantea una nueva hipótesis a probar con la finalidad de obtener mejores soluciones.

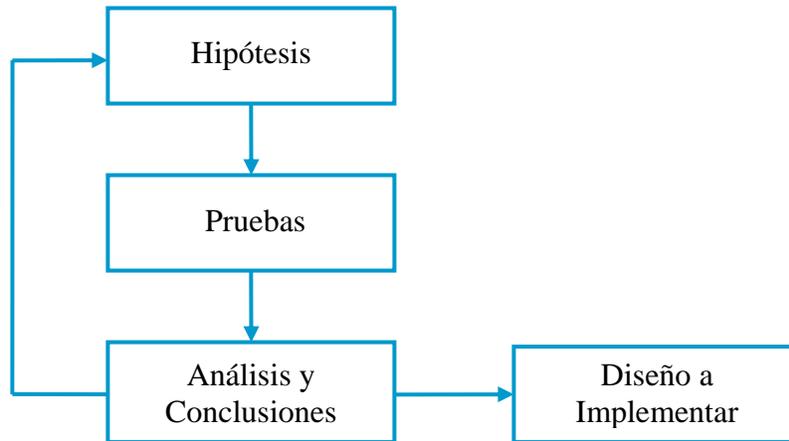


Figura 10. Diagrama de Actividades

Para analizar los indicadores de Link Budget y Sleeping Cell no se hizo necesario el planteamiento de varias hipótesis. En estos casos el método de análisis implementado fue diseñado por el personal de la empresa basado en su experiencia.

A continuación se explican cada uno de los métodos diseñados e implementados para los diferentes indicadores de rendimiento.

IV.1.1.1. Análisis de los Indicadores de Voz

Los indicadores de Call Setup Failure, HandOver Failure y Drop Call están asociados al rendimiento de los equipos durante las llamadas de voz. Para garantizar este servicio, la empresa define los llamados KPI (Key Performance Indicators), los cuales son porcentajes de fallas permisibles para cada uno de los indicadores de rendimiento (PI Performance Indicator). Con los KPI la empresa asegura la calidad de servicio ofrecida a sus clientes. Para el porcentaje de fallas debidas a problemas en el establecimiento de llamadas (CSF) el KPI definido es del 5%, el de HandOver (HOF) es 7% y el de llamadas caídas (DC) es 3%.

Existen estaciones cuyos porcentajes superan estos umbrales aún cuando no presentan fallas en su funcionamiento. Por ejemplo, esto es posible cuando la configuración de los equipos BTS no permite satisfacer las solicitudes de llamadas por falta de capacidad física.

Adicionalmente se sabe que los porcentajes varían de una hora a otra según el desempeño de los equipos. Por ejemplo, es altamente probable que el porcentaje de fallas de una BTS que presta servicio a un área de oficinas sea bajo durante las horas y días no laborables, mientras que cuando hay actividades puede ocurrir que la capacidad de llamadas de la BTS sea copada y por tanto nuevos intentos de llamadas sean bloqueados, incrementando así los porcentajes de fallas.

Basado en lo anterior se planteo la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1: Las estaciones que posiblemente presentan fallas en su funcionamiento según sus indicadores de CSF, HOF y DC son aquellas que satisfacen simultáneamente las siguientes condiciones:

1. El porcentaje de fallas actual para cada indicador de rendimiento supera su respectivo KPI: $(\%) \text{ Fallas Actual} > \text{KPI}$
2. El porcentaje de fallas actual supera al de la semana anterior a la misma hora. Esto permite analizar el rendimiento de las BTS bajo las mismas condiciones. Se considera además un cierto porcentaje permisible (margen) con respecto al de la semana anterior, el cual es definido a través de una interfaz de usuario, como se muestra en la siguiente inequación:

$$(\%) \text{ Fallas Actual} > (\%) \text{ Fallas de la Semana Anterior} + \text{Margen}$$

a la misma hora

La Figura 11 muestra la representación grafica de la hipótesis 1 planteada utilizando un diagrama de barras superpuestas. La barra de color rojo representa el comportamiento de una estación que posiblemente presenta fallas.

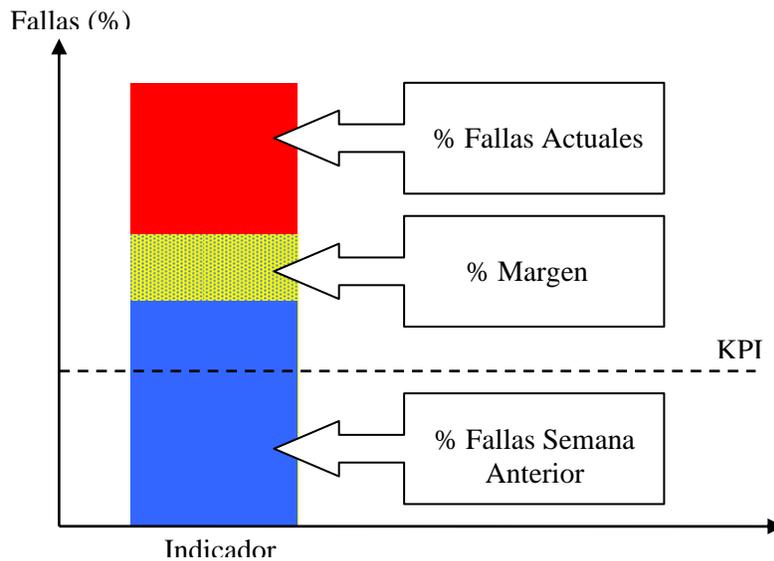


Figura 11. Representación Grafica de la Hipótesis 1

Se experimentó a diferentes horas y días, variando el parámetro de Margen para cada indicador, con la finalidad de analizar si las estaciones que resultaban de este método presentaban realmente fallas en su funcionamiento.

Al verificar el estado de operación de las BTS resultantes, utilizando las herramientas con las que dispone actualmente el personal, se observó que algunas de ellas no presentaban fallas. Además existían estaciones que tenían un bajo rendimiento y no eran detectadas con análisis realizado por el sistema.

Los resultados obtenidos permitieron identificar que las estadísticas de la semana anterior podían no reflejar el funcionamiento normal de la BTS. Por ejemplo, si una estación registró una falla durante la semana anterior, sus estadísticas están alteradas, por lo cual no es significativo comparar contra ellas.

Para mejorar la hipótesis planteada se decidió llevar un histórico que almacenara la información de los contadores en función de días y horas, con esto se obtiene una mejor aproximación al comportamiento real de las BTS. Para ello se diseñó e

implementó una tabla en la base de datos del sistema en la que se agrega la data leída del OSS de cada hora del día, los 7 días de la semana.

A medida que se agregue mayor cantidad de data con información actualizada de los contadores será posible calcular mejores promedios con los cuales comparar en rendimiento actual de los equipos. Este proceso se denomina Afinación de los Perfiles.

Para el cálculo del promedio, se tiene la información del número de afinaciones realizadas al perfil de cada contador y un campo que guarda la suma de sus valores. La Figura 12 muestra la estructura de la Tabla de los Perfiles de Contadores



Figura 12. Estructura de la Tabla de los Perfiles de Contadores

El Promedio por contador se calcula entonces como:

$$\text{Prom_ContN} = \text{Suma_ContN} / \text{Número de Afinaciones}$$

La fecha de cuando se realizó la última actualización del perfil es también de mucha importancia ya permite asegurar que no se realizará más de una afinación a la semana, evitando de esta forma agregar data ya procesada. De no ser así se podría tener data duplicada en la base de datos del sistema, afectando por ende los valores promedio manejados

Hipótesis 2: El porcentaje de fallas actual debe ser mayor al valor promedio, el cual es definido para cada día y hora utilizando la estructura de Perfiles de Contadores, más un cierto margen de incremento permisible con respecto a dicho valor promedio como se muestra en la siguiente ecuación:

$$(\%) \text{ Fallas Actual} > (\%) \text{ Fallas Promedio} + \text{Margen}$$

según 'Perfiles'

El Margen se define con un porcentaje del promedio de fallas del día y hora analizado. El término Variación que se muestra en la siguiente inecuación es el que indica el porcentaje de incremento permisible del promedio de fallas

$$(\%) \text{ Fallas Actual} > [(1 + \text{Variación}) * (\%) \text{ Fallas Promedio}]$$

según 'Perfiles'

Por ejemplo, una Variación igual a 0.3 representa un incremento del 30% del promedio de fallas. Como se muestra en la Figura 13, si el promedio de fallas actual, (para el día Jueves a las 5 pm) es 10% y la Variación es de 0.3, el sistema considerará que una estación presenta un posible problema en su funcionamiento si su porcentaje de fallas actual es superior al 10.3%.

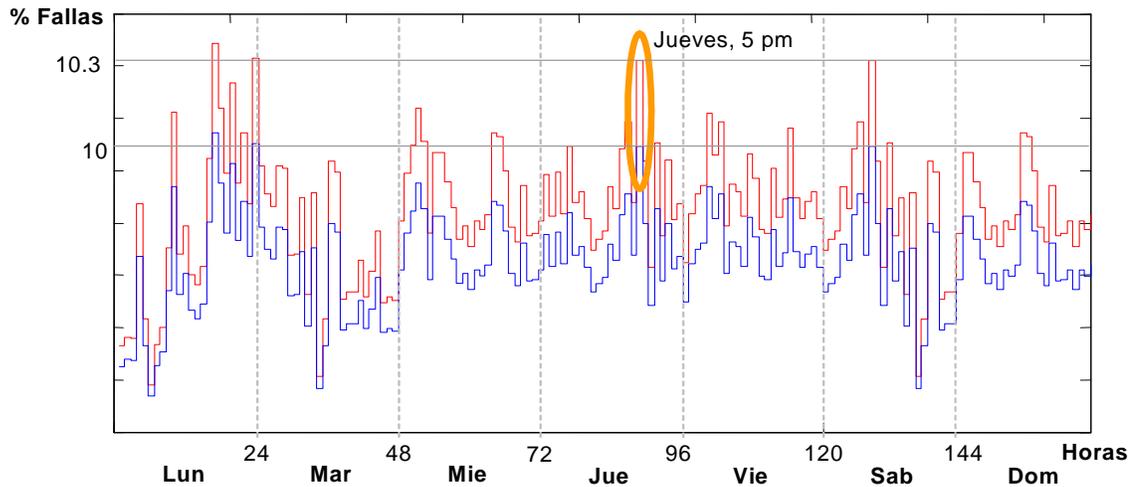


Figura 13. Gráfica de los Perfiles de Contadores

Definir el Margen en función del porcentaje de fallas leído de los Perfiles resulta efectivo sabiendo que cuando el valor promedio de los indicadores de rendimiento de una BTS es elevado, generalmente se debe a que el comportamiento normal de la estación es altamente variable, por lo que detectar una falla en su funcionamiento es posible cuando el valor del indicador es considerablemente mayor a su rendimiento promedio. Para esos casos debe considerarse un margen más grande. En caso contrario, cuando una BTS mantiene bajos sus indicadores, se recomienda monitorear el rendimiento de los equipos con márgenes más bajos

Durante esta parte del desarrollo se realizaron también pruebas con los parámetros estadísticos de desviación estándar y varianza, con la finalidad de identificar si con estas medidas de dispersión era posible definir el margen necesario para detectar posibles fallas. De estas medidas se tiene información de la lejanía de una serie de datos respecto a la media. Para ello se obtuvo información de una base de datos que guarda el valor de cada indicador de rendimiento con las medidas obtenidas del subsistema de radio bases al final de cada día. Con la data de un mes de todas las estaciones se realizó el cálculo de la varianza y desviación estándar.

Los resultados obtenidos tendían siempre a cero, de lo que se concluye que el comportamiento de las estaciones al final del día es bastante cercano al promedio para un grupo de datos de un mes. Las fallas ocurridas en las estaciones no afectan significativamente las medidas de dispersión calculadas. Éste cálculo no fue agregado al diseño finalmente implementado.

Para iniciar las pruebas de la hipótesis planteada se realizaron cuatro afinaciones de los perfiles de contador, lo que equivale a procesar la información de un mes (en cada afinación se carga la data de una semana). Se realizaron pruebas a diferentes horas y días cambiando el valor del parámetro Variación. La lista de estaciones que posiblemente presentan fallas se revisó a detalle obteniendo que efectivamente muchas de las BTS resultantes tenían alguna irregularidad en su funcionamiento. Igualmente, las estaciones que el personal conocía que presentaban alguna falla estaban resultando del análisis realizado. Sin embargo, salían otras estaciones que no eran significativas puesto que no tenían ninguna falla en sus equipos.

Revisando detalladamente el comportamiento de las estaciones no significativas se observó que en muchos casos el tráfico de llamadas cursadas es poco, lo cual produce que los porcentajes de fallas puedan incrementarse considerablemente. Por ejemplo, si el porcentaje promedio de llamadas caídas de una BTS es de 5%, y el número actual de llamadas cursadas es 10, su Drop Call actual puede variar a 10% con sólo 1 llamada caída, lo que no implica que la estación presente alguna falla.

Para contemplar que el sistema analice en función del tráfico de llamadas cursadas se diseñó que el valor del parámetro Variación no sea definido como una constante sino como una función que modele el comportamiento estudiado en relación al número de llamadas.

Hipótesis 3: El porcentaje de fallas actual debe ser mayor al promedio más un cierto porcentaje de incremento permisible con respecto a dicho valor promedio. Este incremento viene definido por el parámetro Variación. El valor de este parámetro se obtiene luego de evaluar una función expresada en términos del número de llamadas cursadas, como se muestra a continuación:

$$(\%) \text{ Fallas Actual} > [(1 + \text{Variación}) * (\%) \text{ Fallas Promedio}]$$

según 'Perfiles'

Donde:

$$\text{Variación} = \text{Base_min} * [(1 - e^{(-1 / \text{llamadas})}) * \text{Ajuste} + 1]$$

El parámetro Variación es una función exponencial con la cual el porcentaje permisible con respecto al promedio es mayor cuando el número de llamadas cursadas es menor, y va disminuyendo a medida que se incrementan las llamadas hasta llegar al valor al cual tiende la función.

El factor Base_min define el valor al cual tiende la función para un número elevado de llamadas. Esto se deduce de evaluar la función cuando las llamadas tienden a infinito. De esa evaluación se tiene que la exponencial tiende a 1, y por lo tanto $(1 - e^{(-1/\text{llamadas})}) * \text{Ajuste}$ tiende a 0, resultando entonces el valor de Base_min.

El factor Ajuste define las pendientes de la curva haciendo que su descenso sea más o menos suave, además, influye en el valor de la función cuando el número de llamadas tiende a cero.

En la gráfica mostrada en la Figura 14 se observa los valores del parámetro Variación en función del número de llamadas cursadas para valores de Base_min =1.2 y Ajuste=5.

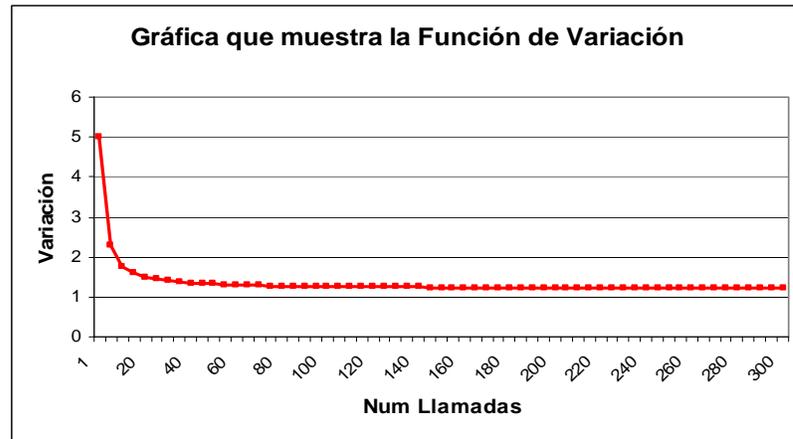


Figura 14. Grafica de la Función Variación

Base_min y Ajuste son factores positivos, mayores que cero con los que es posible afinar el análisis hasta obtener los mejores resultados.

Cada indicador de rendimiento tiene asociado sus propios factores (Base_min y ajuste) los cuales se pueden manipular para obtener la escala que mejor se aproxime a la solución deseada.

