



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO Y
MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE
BAJA CAPACIDAD (PDH) DE DIGITEL GSM, C.A.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

REALIZADO POR:

**Diego Armando Díaz Cantelmi
Luis Fernando Deternoz Milano**

TUTOR:

Ing. David Barrios

FECHA: Caracas, 18 de Septiembre de 2012



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Informática**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO Y
MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE
BAJA CAPACIDAD (PDH) DE DIGITEL GSM, C.A.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
Presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
Como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO EN INFORMÁTICA**

REALIZADO POR:

**Diego Armando Díaz Cantelmi
Luis Fernando Deternoz Milano**

TUTOR:

Ing. David Barrios

FECHA: Caracas, 18 de Septiembre de 2012



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO Y
MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE
BAJA CAPACIDAD (PDH) DE DIGITEL GSM, C.A.**

**Este jurado una vez realizado el examen del presente trabajo, ha evaluado su
contenido con el resultado: _____**

JURADO EXAMINADOR

Firma: Firma: Firma:

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR:

**Diego Armando Díaz Cantelmi
Luis Fernando Deternoz Milano**

TUTOR:

Ing. David Barrios

FECHA: Caracas, 18 de Septiembre de 2012



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Informática**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO Y
MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE
BAJA CAPACIDAD (PDH) DE DIGITEL GSM, C.A.**

**Este jurado una vez realizado el examen del presente trabajo, ha evaluado su
contenido con el resultado: _____**

JURADO EXAMINADOR

Firma: Firma: Firma:

Nombre: _____ Nombre: _____ Nombre: _____

REALIZADO POR:

**Diego Armando Díaz Cantelmi
Luis Fernando Deternoz Milano**

TUTOR:

Ing. David Barrios

FECHA: Caracas, 18 de Septiembre de 2012

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO Y
MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE
BAJA CAPACIDAD (PDH) DE DIGITEL GSM, C.A.**

Deternoz Milano, Luis Fernando

luis.deternoz@gmail.com

Díaz Cantelmi, Diego Armando

dddiazcdiegoa@gmail.com

La corporación Digitel GSM, comprometida con las prestaciones que demandan sus usuarios y en la búsqueda de nuevas soluciones para mejorar su capacidad de respuesta ante las fallas que presenta su red, se fijó como meta encontrar nuevas soluciones a los problemas que confrontan sus equipos y a su vez la red que administran. En este contexto se inscribe la propuesta de un grupo de pasantes para crear una aplicación de escritorio que le dará solución a los problemas que se vienen presentando en la red GSM. Esta aplicación de escritorio será capaz de detectar las fallas generadas en las *BTS* (*Base Station Transceiver*), *BSC* (*Base Station Controller*) y sus respectivos enlaces, tendrá la capacidad de servir como herramienta de ayuda a la hora de realizar el cálculo de disponibilidad de los enlaces de radio en forma automatizada, podrá conectarse a las *BSC*, para que a través de ellas, se pueda descargar en tiempo real el histórico de las alarmas y alarmas activas de las *BTS*, verificar y cambiar el status (bloquear y desbloquear) de los *TRX* (*Transceivers*) y de las *BTS*, visualizar las alarmas activas generadas en las *BSC*, entre otras funciones. El desarrollo de esta nueva herramienta generará un avance notable sobre todo para el área de O&M (Operaciones y Mantenimiento de la Red) de la corporación, ya que permitirá sustituir procesos utilizados anteriormente por uno más simple y avanzado, lo cual se traducirá en una mejora en los servicios prestados por la empresa.

Palabras Claves: *BTS*, *BSC*, Digitel GSM, *GSM*, aplicación de escritorio.

Dedicatoria

A mi madre y a mi padre, por apoyarme en todos los momentos de mi vida.

A mi hermano, por siempre brindarme sabios consejos.