Luego de realizar diferentes pruebas para distintos valores de Base_min y Ajuste se logró obtener que las estaciones que cursan pocas llamadas no salieran como resultado del análisis sino cuando su porcentaje de fallas actual estuviese considerablemente superior a su promedio

Para la implementación de esta solución se decidió eliminar la condición planteada de que el sistema detecte posibles fallas solo si sus indicadores de rendimiento superan los respectivos KPIs (umbrales definidos por la empresa). Esto se definió en la primera hipótesis pero para el diseño final se consideró que una estación puede fallar aún cuando no supere los KPI. Si por ejemplo, el HOF promedio en una estación es de 0.5% y sube a 6.5%, el equipo puede tener algún problema a pesar de que el KPI establecido para HOF es de 7%.

En el diseño finalmente implementado también se considera que el sistema analice las estaciones de bajo tráfico con la información no sólo de la última hora, sino que agrupe varias horas consecutivas. La razón es que en estas estaciones los indicadores de rendimiento normalmente varían considerablemente de una hora a otra, por lo que agrupando varias horas se tiene una mejor aproximación al comportamiento esperado. Para ello se definió el parámetro de Tráfico en Erlangs, con el cual el sistema establece que toda BTS cuyo tráfico actual sea mayor al valor de dicho parámetro se analizara como estación de alto tráfico. En caso contrario, será considerada una BTS de bajo tráfico. Este parámetro al igual que la cantidad de horas a agrupar puede ser definido a través de la interfaz de usuario implementada para el sistema.

Causas del Incremento en los Porcentajes de Fallas

Para identificar las causas que producen el incremento de los indicadores de rendimiento de la red de voz se identifican cuáles son los contadores que guardan registro de fallas en el establecimiento y duración de una llamada. Para ello se utiliza la información de los manuales de Nokia que muestran la descripción de los diferentes BSC Counters.

El sistema agrega al detalle de fallas suministrado al personal la información de los cinco contadores que registran los valores más altos, ya que son ellos quienes hacen que su porcentaje de fallas se incremente de tal forma, esto según la experiencia adquirida empleando las herramientas actuales.

Otra información importante que permite discriminar si los porcentajes de fallas son realmente significativos es la cantidad de llamadas y el número de solicitudes de canales de señalización que cursan las estaciones. Es por ello que en el detalle de fallas que arroja el sistema también se agrega la siguiente información:

- Para el caso de Call Setup Failure, se calcula el número de solicitudes de canales SDCCH y el número de SDCCH fallidos:

$$\text{SDCCH_Request} = \text{SDCCH_SEIZ_ATT}$$

$$\text{SDCCH Fallidos} = \text{SDCCH_Request} * \% \text{CallSetup_Failure} / 100$$

- Para el caso de Drop Call, se calcula el número total de llamadas y el número de llamadas caídas:

$$\text{Núm_Llamadas} = \text{TCH_NORM_SEIZ} + \text{MSC_I_SDCCH_TCH} + \dots$$

$$\text{Núm_Llamadas_Caídas} = \text{Núm_Llamadas} * \% \text{DropCall} / 100$$

- Para el caso de HandOver Failure, se calcula el número de HandOver y el número de HandOver Fallidos:

$$\text{Núm_HO} = \text{MSC_I_TCH_TCH_AT} + \text{MSC_I_SDCCH_TCH_AT} + \dots$$

$$\text{Núm_HO_Fallidos} = \text{Núm_HO} * \% \text{HandOver_Failure} / 100$$

IV.1.1.2. Análisis del Link Budget en las Antenas

Para detectar fallas en el funcionamiento de las antenas el sistema analiza el indicador de Link Budget, el cual se define como la diferencia entre la señal en DownLink y en UpLink, medida en dB, en un momento determinado, por ello el sistema lo calcula como:

$$\text{Link_Budget} = \text{AVE_DL_SIGN_STR} - \text{AVE_UL_SIGN_STR}$$

El Link Budget de un día específico se calcula con la información de los contadores del día anterior. Esto se debe a que ellos guardan el promedio de las señales en dB durante las 24 horas de un día, por lo que no es posible tener disponible esta información sino luego de culminado el mismo.

Cuando las antenas mantienen el valor del Link Budget en el tiempo se espera que no presenten fallas en su funcionamiento. Según eso se puede definir que el valor promedio de los contadores involucrados durante un período de tiempo considerado representa el comportamiento normal esperado.

Para calcular el valor promedio de Link Budget de cada estación se utiliza la información almacenada en una tabla creada en la base de datos del sistema con una estructura similar a la utilizada para los Perfiles de Contadores como se muestra en la Figura 15

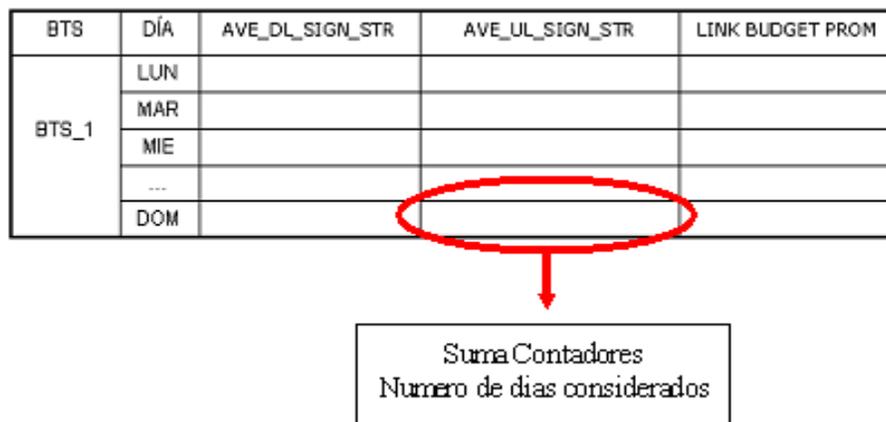


Figura 15. Estructura de la Tabla de los Perfiles de Link Budget

El número de días a considerar para el cálculo del promedio se obtiene luego de definir el período de tiempo contra el que se desea comparar. Esta fecha de inicio y fin del período es establecida a través de una interfaz de usuario.

Para determinar que una BTS pueda estar presentando fallas que afecten los niveles de señal entre ella y el Móvil se obtiene el valor promedio del Link Budget correspondiente de la estación y se define un margen en dB permisible. Si la BTS presenta fallas de Link Budget debe cumplir la siguiente incuación:

$$\text{Link_Budget_Actual} > \text{Link_Budget_Promedio} + \text{Margen}$$

El Margen se define con la información suministrada del personal puesto que por experiencia conocen que cuando la variación con respecto al promedio es mayor a 3dB la antena posiblemente presenta algún problema. Esta información fue comprobada revisando el histórico de las estadísticas arrojadas por BTS cuyas antenas fueron reemplazadas a causa de degradación de la potencia.

Comprobar que la hipótesis planteada es válida para cualquier caso de fallas de antenas por Link Budget no fue posible puesto que es poco común que ocurran problemas de este tipo. El valor del Margen puede ser modificado a través de una interfaz de usuario.

IV.1.1.3. Análisis de Sleeping Cells para Datos

Para identificar estaciones que presenten fallas en el servicio de datos se analiza el indicador de Sleeping Cells, con el cual se conocen las BTS que no responden a las solicitudes de descarga de datos de parte de los equipos móviles, lo cual quiere decir que estas estaciones reciben peticiones (tráfico de datos en UpLink) pero no responden (tráfico en DownLink)

El análisis de Sleeping Cells requiere de la información obtenida del subsistema de radio bases, específicamente de las Unidades Controladoras de Paquetes (PCU), para conocer el número de TBFs (Temporary Block Flows) transmitidos y recibidos, para ello el sistema obtiene de la base de datos de la empresa las estadísticas correspondientes a la última hora.

Debido a que en la red es normal la presencia de tráfico de datos que correspondan a señalización y no a solicitudes de móviles, se consideró definir para el análisis del sistema un número de TBFs en UpLink que sirva de umbral para descartar aquellas estaciones que no cursan datos en DownLink por no haber solicitudes. El umbral es el número máximo de TBFs que se consideran como tráfico de datos por señalización.

Si se supera el umbral el sistema se considera que la BTS está recibiendo solicitudes de parte del móvil por lo que en caso de que no se registren descargas, se presume que la estación tiene fallas por Sleeping Cell.

Una BTS presenta fallas por estar en Sleeping Cell cuando:

$$\text{NBR_OF_DL_TBF} = 0 \quad \text{y} \quad \text{NBR_OF_UL_TBF} > \text{Umbral}$$

Las pruebas realizadas definiendo un Umbral según el conocimiento de la red de datos del personal de operaciones y mantenimiento. El valor establecido es de 100 TBFs en UpLink. Las pruebas realizadas indican que para valores por encima de este umbral la estación presenta algún problema en la transferencia de datos. El valor de este Umbral puede variarse a través de una interfaz de usuario implementada.

IV.1.2 Establecimiento de la Conexión remota a las BSC

Las BSC son las estaciones controladoras a través de las cuales se manejan los equipos del subsistema de radio bases cuando se ejecutan labores de mantenimiento de forma remota. Estableciendo una conexión entre los PC y las BSC se monitorea por ejemplo el estado de operación de los equipos, es decir, si estos se encuentran bloqueados o no para el tráfico de llamadas o si tienen alarmas presentes que deban ser atendidas para no afectar el servicio. También se pueden llevar a cabo acciones como de reseteo de los equipos para la resolución de fallas sin necesidad de desplazarse al lugar donde se encuentra el problema.

Para establecer la comunicación con las distintas BSC de la red, el cliente debe conectarse a uno de los dos routers existentes, identificados por una dirección IP. En estos routers el cliente encontrará todas las ubicaciones (direcciones IP) de las BSC pertenecientes al sistema. Una vez determinada la ubicación de la BSC deseada, se debe autenticar contra dicha BSC, a través de un par usuario/contraseña, para poder acceder a la consola donde se ejecutan los comandos MML.

A cada uno de los comandos enviados a las BSC se obtiene una respuesta con formato fijo. Por ejemplo, para consultar las alarmas activas en una BSC se ejecuta el comando ZEOL. La información arrojada se presenta en el siguiente formato:

BSCNAMEXXXX	BCF-###	BTS-###	YYY-MM-DD	HH:MM:SS
TRX-###		BTSNAMEXXXX		
		ENABLE		
ALARM	#ALARMA	DESCRIPCIÓN	ALARMA	

La respuesta a todos los comandos es almacenada en un archivo de texto de donde se lee las posiciones en las que se encuentra la información necesaria para el sistema, como los números de las BCF, BTS y ranuras de tiempo afectados.

El sistema implementado envía automáticamente comandos para:

1. Consultar alarmas activas en los equipos
2. Ejecutar rutinas preventivas o correctivas para la resolución de las fallas detectadas,

Conocer las alarmas activas en los equipos de la red permite complementar el análisis realizado por el sistema. Si la falla detectada activa alarmas en la plataforma de monitoreo actual, esta información con frecuencia ayuda a determinar las causas de las alteraciones registradas en las estadísticas arrojadas por los equipos.

Para la resolución de las fallas detectadas se obtiene la información de las acciones a aplicar de forma automática de la Tabla de Rutinas de Atención, la cual define para cada tipo de alarma los pasos a seguir, como se muestra en Tabla 1.

Num. Alarma	Nombre Alarma	Descripción	Rutina
7725	TRAFFIC CHANNEL ACTIVATION FAILURE	<p>Falla que indica que el sistema ha bloqueado la ranura de tiempo porque el control de llamada ha fallado un número de veces en la activación de los canales TCH.</p> <p>Si la alarma aparece simultáneamente en varias ranuras de tiempo y en varios TRX distintos, y automáticamente se cancela, la alarma es consecuencia de algún problema de transmisión.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloquear la ranura de tiempo afectada. 2. Bloquear TRX. 3. Luego de esperar un tiempo, desbloquear TRX. 4. Cuando el TRX este trabajando WO, se desbloquea la ranura de tiempo 5. Si la falla continúa, resetear el sector 6. Si la falla persiste, reemplazar el TRX

Tabla 1. Modelo de la Tabla de Alarmas

Los comandos MML enviados automáticamente por el sistema son:

- ZEEI: Para obtener la configuración de la BTS, el estado de operación, frecuencia, tráfico de llamadas
- ZEOL: Para obtener las alarmas activas en las BTS controladas por una BSC específica
- ZERS: Para Resetar TRX
- ZEFR: Para Resetear BCF
- ZEQS: Para Resetear BTS

IV.2. Implementación del Sistema.

El mecanismo de detección temprana de fallas, la determinación de rutinas correctivas y la aplicación de las mismas debe ser automatizado con una implementación de software.

La funcionalidad principal del sistema es la detección temprana de fallas y la determinación de rutinas correctivas para su aplicación, pero para el proceso de notificación a usuarios se requirió la implementación de varias funcionalidades que permiten el envío y configuración de dichas notificaciones.

La aplicación utiliza diversas herramientas para implementar las distintas funcionalidades, como un manejador de base de datos relacionales para almacenar la información hasta librerías disponibles en el lenguaje de programación utilizado para el envío de correos electrónicos, por ejemplo.

La implementación del software se realizó en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0 por las facilidades que presta para el desarrollo de aplicaciones en un entorno gráfico (*GUI Graphical User Interface*) y la variedad de bibliotecas para manejo de base de datos, puertos, entre otros.

A continuación se describen los aspectos resultantes del sistema diseñado y desarrollado.

IV.2.1. Modelo de la Base de Datos

Toda aplicación que requiera almacenar datos a través del tiempo debe contar con un medio de almacenamiento. Las bases de datos relacionales son muy usadas en la actualidad, razón por la cual se escogió como el medio a utilizar para almacenar toda la información requerida por el software implementado.

Se realizó un Modelo de Entidad-Relación que muestra gráficamente como está organizada la información en una base de datos relacional. Luego de las pruebas concepto realizadas al modelo se implementó la base de datos en el manejador MySQL 5.

En la Figura 16 se muestra el modelo final, sin embargo los detalles de cada una de las tablas y relaciones se describen en el Apéndice A.

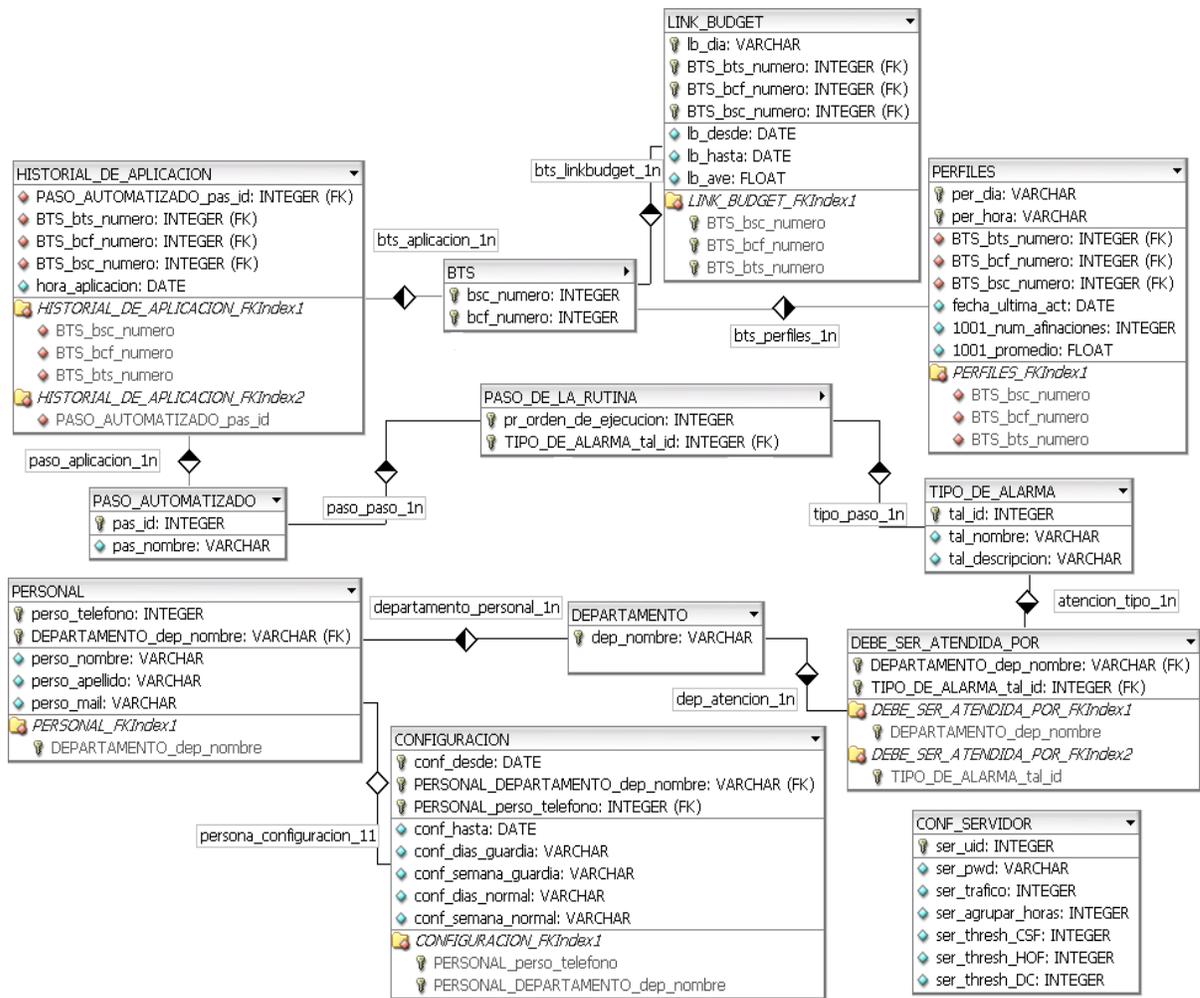


Figura 16. Modelo Entidad Relación

IV.2.2. Estructura de la Aplicación

La aplicación realiza dos tareas principalmente: Actualiza los perfiles de los contadores y analiza los contadores para hacer la detección temprana de fallas. Cada una de estas tareas fue implementada en un ejecutable distinto y se corren cada cierto tiempo de forma automática para mantener actualizadas las estadísticas y reportar las anomalías detectadas a los operadores de la red.

Las implementaciones de estas tareas fueron separadas porque pueden ejecutarse con una periodicidad distinta, ya que la afinación de perfiles requiere de un tiempo considerablemente mayor al requerido por la detección temprana de fallas.

Para poder manipular a detalle los elementos del sistema, se implementó un tercer ejecutable. Este cuenta con una interfaz gráfica de usuario mediante la cual el usuario puede editar los perfiles de los contadores, editar los perfiles de Link Budget, configurar las notificaciones, entre otras opciones.

IV.2.2.1 Actualización de los Perfiles

Este ejecutable no cuenta con una interfaz gráfica de usuario ya que es ejecutado automáticamente por un programador de tareas. Su hilo de ejecución principal realiza las siguientes operaciones:

- Se conecta con la base de datos de la empresa (OSS)
- Para cada BTS, consulta los valores de los contadores para cada hora de cada día de la semana anterior.
- Se actualiza cada uno de esos contadores en la base de datos del sistema implementado

Observando las operaciones realizadas por este ejecutable se puede entender claramente que el volumen de datos manejados es considerablemente alto, cosa que se ve reflejado en los tiempos de ejecución del mismo. En las pruebas del sistema, se obtuvieron tiempos de aproximadamente minuto y medio por estación (en una PC Pentium 4 CPU 2.8GHz con 760 MB de RAM). Actualmente existen más de 1200 estaciones en la red de la empresa, lo que indica tiempos de ejecución de más de un día.

IV.2.2.2. La detección temprana de fallas

Al igual que las actualizaciones, este ejecutable no cuenta con una interfaz gráfica de usuario. Su hilo de ejecución principal realiza las siguientes instrucciones:

- Se conecta con la base de datos de la empresa (OSS)
- Para cada BTS, se consulta cada uno de los contadores necesarios
- Haciendo uso de los perfiles almacenados en la base de datos del sistema implementado, se procede a realizar el análisis de los indicadores
- Si se detecta una falla o alarma, se envía una notificación al personal responsable para el momento de la ejecución (vía SMS y/o correo electrónico).
- De ser posible, se ejecuta automáticamente la acción correctiva, conectándose directamente a la BSC afectada.

Este ejecutable es el responsable de detectar las fallas del sistema y de darles solución temprana, ya sea ejecutando directamente la acción correctiva o notificando al personal operativo que se encuentra de guardia al momento en que se ejecutó la detección.

En la implementación del módulo que realiza las notificaciones, se usó la librería de Visual Basic *Microsoft Outlook 11.0 Object Library* para el envío de correo electrónico. Para la notificación vía SMS se utilizó un MODEM *Enfora SA-G*, el cual se conecta al computador a través del puerto serial utilizando la librería de Visual Basic *Microsoft Com Control 6.0*. A través de este puerto se realiza el envío de los llamados Comandos AT con los que el MODEM recibe la información necesaria para el envío del SMS: número de teléfono destino y texto del mensaje. Los detalles de las características del MODEM utilizado y descripción de los comandos AT se encuentran en el Anexo A.

La configuración de la periodicidad de la afinación de los perfiles y de la detección de fallas se hace a través de un sistema externo que corra los ejecutables correspondientes cada cierto tiempo. Actualmente esta programación es realizada por el Manejador de Tareas Programadas del Sistema Operativo Windows.

IV.2.2.3. El administrador del sistema

Este es el ejecutable que permite al usuario interactuar con el sistema, permitiéndole manipular la configuración del mismo y además le permite acceder las funcionalidades periódicas (la afinación y la detección de fallas) para ejecutarlas de forma manual. Las interfaces implementadas en este ejecutable permiten:

- Configurar las notificaciones.
 - Agregar y Eliminar personal de guardia
 - Definir periodos de guardia del personal
- Configurar Servidor
 - Datos de conexión con las BSC de la red
 - Modificación de los parámetros empleados en la evaluación de los indicadores (Ej: Margen en db para el análisis del Link Budget).
 - Configuración de los envíos de notificaciones (SMS y correo electrónico)
- Actualizar BTS de la Red
 - Ya que el sistema implementado mantiene una lista de las BTS de la red, se implementó un proceso de actualización en el cual se pueden integrar las nuevas BTS.
- Consulta de alarmas de los equipos

- Permite consultar, agregar y eliminar las alarmas propias de los equipos a monitorear por el sistema.
- Manejar Perfiles
 - Permite consultar, afinar o reiniciar los contadores de una BTS o BSC individualmente.
- Manejar Perfiles de Link Budget
 - Ya que estos perfiles no se afinan, se permite editar el periodo de tiempo a usar de referencia para el análisis.
- Ejecutar Detección Temprana de Fallas
 - Permite hacer una corrida para detectar fallas en toda la red.

Es importante destacar que las configuraciones aquí modificadas afectan a los ejecutables de Afinación de Perfiles y Detección Temprana de Fallas (ya que comparten la misma base de datos).

En el Apéndice B se muestra el detalle de cada una de las interfaces implementadas para la manipulación de la información almacenada en la base de datos del sistema.

IV.3. Una corrida de la Detección Temprana de Fallas desde el Administrador del Sistema

El ejecutable Administrador del Sistema cuenta con la barra de herramientas mostrada en la Figura 17 donde se observa el menú con las diferentes funcionalidades implementadas y botones de acceso directo a alguna de ellas.

Para realizar una corrida del sistema de detección de fallas desde el Administrador se utiliza el botón de **Ejecutar Análisis**, desde donde se inician los diferentes procedimientos con los que se obtienen las BTS cuyo desempeño no es el deseado.

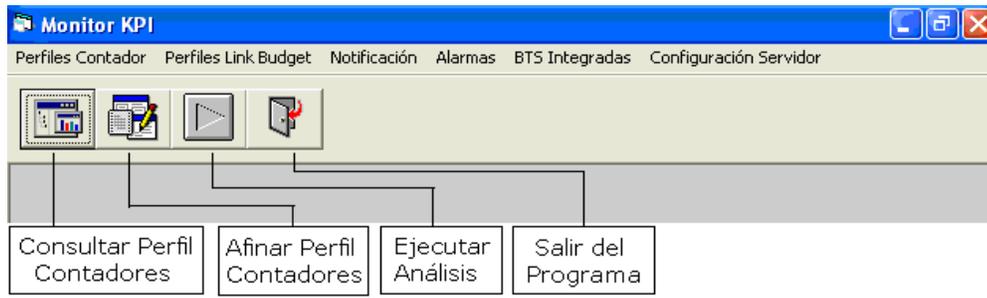


Figura 17. Barra de Herramientas

Luego de consultar a la base de datos del sistema el valor de los diferentes parámetros requeridos, la aplicación muestra dicha información en una interfaz de usuario como la mostrada en la Figura 18. La ejecución del análisis por defecto se realiza con esta información, sin embargo, en esta interfaz es posible editar cualquiera de los valores para la corrida a realizar.

Radio Network Monitor Notificación

Tráfico Erlangs **Análisis BTS de Bajo tráfico** Horas

% Variación

$$\text{Base_Min} * \left[(1 - e^{(-1 / \text{llamadas})}) * \text{Ajuste} + 1 \right]$$

CSF **Base_Min** **Ajuste**

HOF **Base_Min** **Ajuste**

DC **Base_Min** **Ajuste**

Interferencia **Threshold** %

Link Budget **Threshold** dB

Sleeping Cell **NBR_OF_UL_TBF**

Fecha **UserName**

Hora **Password**

Conectar

Figura 18. Interfaz de Edición de Parámetros

El parámetro **Tráfico** indica el umbral en Erlangs definido para identificar las estaciones de bajo tráfico y de alto tráfico necesario para realizar el análisis de sus estadísticas según les corresponda.

Análisis BTS de Bajo Tráfico permite seleccionar la cantidad de horas que se desea agregar al análisis realizado, es decir, se agrupan las estadísticas obtenidas a la hora actual con las del número de horas anteriores al seleccionado. En el ejemplo, si la aplicación corre a las 5:13 PM, como se muestra en el campo **Hora**, el análisis de las BTS de bajo tráfico se realiza sobre las estadísticas de 4:00 a 4:59 PM, y a estas se les agrega las de la hora anterior (de 3:00 a 3:59 PM) porque la cantidad seleccionada es 1 Hora en el campo **Análisis BTS de Bajo Tráfico**.

Los parámetros de **Base_min** y **Ajuste** para los indicadores Call Setup Failure (**CSF**), HandOver Failure (**HOF**) y Drop Call (**DC**) definen la función de Variación empleada para el análisis en cada caso.

En la sección **Interferencia** se define el **Margen** en porcentaje con el que descarta el análisis de las estadísticas en aquellas estaciones que presenten un porcentaje de interferencia por encima al margen definido.

El **Margen** en la sección **Link Budget** define el valor en dB permisible por encima del promedio que determina si las estaciones presentan o no fallas en el funcionamiento de sus antenas.

El parámetro **NBR_OF_UL_TBF** en **Sleeping Cell** define el número de TBFs en UpLink que sirve de umbral para identificar a las estaciones que presentan fallas por este concepto y descartar las que no cursan datos en DownLink pero por no haber solicitudes en UpLink

El **UserName** y **Password** los utiliza el sistema para autenticarse en cada una de las BSC de la red.

El botón de **Conectar** inicia la ejecución del análisis con los valores definidos. La herramienta calcula el tráfico en Erlangs de todas las estaciones con la información que obtiene de la base de datos de la empresa a la última hora, con ello se define si es una BTS de alto tráfico o de bajo tráfico. Para cada caso el sistema consulta las estadísticas y realiza las evaluaciones necesarias. Los resultados obtenidos se muestran en una interfaz como la mostrada en la Figura 19.

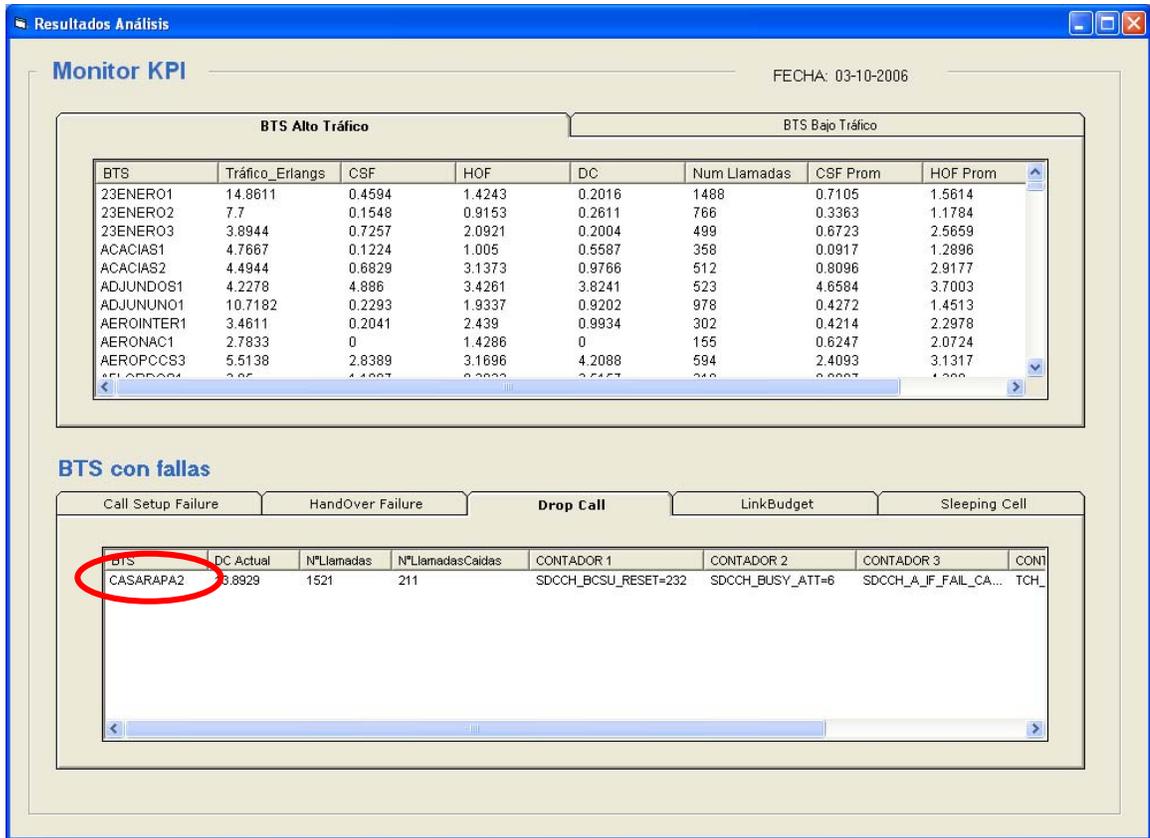


Figura 19. Interfaz de Visualización de Resultados

En la Figura 19 se muestra que la estación CASARAPA2 presenta una falla de Drop Call el día 3 de Octubre a las 9 AM, la cual fue enviada vía mail al personal configurado para recibir la notificación como se muestra en la Figura 20. El detalle de la falla se muestra en un archivo de texto como se observa en la Figura 21

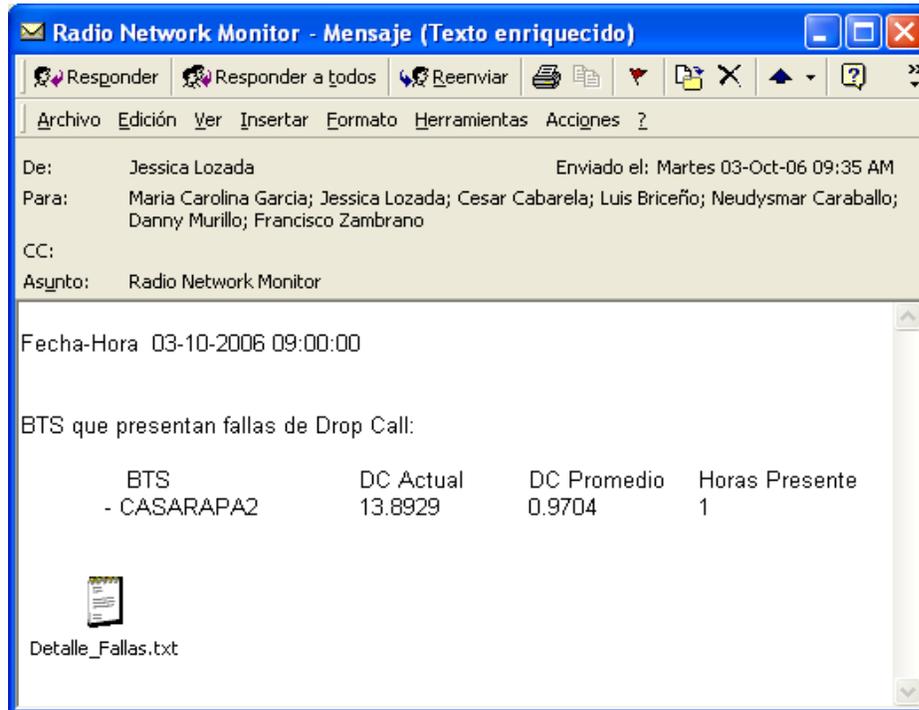


Figura 20. Ventana de Notificación de Fallas vía mail

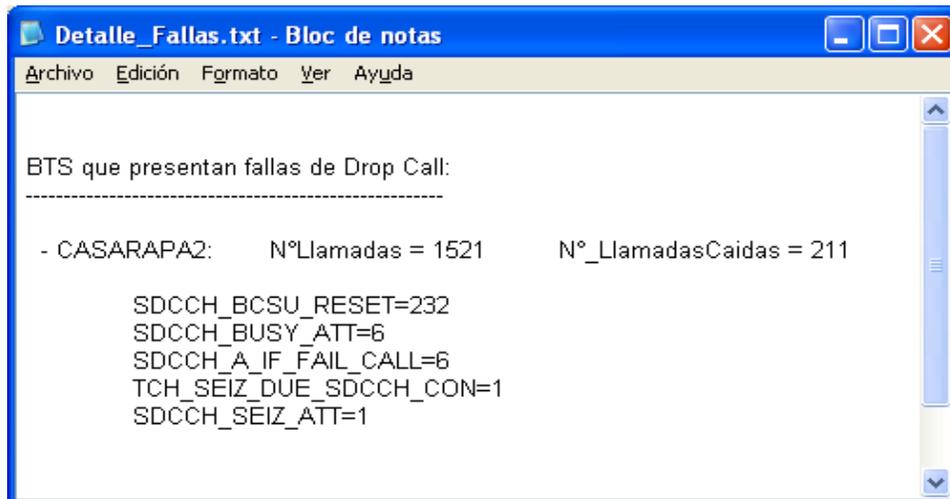


Figura 21. Ventana de Archivo con el detalle de Falla

La Figura 21 muestra que la variación en el porcentaje de fallas por llamadas caídas en CASARAPA2 se debe al incremento del contador SDCCH_BCSU_RESET, el cual indica, según la documentación de Nokia para este contador, que el canal SDCCH se pierde debido al boqueo del TRX a razón del reseteo continuo de la unidad BCSU (*Base Station Controller Signalling Unit*), siendo esto indicador del mal funcionamiento del equipo.

La consulta de las alarmas activas en los equipos utilizando los comandos MML genera un archivo de texto del que se lee la información enviada vía mail y SMS al personal de la empresa. Al mail enviado se adjunta la descripción de las alarmas y de las rutinas de atención que deben ser aplicadas para cancelarlas (Ver Figuras 22 y 23).

Para este ejemplo se obtuvo que en las alarmas detectadas no había ninguna asociada a CASARAPA2. Con este caso se comprueba que con frecuencia ocurren fallas en los equipos de la red que no activan alarmas en la plataforma de monitoreo actual.

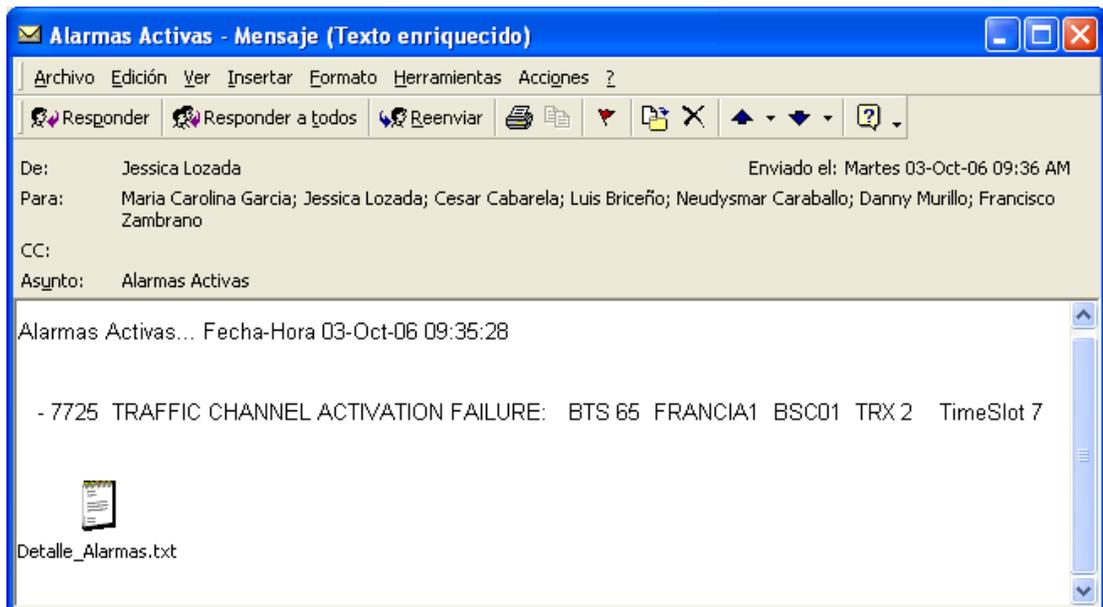


Figura 22. Ventana de Notificación de Alarmas Activas vía mail



Figura 23. Ventana de Archivo con el detalle de Alarmas Activas

Para verificar que realmente se trata de una falla en la BTS se utilizan las herramientas con las que dispone el personal para estas labores. Una de ellas es la aplicación Daily Optimizer, la cual calcula el promedio de los indicadores de rendimiento durante las 24 horas de un día. Los resultados que se muestran con esta herramienta se obtienen una vez finalizado el día lo que implica que detectar una falla podía tomar gran cantidad de tiempo.

Para el ejemplo de CASARAPA2, una vez detectada la falla se aplico la rutina de resetear el equipo, con esto se logro solventar el problema y por tanto disminuir el valor del indicador de Drop Call en la estación, como se muestra en la Figura 24 obtenida de la herramienta Daily Optimizer.

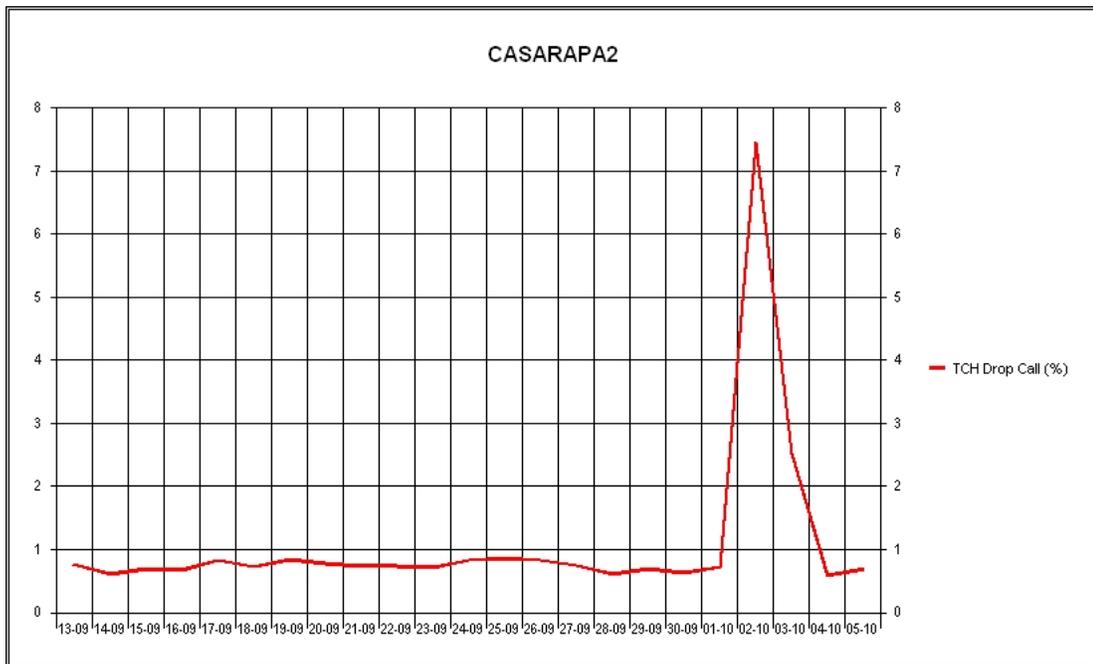


Figura 24. Indicador de Drop Call de CASARAPA2 en el tiempo

Las rutinas correctivas implementadas fueron desarrolladas bajo la supervisión del personal encargado, quienes probaron y validaron cada una de ellas. Sin embargo, por políticas de seguridad de la compañía no se permite la ejecución de ninguna de estas rutinas sin la presencia de un miembro autorizado del personal, por lo cual la aplicación, de momento, no ejecuta estas rutinas de forma automática.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

La detección temprana de fallas en las BTS de la red es posible analizando las estadísticas obtenidas de las mediciones disponibles en el subsistema de radio bases y revisando las alarmas generadas por los equipos de forma automática. De esta manera se logra minimizar el tiempo necesario para identificar alguna falla en los equipos.

La estrategia de analizar las estadísticas con el comportamiento de las BTS durante la hora anterior permite que el sistema detecte las fallas con un tiempo máximo de una hora de afectación del servicio, lo que resulta más óptimo que las herramientas actualmente utilizadas para estas labores.

Llevar un histórico de las mediciones de los equipos por cada hora y día de la semana permite comparar el funcionamiento de las BTS bajo las mismas condiciones en cualquier momento que se realice el análisis de los indicadores de rendimiento. Con ello se considera el hecho de que las estaciones normalmente varían sus porcentajes de fallas según el día y hora.

Los datos estadísticos deben ser representativos del comportamiento normal de las estaciones por lo que es recomendable que cuando ocurre una falla que afecte significativamente la información almacenada de la estación, esta no sea procesada para el cálculo del promedio. De no ser así será necesario que el sistema realice varias afinaciones de los perfiles para volver a obtener los valores normales de la estación.

Para el análisis de fallas por Sleeping Cell no se requiere almacenar un histórico del comportamiento de la BTS ya que cuando una estación recibe solicitudes de descarga de datos y esta no responde, es de presumir que el equipo presenta alguna falla.

El establecimiento de la comunicación con las BSC además de permitir conocer de forma automática las alarmas generadas por los equipos facilita la ejecución de las rutinas de mantenimiento preventivas o correctivo para atender las fallas cuando sea posible, sin necesidad de conocer la sintaxis de los comandos MML requeridos. Esta combinación de funcionalidades es de gran utilidad para reducir los tiempos de resolución de las fallas detectadas.

La notificación vía mail y SMS resulta ser un mecanismo eficiente para distribuir los resultados del análisis del sistema, además de que es de fácil implementación gracias a las librerías disponibles en Visual Basic 6.0

Por la cantidad de información que necesita ser procesada por el sistema para realizar los análisis de todas las estaciones de la red, se recomienda que la ejecución de la misma se haga en una PC con los siguientes mínimos: Pentium 4 CPU 2.8GHz con 760 MB de RAM.

La implementación de una pequeña aplicación de administración, con interfaz de usuario, para modificar los diferentes parámetros requeridos por el sistema para la análisis y notificación permiten que la aplicación se adapte a posibles cambios que puedan ocurrir tanto en la red como en los diferentes departamentos involucrados.

Referencias Bibliográficas

- Cornell, Gary (1999). *Visual Basic 6.0 Manual de Referencia*. (1° ed.). Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Charre, F. (1998). *Programación con Visual Basic 6. Adquiera los fundamentos básicos de programación*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia.
- Gold, R. (1998). *SYSTRA. NOKIA Training Material. System Training for GSM 1900*. (3° ed.). Texas, USA.
- Laizzo, Armando (2005). *Sistemas Celulares*. (1° ed.). Caracas, Venezuela: Corporación Digital Tim.
- Mishra, Ajay. (2004) *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimization*. (1° ed.). Inglaterra: John Wiley & Son.
- Nokia. (2002). *BSS Network Doctor Formulas*
- Nokia. (1998). *Database Description for BSC Measurements*. USA
- Nokia. (2001) *NetAct_Documentation_20030325*. Intranet Digital.
- Nokia. (2002). *Training Material. BSS Essentials Course*. Texas, USA.

Referencias Electrónicas:

- Data Sheet Modem Enfora SA-G TM [Información en Línea], disponible: <https://www.enfora.com/downloads/specsheets/GSM1208HR.pdf> [Consulta: 2006, Julio 10]
- Set de Comandos AT Modem Enfora SA-G™. [Información en Línea], disponible: www.enfora.com/downloads/Intnotes/Enabler-IIG%20AT%20Command%20Set%20GSM0107PB001MAN.pdf [Consulta: 2006, Agosto 14]
- Tutorial MySQL 5. [Información en Línea], disponible: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/tutorial.html>. [Consulta: 2006, Febrero 20]

APÉNDICE A

Descripción de la Base de Datos del Sistema

Para almacenar los datos persistentes del sistema se diseñó e implementó una base de datos relacional en el manejador MySQL 5.0. El diseño incluye los conceptos de clave primaria, clave foránea e integridad referencial, para garantizar que los datos almacenados se mantengan libres de errores. La figura A1 muestra el modelo Entidad-Relación finalmente implementado.

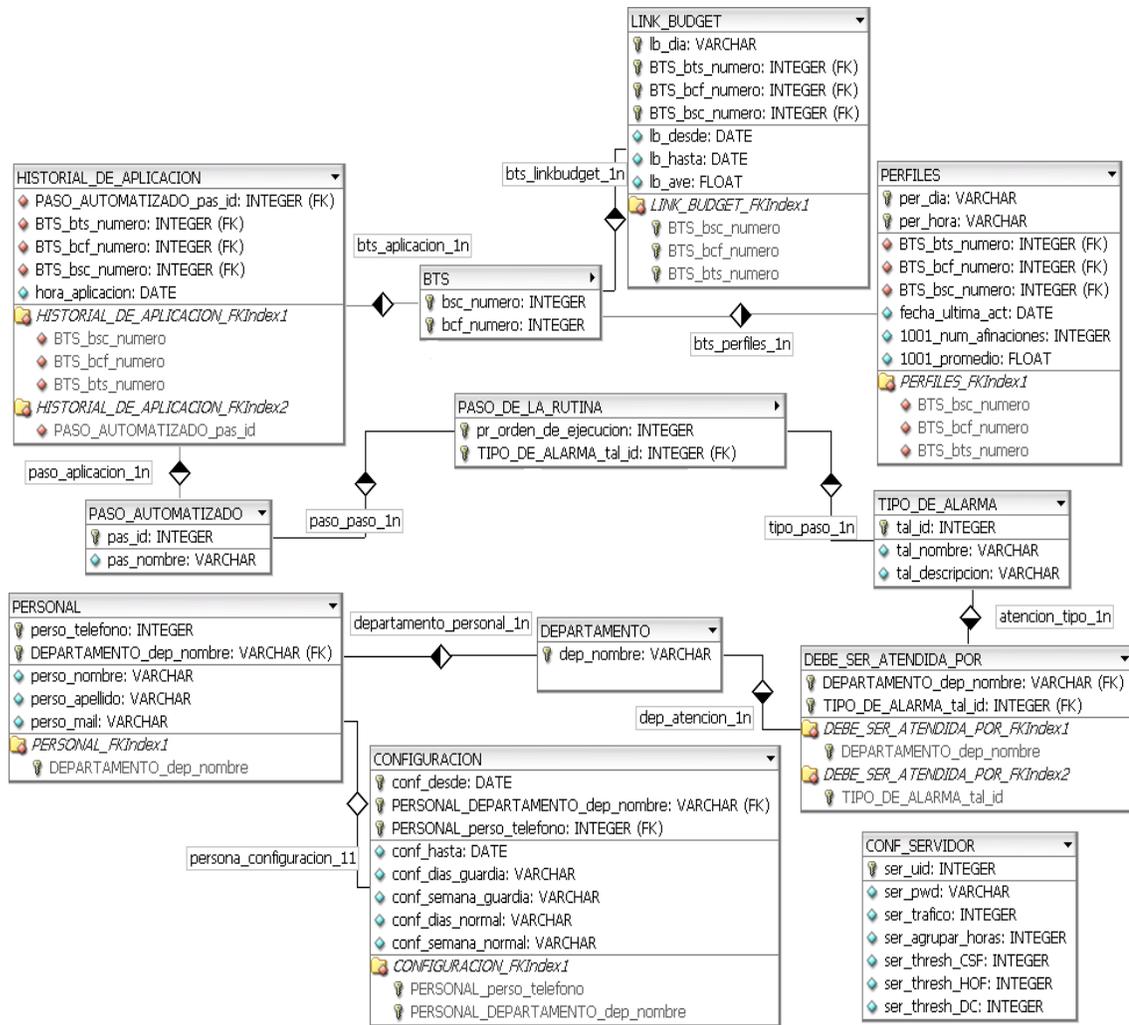


Figura A1. Modelo Entidad – Relación

La Tabla BTS, mostrada en la Tabla A1, guarda información de las estaciones que se encuentran integradas a la red. Se mantiene actualizada leyendo de la base de datos de la empresa. La integridad referencial del modelo asegura que no habrá información en el sistema que no corresponda a las BTS incluidas en esta tabla.

BTS	
🔑	bsc_numero: INTEGER
🔑	bcf_numero: INTEGER

Tabla A1. Modelo Entidad BTS

Para cada BTS se tiene una tabla PERFILES y una tabla LINK_BUDGET, mostrada en la tabla A2 y A3, respectivamente. En la tabla PERFILES, se almacena el valor procesado de cada contador, con el número de afinaciones y el promedio. La decisión de colocar los contadores como columnas de la tabla permite que el tiempo requerido por el sistema para llevar a cabo una actualización de los perfiles de todas las estaciones sea el mínimo, ya que, por la estructura que tiene la base de datos de la empresa, el número de inserciones necesarias es mínimo. Con esta estrategia, la mejora en el tiempo de respuesta del sistema es inversamente proporcional a su extensibilidad ya que para agregar un nuevo contador se debe cambiar la estructura de la base de datos agregando una columna a la tabla. La tabla LINK_BUDGET guarda el promedio de la potencia de las antenas en Uplink y Downlink, para cada día.

PERFILES	
🔑	per_dia: VARCHAR
🔑	per_hora: VARCHAR
🔗	BTS_bts_numero: INTEGER (FK)
🔗	BTS_bcf_numero: INTEGER (FK)
🔗	BTS_bsc_numero: INTEGER (FK)
📅	fecha_ultima_act: DATE
📊	1001_num_afinaciones: INTEGER
📊	1001_promedio: FLOAT
📁	<i>PERFILES_FKIndex1</i>
🔗	BTS_bsc_numero
🔗	BTS_bcf_numero
🔗	BTS_bts_numero

Tabla A2. Modelo Entidad Perfiles

LINK_BUDGET	
🔑	lb_dia: VARCHAR
🔑	BTS_bts_numero: INTEGER (FK)
🔑	BTS_bcf_numero: INTEGER (FK)
🔑	BTS_bsc_numero: INTEGER (FK)
🔹	lb_desde: DATE
🔹	lb_hasta: DATE
🔹	lb_ave: FLOAT
📁	<i>LINK_BUDGET_FKIndex1</i>
🔑	BTS_bsc_numero
🔑	BTS_bcf_numero
🔑	BTS_bts_numero

Tabla A3. Modelo Entidad LINK_BUDGET

En la tabla TIPO_DE_ALARMA que se muestra en la tabla A4 se almacena la información de las alarmas de mayor ocurrencia definidas durante la fase Levantamiento de Información. Es posible agregar nuevos tipos de alarmas y modificar o eliminar las existentes utilizando una interfaz de usuario implementada.

TIPO_DE_ALARMA	
🔑	tal_id: INTEGER
🔹	tal_nombre: VARCHAR
🔹	tal_descripcion: VARCHAR

Tabla A4. Modelo Entidad Tipo de Alarmas

La tabla PASO_DE_LA_RUTINA (Tabla A5) guarda la información del orden de ejecución con el que se deben llevar a cabo los pasos que son automatizados por el sistema, es decir, para cada tipo de alarma están definidos unos pasos con los cuales es posible atacar o notificar las alarmas que ocurran en una estación. La tabla PASOS_AUTOMATIZADOS contiene, como su nombre lo indica, los pasos que puede llevar a cabo el sistema de forma remota y automática como se muestra en la Tabla A6.

PASO_DE_LA_RUTINA	
🔑	pr_orden_de_ejecucion: INTEGER
🔑	TIPO_DE_ALARMA_tal_id: INTEGER (FK)
🔑	PASO_AUTOMATIZADO_pas_id: INTEGER (FK)
📁	<i>PASO_DE_LA_RUTINA_FKIndex1</i>
🔑	TIPO_DE_ALARMA_tal_id
📁	<i>PASO_DE_LA_RUTINA_FKIndex2</i>
🔑	PASO_AUTOMATIZADO_pas_id

Tabla A5. Modelo Entidad Paso de la Rutina

PASO_AUTOMATIZADO	
🔑	pas_id: INTEGER
💎	pas_nombre: VARCHAR

Tabla A6. Modelo Entidad Paso Automatizado

En la tabla ALARMA se mantiene la información de las alarmas activas que están presentes en los equipos de la red al momento de la ejecución de la aplicación. La hora de activación es almacenada como se muestra en la tabla A7. Estas alarmas se obtienen al leer el archivo de texto que contiene la información arrojada, luego de enviar el comando correspondiente a cada una de las BSC a través de la conexión con los router de la empresa.

ALARMA	
🔑	BTS_bts_numero: INTEGER (FK)
🔑	BTS_bcf_numero: INTEGER (FK)
🔑	BTS_bsc_numero: INTEGER (FK)
🔑	TIPO_DE_ALARMA_tal_id: INTEGER (FK)
💎	al_timestamp: TIMESTAMP
📁	<i>ALARMA_FKIndex1</i>
🔑	BTS_bsc_numero
🔑	BTS_bcf_numero
🔑	BTS_bts_numero
📁	<i>ALARMA_FKIndex2</i>
🔑	TIPO_DE_ALARMA_tal_id

Tabla A7. Modelo Entidad Alarma

La tabla HISTORIAL_DE_APLICACION se relaciona con PASO_AUTOMATIZADO con la finalidad de poder conocer las rutinas que el sistema ha llevado a cabo de forma automática para atacar las alarmas, con la información del día y la hora en que se aplicaron, como se muestra en la tabla A8.

HISTORIAL_DE_APLICACION	
◆	PASO_AUTOMATIZADO_pas_id: INTEGER (FK)
◆	BTS_bts_numero: INTEGER (FK)
◆	BTS_bcf_numero: INTEGER (FK)
◆	BTS_bsc_numero: INTEGER (FK)
◆	hora_aplicacion: DATE
📁	<i>HISTORIAL_DE_APLICACION_FKIndex1</i>
◆	BTS_bsc_numero
◆	BTS_bcf_numero
◆	BTS_bts_numero
📁	<i>HISTORIAL_DE_APLICACION_FKIndex2</i>
◆	PASO_AUTOMATIZADO_pas_id

Tabla A8. Modelo Entidad Historial de Aplicación

Para determinar a quien notificar la aplicación de una rutina se crea la tabla DEPARTAMENTO (Tabla A9) que está asociada con TIPO_DE_ALARMA a través de la tabla DEBE_SER_ATENDIDA_POR (Tabla A10). Con esta relación es posible saber para cada tipo de alarma el departamento de la empresa que debe ser notificado.

DEPARTAMENTO	
🔑	dep_nombre: VARCHAR

Tabla A9. Modelo Entidad Departamento

DEBE_SER_ATENDIDA_POR	
🔑	DEPARTAMENTO_dep_nombre: VARCHAR (FK)
🔑	TIPO_DE_ALARMA_tal_id: INTEGER (FK)
📁	<i>DEBE_SER_ATENDIDA_POR_FKIndex1</i>
🔑	DEPARTAMENTO_dep_nombre
📁	<i>DEBE_SER_ATENDIDA_POR_FKIndex2</i>
🔑	TIPO_DE_ALARMA_tal_id

Tabla A10. Modelo Entidad Debe ser atendida por

Cada departamento tiene un personal, que es almacenado en la tabla PERSONAL (Tabla A11).

PERSONAL	
🔑	perso_telefono: INTEGER
🔑	DEPARTAMENTO_dep_nombre: VARCHAR (FK)
🔹	perso_nombre: VARCHAR
🔹	perso_apellido: VARCHAR
🔹	perso_mail: VARCHAR
📁	<i>PERSONAL_FKIndex1</i>
🔑	DEPARTAMENTO_dep_nombre

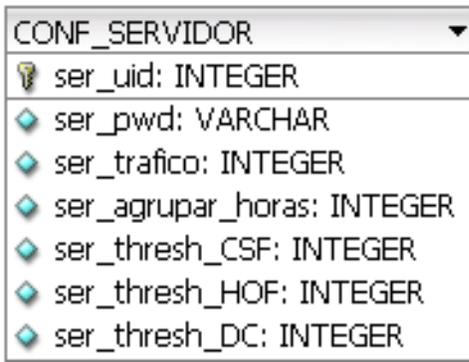
Tabla A11. Modelo Entidad Personal

A su vez, cada personal del departamento tiene una tabla CONFIGURACION como la mostrada en la Tabla A12 en la que se almacena las guardias de un mes y su disponibilidad en horas laborables para hacer la notificación del sistema. Esta tabla se actualiza a través de una interfaz visual.

CONFIGURACION	
🔑	conf_desde: DATE
🔑	PERSONAL_DEPARTAMENTO_dep_nombre: VARCHAR (FK)
🔑	PERSONAL_perso_telefono: INTEGER (FK)
🔹	conf_hasta: DATE
🔹	conf_dias_guardia: VARCHAR
🔹	conf_semana_guardia: VARCHAR
🔹	conf_dias_normal: VARCHAR
🔹	conf_semana_normal: VARCHAR
📁	<i>CONFIGURACION_FKIndex1</i>
🔑	PERSONAL_perso_telefono
🔑	PERSONAL_DEPARTAMENTO_dep_nombre

Tabla A12. Modelo Entidad Configuración

Adicionalmente, se tiene una tabla CONF_SERVIDOR (Tabla A13), donde se almacenan los datos de necesarios para comunicarse con el servidor de la empresa, además de datos de configuración de la aplicación.



CONF_SERVIDOR	
	ser_uid: INTEGER
	ser_pwd: VARCHAR
	ser_trafico: INTEGER
	ser_agrupar_horas: INTEGER
	ser_thresh_CSF: INTEGER
	ser_thresh_HOF: INTEGER
	ser_thresh_DC: INTEGER

Tabla A13. Modelo Entidad Conf_Servidor

APÉNDICE B

Interfaces de Usuario del Sistema

La interfaz de usuario permite visualizar el resultado del análisis estadístico realizado por el sistema y facilita el manejo de la base de datos para asegurar que la misma guarde la información necesaria para la ejecución de la aplicación, sin necesidad de conocer su estructura, minimizando así posibles errores al realizar cambios de configuración, afinación de perfiles, actualización de BTS, etc.

La aplicación se inicia con la barra de herramientas mostrada en la Figura B1, donde se observa el menú con las diferentes funcionalidades implementadas y botones de acceso directo a alguna de ellas.

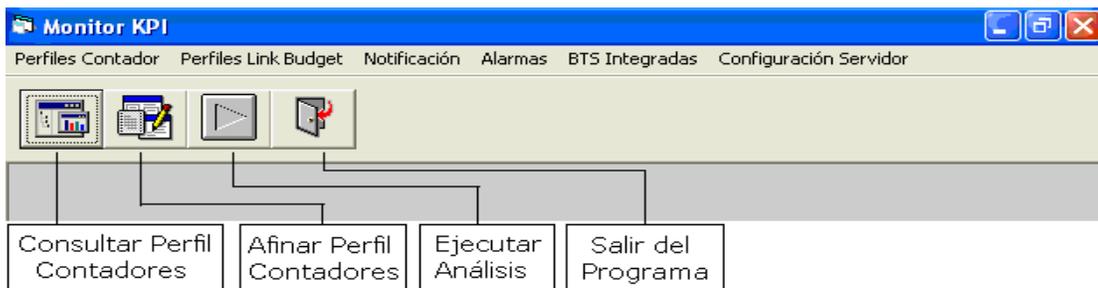


Figura B1. Barra de Herramientas

Las funciones de cada elemento del menú se muestran a continuación:

Perfiles Contador	Perfiles Link Budget	Notificación	Alarmas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Afinar ▪ Consultar ▪ Reiniciar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar ▪ Editar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cargar Guardias ▪ Personal: <ul style="list-style-type: none"> Agregar Eliminar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consultar ▪ Agregar ▪ Eliminar
	Configuración Servidor	BTS Integradas	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Editar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actualizar 	

El botón de **Ejecutar** mostrado en la barra de herramienta permite iniciar el análisis estadístico. Una vez iniciado se muestra la siguiente interfaz con la configuración de los diferentes parámetros necesarios por el sistema:

Figura B2. Interfaz de configuración de Parámetros

- El parámetro **Tráfico** indica el umbral en Erlangs
- **Análisis BTS de Bajo Tráfico** permite seleccionar la cantidad de horas que se desea agregar al análisis actual, es decir, se agrupan las estadísticas obtenidas en la hora actual con las del número de horas anteriores al seleccionado.
- Los parámetros de **Base_min** y **Ajuste** para los indicadores **CSF**, **HOF** y **DC** definen la función de Variación empleada para el análisis en cada caso.
- En la sección **Interferencia** se define el **Margen** en porcentaje con el que descarta el análisis de las estadísticas en aquellas estaciones que presenten un porcentaje de interferencia por encima del umbral definido.

- El **Margen** en la sección **Link Budget** define el valor en dB permisible por encima del promedio que determina si las estaciones presentan o no fallas en el funcionamiento de sus antenas.
- El parámetro **NBR_OF_UL_TBF** en **Sleeping Cell** define el número de TBFs en UpLink que sirve de umbral para identificar a las estaciones que presentan fallas por este concepto
- El **UserName** y **Password** los utiliza el sistema para consultar las alarmas activas a través de la conexión a las BSC

En la pestaña de **Notificación** mostrada en la interfaz se visualiza la configuración empleada por el sistema para informar al personal de la empresa el resultado del análisis realizado. La interfaz es la siguiente:

The screenshot shows a web interface titled "Radio Network Monitor" with a sub-tab labeled "Notificación". The interface is divided into two main sections: "Notificación Vía Correo Electrónico" and "Notificación Vía SMS".

Notificación Vía Correo Electrónico:

- En Horas Laborables:**
 - Notificar Alarmas Activas
 - Notificar Monitor KPI
- En Horas No Laborables:**
 - Notificar Alarmas Activas
 - Notificar Monitor KPI

Notificación Vía SMS:

- En Horas Laborables
- En Horas No Laborables

At the bottom of the interface, there are input fields for "Fecha" (20-07-2006) and "Hora" (05:13:59 PM). To the right, there are fields for "UserName" (FZAMBR) and "Password" (masked with asterisks). A "Conectar" button with a computer icon is located at the bottom right.

Figura B3. Interfaz Parámetros para Notificación

La Notificación se realiza vía Correo Electrónico y/o vía SMS. Es posible hacer la configuración para notificar al personal durante las horas laborables (8 AM a 5 PM) y no laborables según se desee.

Notificar Alarmas Activas envía un mail al personal de O&M correspondiente con el archivo *Detalle_Alarmas.txt* que contiene la descripción de las alarmas y las rutinas que se recomiendan aplicar para cancelarlas. En el ejemplo se muestra que el sistema solo notifica alarmas durante las horas laborables. La configuración del personal y las alarmas a notificar se realiza con otras interfaces que se muestran más adelante.

Notificar Monitor KPI se refiere al resultado del análisis estadístico. Se envía el mail con el archivo *Detalle_Fallas.txt* que contiene la descripción de las posibles fallas al personal de Optimización.

Vía SMS se notifican solo las alarmas activas, ya que por este medio resulta complicado agregar toda la información arrojada del análisis estadístico. Se envían los números de identificación de las alarmas, las BTS alarmadas, las BSC y BCF a la cual pertenecen.

La interfaz muestra por defecto el valor de todos los parámetros almacenados en la base de datos del sistema, específicamente en la tabla Conf_Serv, como se explica más adelante.

En caso de hacer cambios en los valores por defecto, éstos no serán almacenados a través de esta interfaz. Sólo servirán para la ejecución en proceso de la aplicación. Para hacer los cambios persistentes deben realizarse por la opción Configuración Servidor mostrada en la barra del menú.

El botón de **Conectar** inicia la ejecución del análisis y una vez finalizado se muestra la siguiente interfaz con los resultados obtenidos:

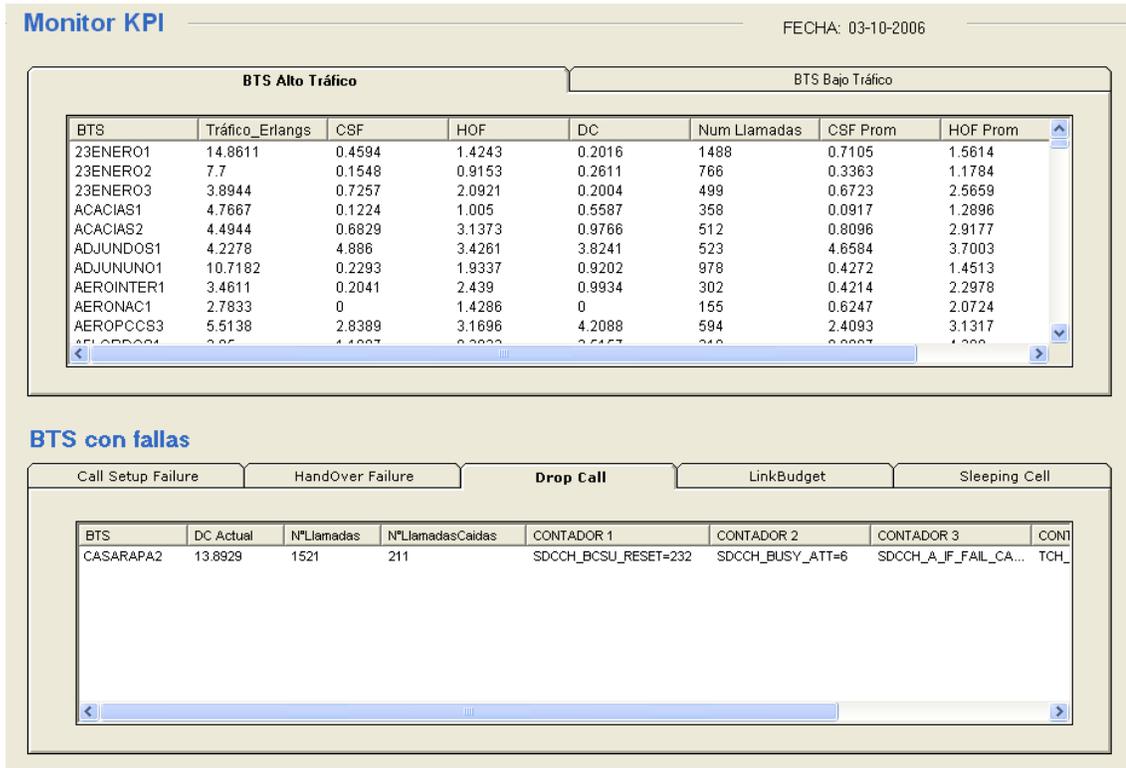


Figura B4. Interfaz de Resultados

El resultado del cálculo de porcentajes de fallas se muestra por separado para las BTS de Alto Tráfico y las de Bajo Tráfico (interfaz con 2 pestañas), esto según el parámetro definido por el usuario ‘Tráfico en Erlangs’. En ambos casos se detallan los porcentajes de fallas obtenidos para los indicadores de performance, tanto los calculados con las estadísticas actuales como los obtenidos de las estadísticas promediadas leídas de los perfiles almacenados en la base de datos del sistema.

Las columnas Tráfico en Erlangs, CSF, HOF, DC y Num Llamadas corresponden a valores actuales para cada BTS mostrada y, las de CSFProm, HOFProm y DCProm a sus valores promedios.

En la parte inferior se muestra el resultado del análisis de las estadísticas para cada indicador. La aplicación identifica las estaciones con posibles fallas y los contadores que producen el incremento en los porcentajes de fallas obtenidos. También se muestran las estaciones que salen del análisis de Link Budget y de Sleeping Cell. Toda esta información es agregada al archivo *Detalle_Fallas.txt* para su notificación vía mail.

A continuación se describen el resto de las funcionalidades implementadas según se muestra en la barra de menú de la aplicación:

Perfiles Contador

Este menú permite manipular la información de los Perfiles generados para cada contador necesario para el análisis de los indicadores de performance:

- **Afinar:** Agrega la data de la semana anterior a los promedios almacenados en la base de datos del sistema. La interfaz permite afinar por estación seleccionando de la lista mostrada la BTS que se desea afinar. También es posible afinar por BSC seleccionando una de la lista. En ambos casos se muestra la selección del usuario en la ventana y para iniciar el proceso debe presionar el botón Aceptar.

El proceso de afinación por BSC resulta bastante prolongado. Durante la ejecución de ambos procesos se muestra el avance en la barra de estado y una vez finalizada la afinación se observa el mensaje “Perfil Actualizado!”.

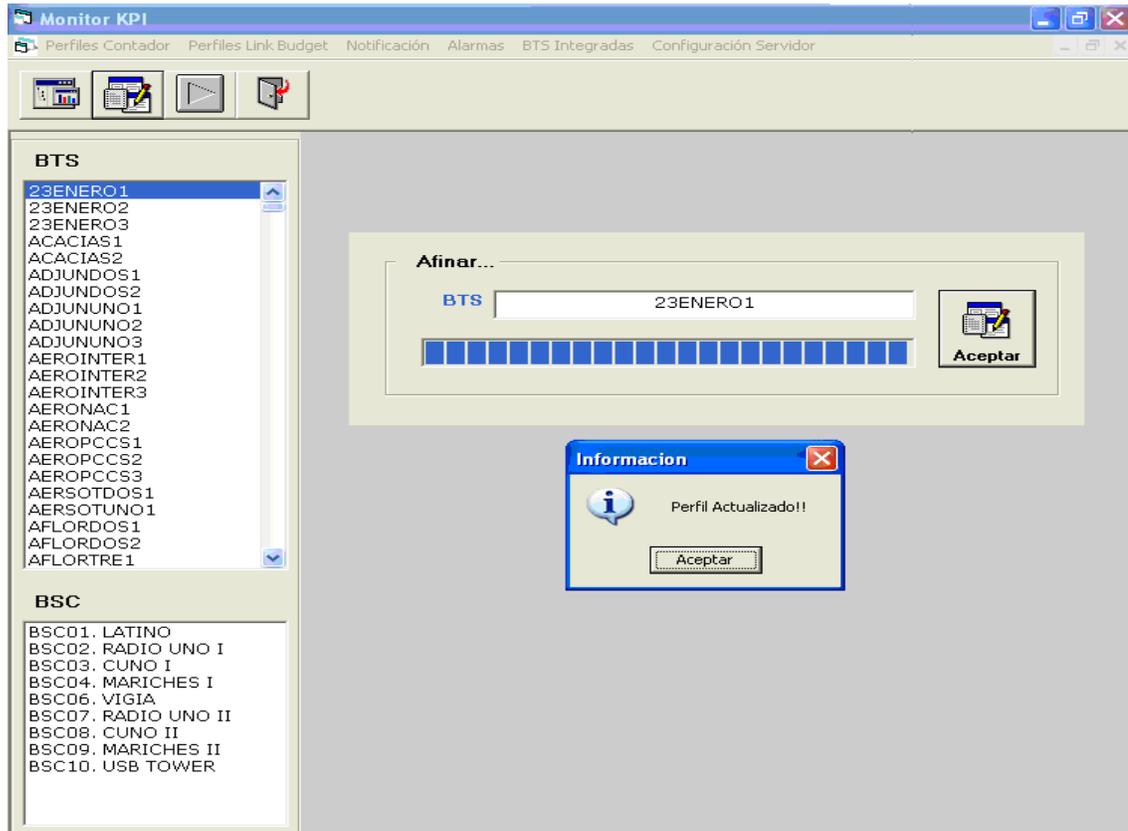


Figura B5. Interfaz de Afinación de Perfiles de Contadores

- **Consultar:** Permite visualizar la data de los perfiles de contadores almacenada en la base datos del sistema. Para ello el usuario debe seleccionar de la lista mostrada la BTS a consultar y el contador en específico. Los contadores se identifican con el número y el nombre del mismo

Al presionar el botón Graficar se muestra la ventana con la información por día de la semana del contador y BTS seleccionados

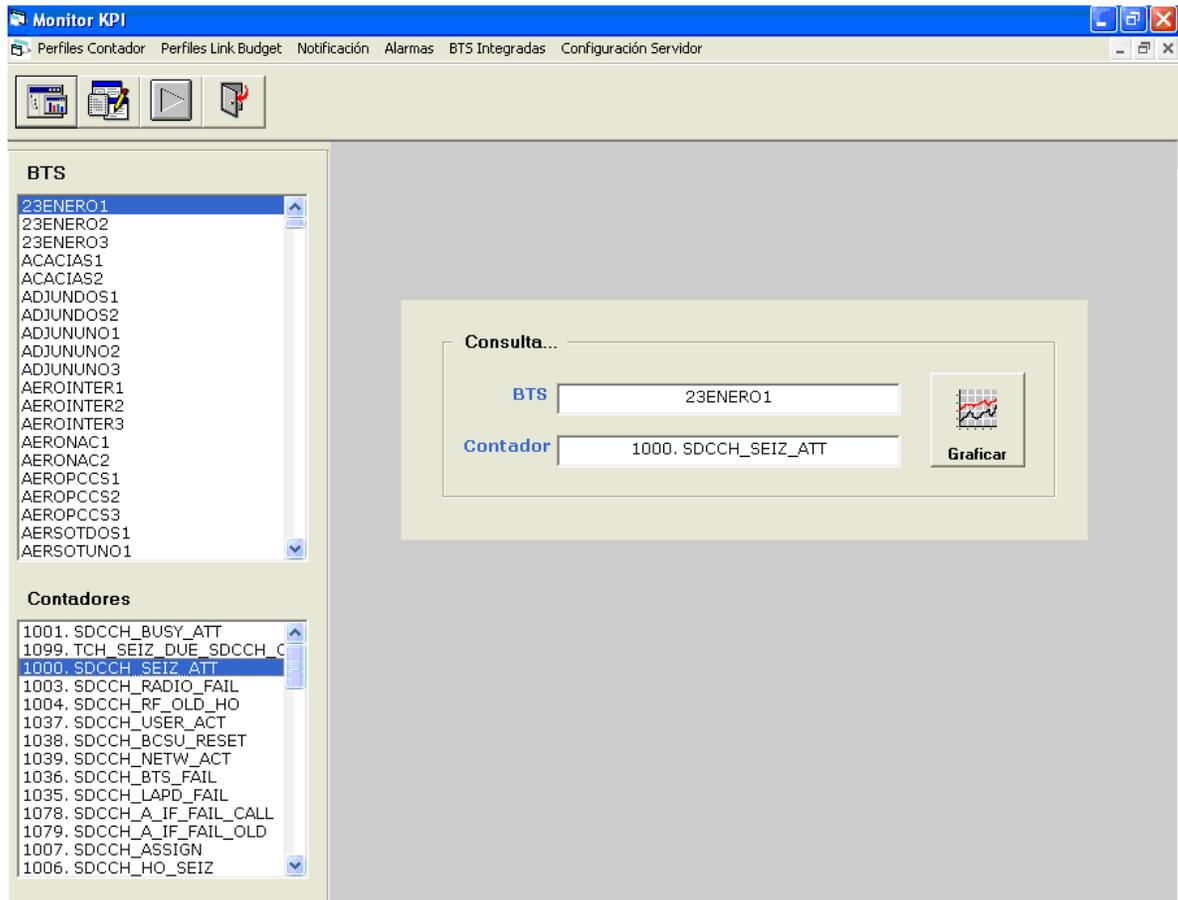


Figura B6. Interfaz de Consulta Perfiles de Contadores

La ventana de Gráfica mostrada a continuación muestra el valor exacto del contador haciendo click sobre la curva el día y hora que se desee. Se tienen también las opciones de Guardar a disco, Imprimir, etc. en los botones laterales y con en los de la parte inferior es posible graficar utilizando otros tipos de gráficos (2D, 3D, etc). El color también es posible cambiarlo haciendo click sobre la gráfica

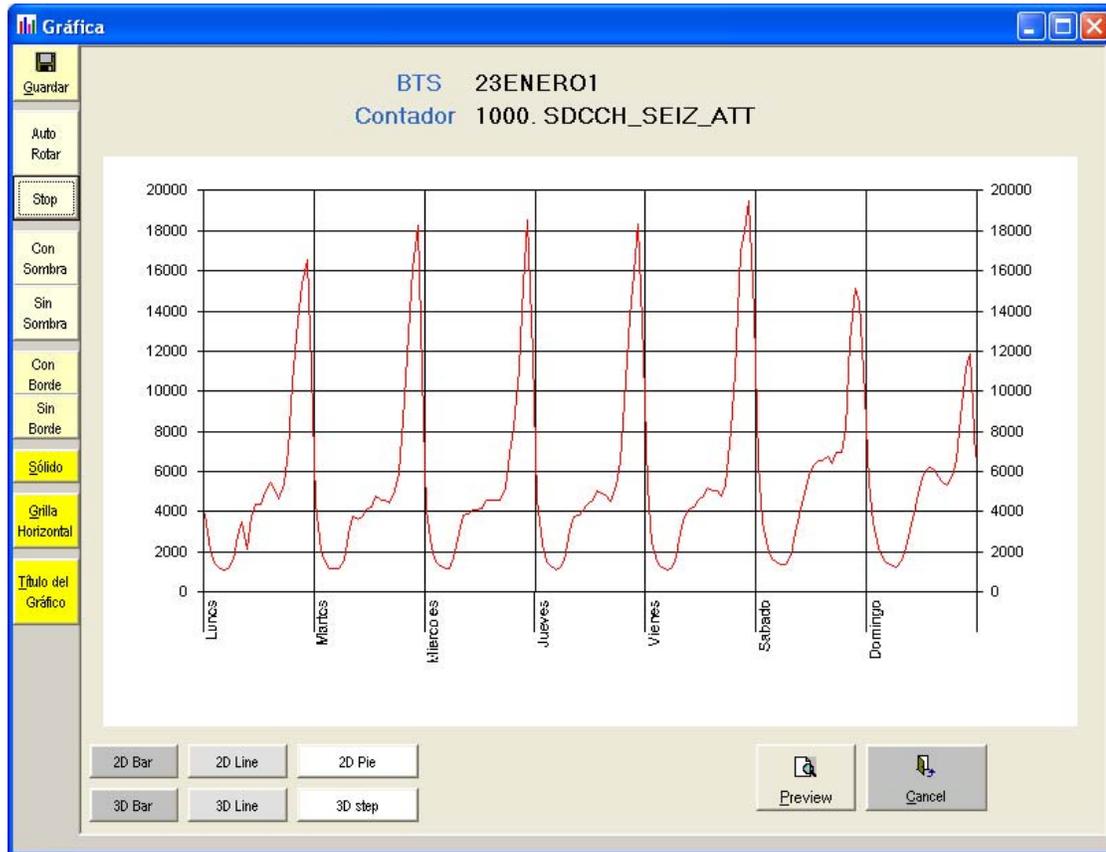


Figura B7. Interfaz de Visualización de Perfil de Contador

- **Reiniciar:** Borra el contenido almacenado en la base de datos del contador y BTS seleccionado, y realiza una primera afinación del mismo. Es posible también Reiniciar por BSC. La interfaz muestra una barra de estado mientras se lleva a cabo la afinación mostrando al final el mensaje “Perfil Reiniciado!”

Perfiles Link Budget

Este menú permite manipular la información de los Perfiles generados para el análisis del Link Budget de las BTS

- **Consultar:** Muestra gráficamente el valor del Link Budget almacenado en la base de datos del sistema. Para ello el usuario debe seleccionar la BTS a consultar seleccionándola de la lista mostrada.

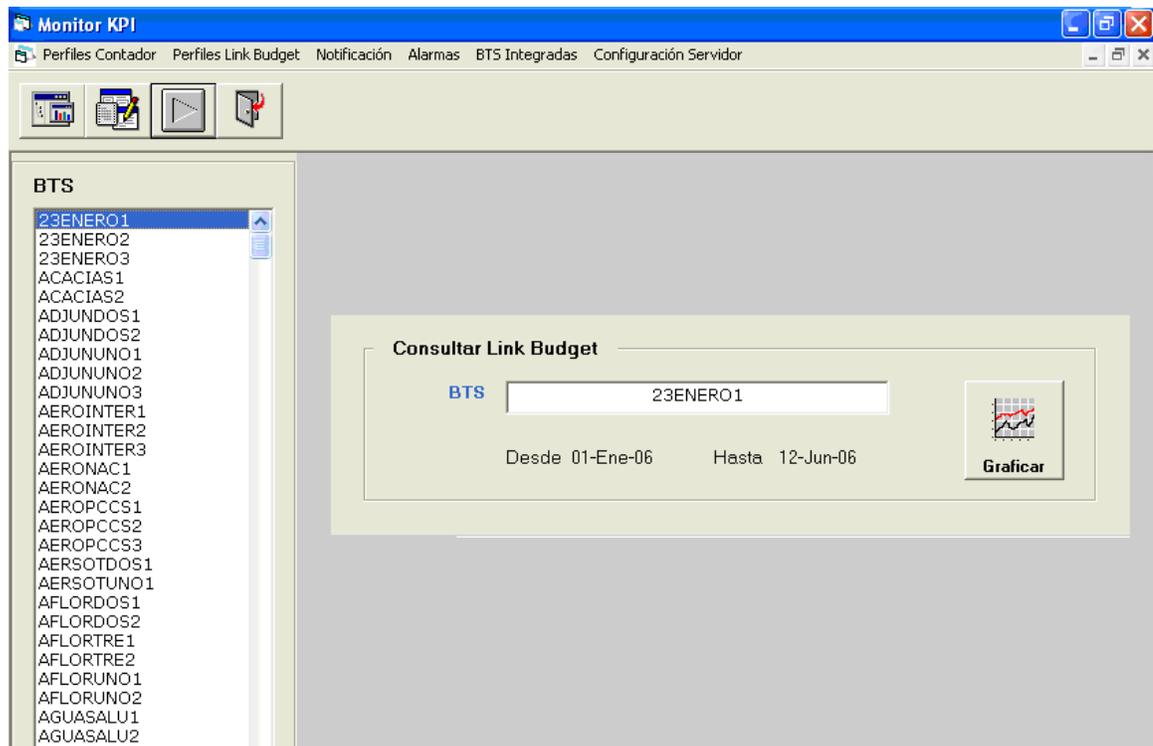


Figura B8. Interfaz de Consulta Perfiles de Contadores

Las fechas mostradas en los campos Desde y Hasta identifican el período tomado para hacer el cálculo del promedio del Link Budget con el que se trabaja en la aplicación. Este período puede ser modificado a través de otra interfaz.

La gráfica muestra la información del Link Budget de la BTS seleccionada. Está en función del día de la semana. Haciendo click sobre alguna de las barras se muestra el valor exacto del Link Budget. Con los botones es posible Guardar, imprimir, cambiar el tipo de gráfico, etc.

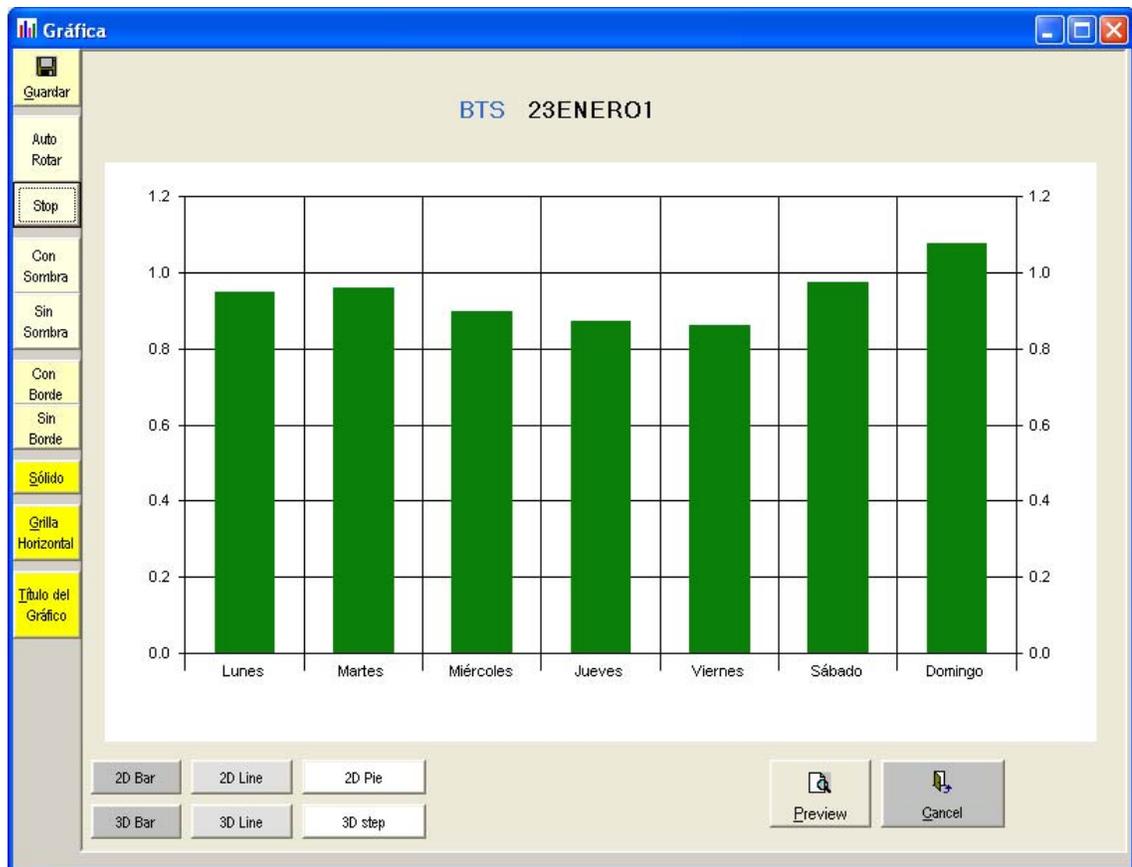


Figura B9. Interfaz de Visualización de Perfiles Link Budget

- **Editar:** Borra de la base de datos el contenido del Link Budget de la BTS seleccionada de la lista y realiza el cálculo nuevamente con la data del período comprendido entre las fechas definidas por el usuario. Es posible editar también Link Budget por BSC. Con los botones junto a Desde y Hasta se despliega un calendario para la selección de las fechas y una vez finalizado el proceso se muestra el mensaje “Perfil Editado!”

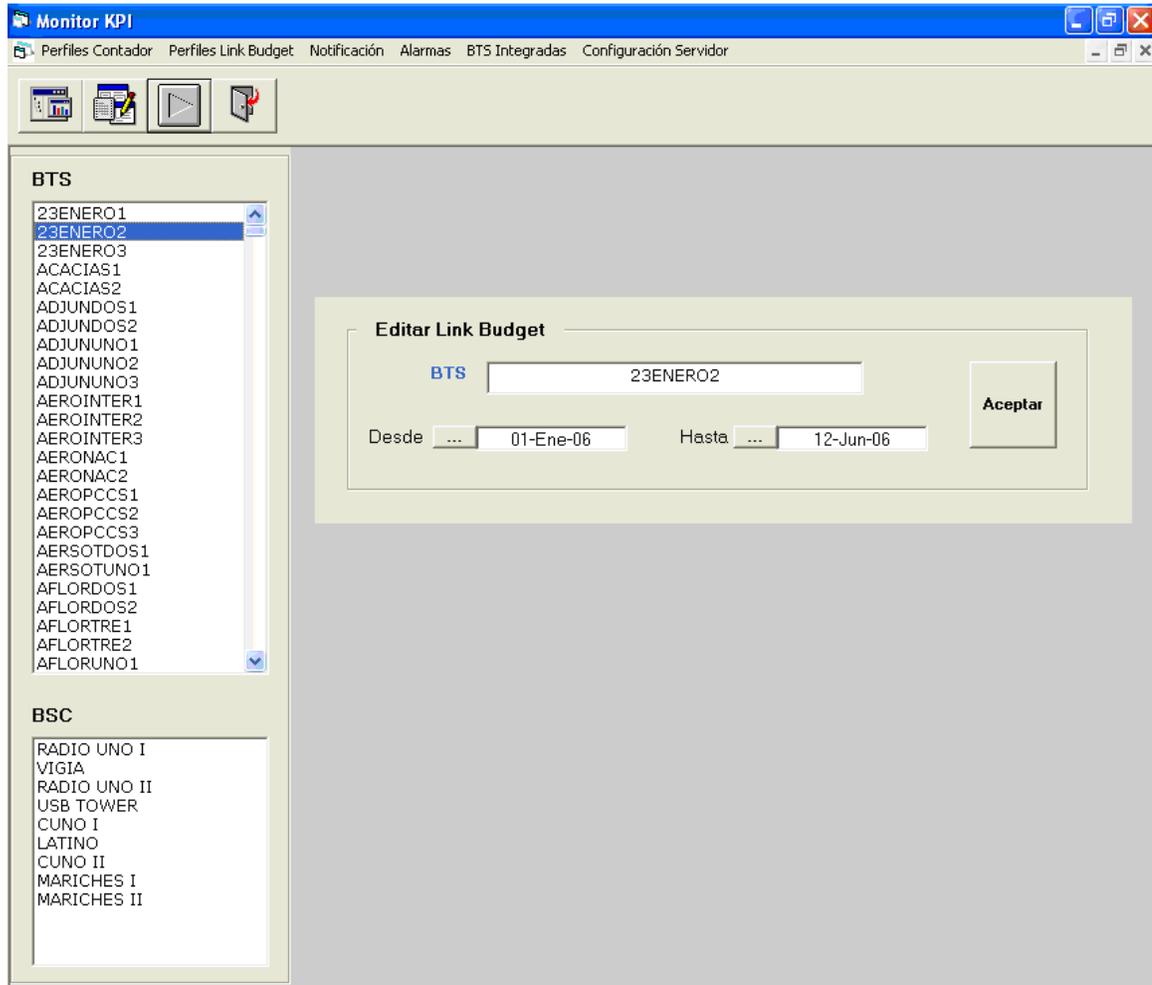


Figura B10. Interfaz de Edición Perfiles Link Budget

Notificación

Este menú permite configurar la notificación al personal de la empresa según la fecha, días laborables, fines de semana, días de guardia, etc. y la información relevante del personal para los efectos del sistema.

- **Cargar Guardias:** Guarda la configuración definida para el personal seleccionado de la lista. Esta lista de personal puede ser manipulada a través de otra interfaz.

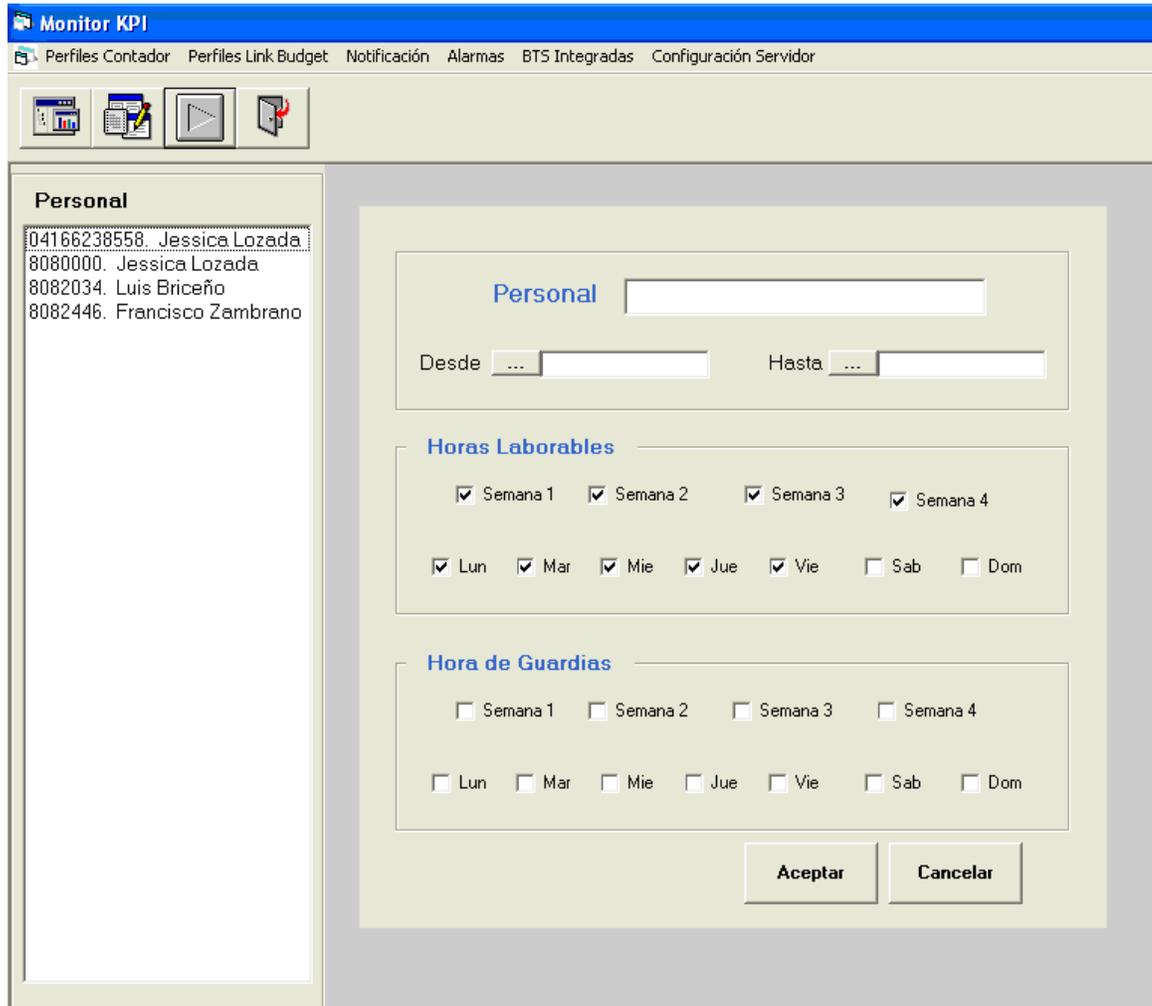


Figura B11. Interfaz de Edición de Configuración para Notificación

Los botones Desde y Hasta definen el período en que se mantendrá la configuración establecida para la notificación al personal seleccionado. La sección horas laborables y horas de guardia detalla la configuración por semana del mes y día.

En el ejemplo se muestra la configuración para notificar de lunes a viernes, todas las semanas del mes durante las horas laborables, y en horas de guardias o no laborables no notificar.

Es necesario tener bien configurada la notificación del personal puesto que sin esta información el sistema realizará el análisis correspondiente y los resultados no serán enviados al personal de la empresa.

- **Personal:** Permite agregar y eliminar Personal a la Base de datos.

Para **Agregar** Personal el usuario selecciona la opción en el menú y debe rellenar los campos mostrados en la siguiente interfaz. El botón Aceptar guarda la información del Personal y muestra el mensaje “Personal Agregado!”. Se muestra además la lista del personal existente con los números de teléfono y nombres, y la lista de los departamentos a los que el sistema notifica.

The screenshot shows the 'Monitor KPI' application window. The title bar reads 'Monitor KPI'. Below it is a menu bar with the following items: 'Perfiles Contador', 'Perfiles Link Budget', 'Notificación', 'Alarmas', 'BTS Integradas', and 'Configuración Servidor'. The main interface is divided into three main sections. On the left, there is a 'Personal' section containing a list of entries: '04166238558. Jessica Lozada', '8080000. Jessica Lozada', '8082034. Luis Briceño', and '8082446. Francisco Zambrano'. Below this is a 'Departamentos' section with a list: 'O&M', 'Optimización', and 'Transmisión'. On the right, there is a large form titled 'Agregar Personal'. This form contains five input fields: 'Nombre', 'Apellido', 'Teléfono', 'Mail', and 'Departamento'. At the bottom of the form are two buttons: 'Aceptar' and 'Cancelar'.

Figura B12. Interfaz para Agregar Personal a notificar

Es necesario que una vez agregado el personal se cargue también la configuración de guardias deseada, que como se mostró en el punto anterior, permite definir cuando hacerle la notificación de los resultados del análisis. De no ser así, el personal existe para el sistema pero por defecto no se le notifica.

Para **Eliminar** el usuario elige la opción en el menú y selecciona de la lista mostrada el personal a eliminar, borrándolo así de la base de datos del sistema.

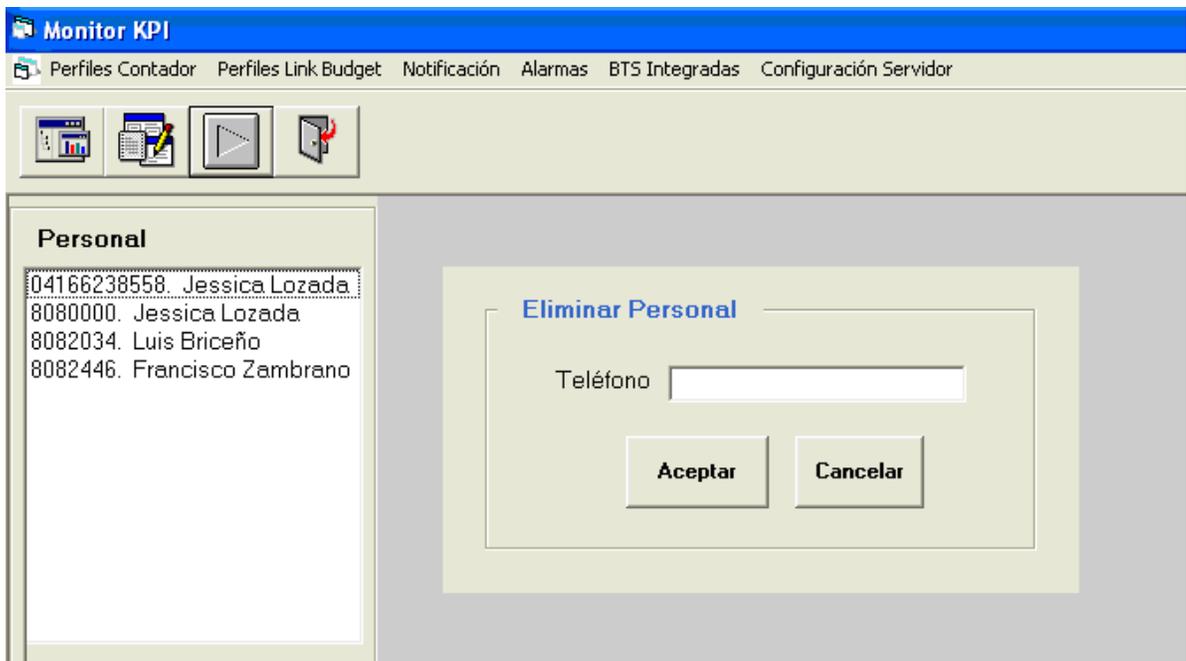


Figura B13. Interfaz para Eliminar Personal de la notificación

Alarmas

Este menú permite Consultar, Agregar y Eliminar de la Base de Datos implementada las Alarmas que el sistema debe notificar al personal de la empresa.

- **Consultar:** Muestra la lista de alarmas que están configuradas para la notificación. Una vez seleccionada alguna se observa la descripción de la alarma, su rutina recomendada para cancelarla y el o los departamentos a los que debe ser

notificada. La ventana Pasos fue diseñada para sintetizar los pasos que pudieran automatizarse: Bloquear Ranura de tiempo (*TimeSlot*), Desbloquear Ranura de tiempo (*TimeSlot*), Resetear TRX, Resetear BTS y Resetear BCF. Estas rutinas fueron implementadas pero por políticas de seguridad no pudieron ser ejecutadas por la aplicación.

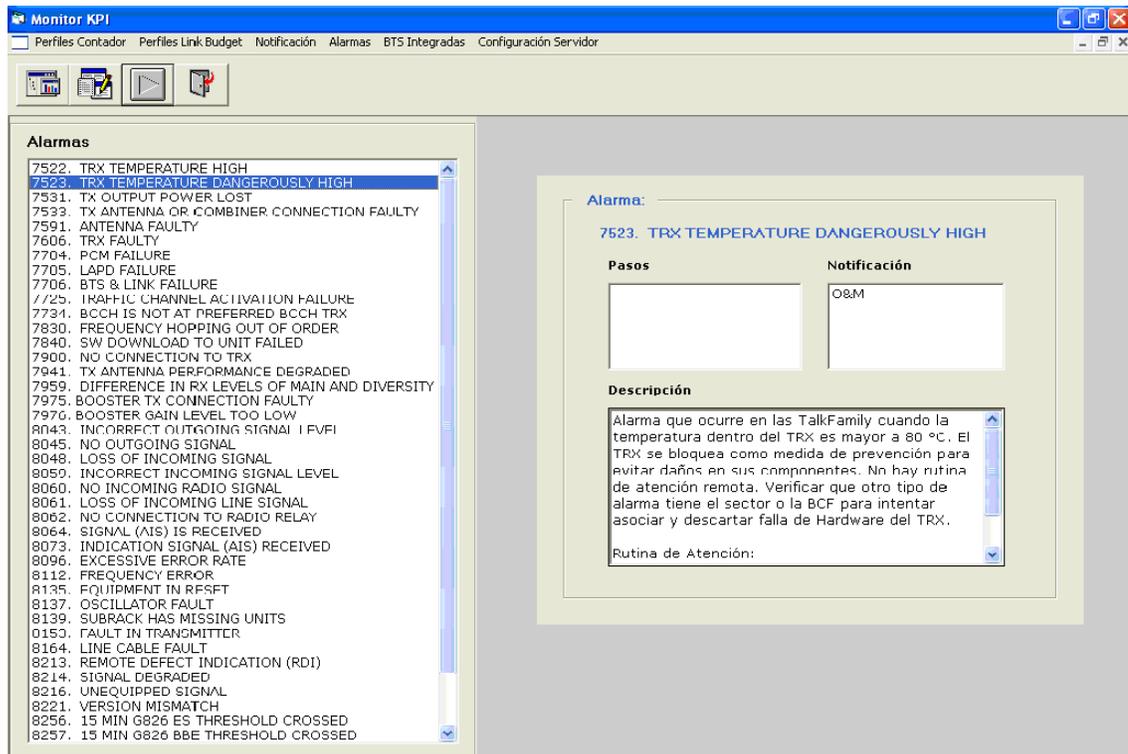


Figura B14. Interfaz de Consulta Perfiles de Contadores

- **Agregar:** Muestra la lista de las alarmas identificadas por el personal de la empresa como de mayor ocurrencia. Estas alarmas, sus descripciones y rutinas de atención se guardan en el “Documento Descripción Alarmas BSS y Transmisión”, el cual fue realizado con la información recolectada de entrevistas con el personal de O&M. Cada una de estas alarmas u otras, pueden ser almacenadas en el sistema agregando el número, nombre, departamento a notificar y descripción. Permite también agregar el orden en que se deben realizar los pasos automatizados para cancelar la alarma..

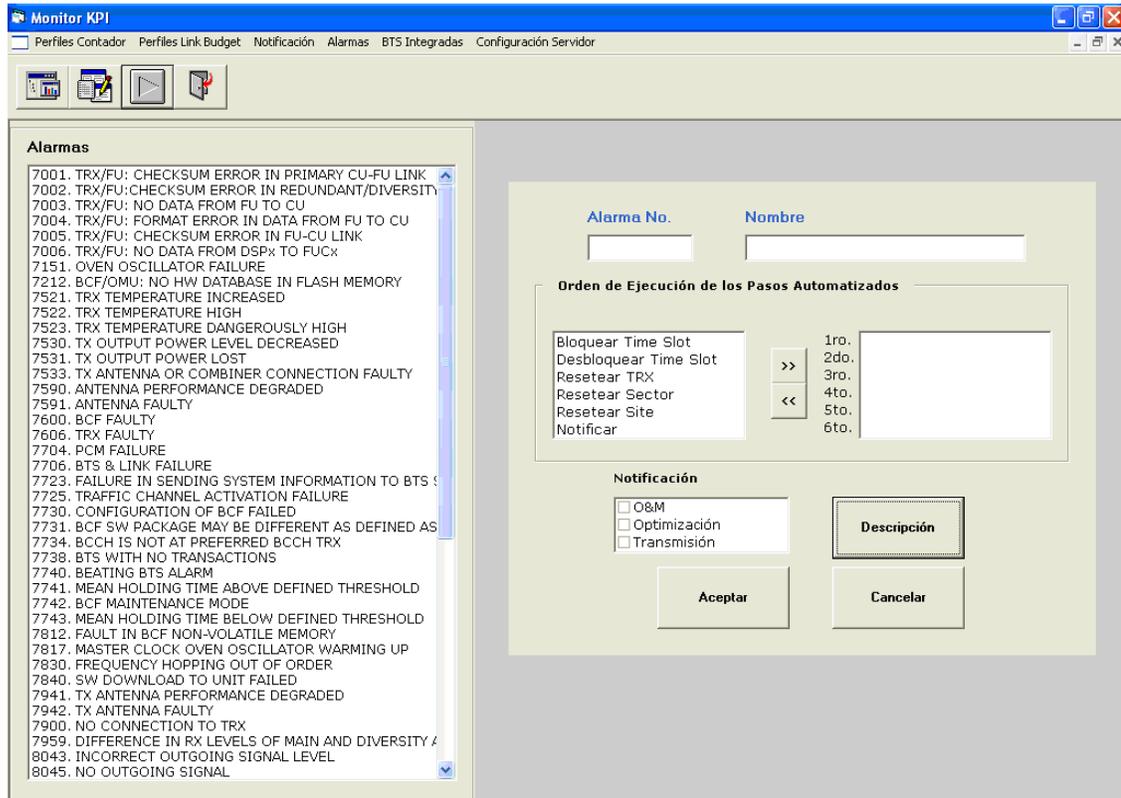


Figura B15. Interfaz para Agregar nuevas Alarmas a monitorear

- **Eliminar:** Muestra la lista de alarmas configuradas en el sistema. Una vez seleccionada alguna se pide confirmación al usuario con el mensaje “Desea Eliminar la Alarma?”. En caso de Aceptar el sistema elimina de la base de datos dicha alarma y por tanto no será notificada en caso de activarse en algún equipo de la red.

Configuración Servidor

- **Editar:** Muestra la ventana con los parámetros definidos por el usuario para la ejecución del análisis estadístico (figuras B2 y B3) con la diferencia de que el botón de Conectar se reemplaza por el de Guardar. Con esta interfaz es posible editar y almacenar en la base de datos la nueva configuración para la ejecución de la aplicación.

BTS Integradas

Este menú permite hacer la actualización de las BTS que son analizadas por la aplicación. Para ello se requiere consultar la lista de BTS integradas según información leída del OSS

- **Actualizar:** Consulta las BTS Integradas y aquellas estaciones que no sean consideradas por el sistema para el análisis de sus estadísticas son agregadas a la base de datos con su respectiva información de BCF, BSC a la que pertenecen, etc. Al finalizar el proceso de Actualización se muestra el mensaje “Actualización Realizada!”. A partir de ese momento, cuando la aplicación ejecute el análisis o se realicen afinaciones de sus perfiles serán consideradas también las nuevas estaciones integradas a la red.

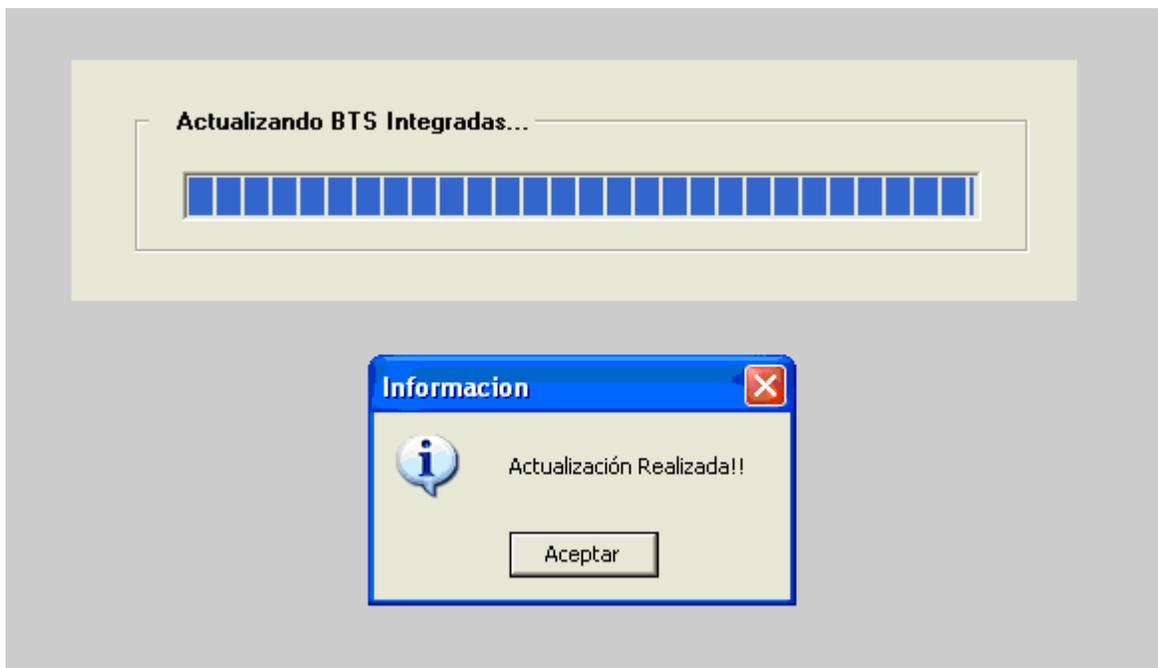


Figura B16. Interfaz para Actualizar las BST Integradas

ANEXO A
MODEM ENFORA SA-G™

Enfora SA-G™

GSM/GPRS



Características

- Host Interface: RS232- DSUB 9
- L x W x H: 2.5 x 2.5 x 0.94 in
- Housing: Seamless Aluminum Extrusion
- Antenna: SMA Connector
- Radio Frequency: 850/900/1800/1900
- Sensitivity: -106 dB (Typical)
- Transmit Power: Class 4 (2W @ 850/900 MHz)
Class 1 (1W @ 1800/1900 MHz)

GSM Functionality

- Voice: FR, EFR, HR & AMR
- CS Data: Asynchronous,
Transparent and Non-Transparent up to 14.4 KB
- GSM SMS: Text, PDU, MO/MT
- Cell broadcast

Application Interface

- Host Protocols: **AT Commands**, UDP/API
- Internal Protocols: PPP, UDP/API, UDP/PAD, CMUX, TCP/PAD
- API Control/Status: AT or UDP

SIM Access

SIM Access: External – 3V with

Set de Comandos AT Enfora GSM/GPRS

General Configuration

- AT+CSMS Select Message Service
- AT+CPMS Preferred Message Storage
- AT+CMGF SMS
- AT+CSCA Service Center Address
- AT+CSMP Set Text Mode Parameters
- AT+CSDH Show Text Mode Parameters
- AT+CSCB Select Cell Broadcast Message Types
- AT+CSAS Save Settings
- AT+CRES Restore Settings

Message Receiving and Reading Commands

- AT+CNMI New Message Indication to TE
- AT+CMGL List Messages
- AT+CMGR Read Message

Message Sending and Writing Commands

- AT+CMGS Send Message
- AT+CMSS Send Message from Storage
- AT+CMGW Write Message to Memory
- AT+CMGD Delete Message
- AT+CMGC Send Command