Luis Fernando Deternoz Milano

*A mis padres, personas que se han encargado en apoyarme en
cada uno de los pasos que doy en mi vida.*

Diego Armando Díaz Cantelmi

Agradecimientos

A Dios y a la virgen por guiarme en cada paso que doy y enseñarme siempre el camino correcto.

A mi querida madre, por su infinita paciencia e increíble atención a cada detalle, por siempre estar despierta antes que yo para animarme a ir a la universidad y perseguir este sueño conmigo.

A mi inigualable padre, por su comprensión, amor y apoyo; mi compañero de la vida que siempre esta presente para brindar consejos que me hacen una mejor persona todos los días.

A mi querido hermano, por ser una de las personas más especiales en mi vida, por siempre brindarme consejos que me ayudaron a superar la carrera y lograr esta meta de mi vida.

Por siempre estar allí cuando los necesito. Por ser tan increíbles y excepcionales personas. Este triunfo lo comparto con ustedes tres.

Agradezco de manera especial a Karla por ayudarme en los últimos pasos de este trabajo y de mi carrera, por siempre estar con su inmensa calidez y paciencia ayudándome a seguir adelante. Al igual que mi compañero de tesis por acompañarme en las buenas y malas para seguir y culminar este proyecto.

Agradezco de manera especial a mi tía Lourdes por siempre estar pendiente de mí y siempre brindarme apoyo cuando lo necesito.

A Elbano Márquez, Juan Carlos Quintero, Antonio Cruz y Diego Martí; grandes amigos de universidad y del colegio que me ayudaron a llegar a este punto de mi carrera, sin ustedes seguro habría sido imposible.

Debo agradecer de manera especial a mi casa de estudios, la Universidad Católica Andrés Bello y en especial a aquellos profesores que nos alentaron a seguir nuestros sueños e ideales; mi más sincero agradecimiento a los profesores, Wilmer Pereira, Simy Blomer y Susana García.

Agradezco de manera especial a la corporación Digitel GSM en especial al Lic. Javier Viera, por abrimos de forma solidaria las puertas de la empresa en la cual trabaja y permitimos desarrollar esta tesis en colaboración con su grupo de trabajo.

Luis Fernando Deternoz Milano

Agradecimientos

Me gustaría comenzar agradeciendo ante todo a mis padres, personas que se han encargado en apoyarme en cada uno de los pasos que doy en mi vida, que sin importar lo mucho que me cueste ni el tiempo que me tome, siempre sé que puedo contar con ellos en cualquier momento. Me han brindado un amor incondicional y una crianza excelente.

A mi madre, que ha sido una de las personas más comprensivas y sabias que he conocido en mi vida, siempre ha estado ahí en las malas y en las buenas, apoyándome y dándome una palabra de aliento para celebrar mis triunfos y superar mis malos momentos. Por ser una excelente madre y sobre todo una excepcional persona.

A mi padre, a quien considero una de las personas más inteligentes y un ejemplo a seguir en mi vida. Su comprensión y el gran cariño que le tiene a la familia han sido de vital importancia para mi desarrollo como persona.

A mi querida hermana, por ser una de las personas más especiales en mi vida, por siempre tener paciencia conmigo y brindarme un cariño especial.

A mis abuelos, que han sido una de las mayores influencias positivas que he tenido en mi vida. A ellos les debo muchas cosas, ya que su cariño y apoyo ha sido incondicional desde mi nacimiento. Ellos han cumplido una función importante en mi desarrollo como persona. A mi familia, por siempre estar unida, brindarme apoyo y darme ánimos.

A Anna María por su comprensión y preocupación, además de su apoyo incondicional en cualquier momento.

A mi compañero de tesis por aceptar trabajar conmigo y participar exitosamente en este proyecto especial de grado. Además de su apoyo y que con su experiencia en el ámbito laboral me ha ayudado en muchos aspectos de este trabajo especial de grado.

A mis amigos, con quienes siempre puedo contar en las buenas y en las malas, bien sea para celebrar logros o buscar una ayuda en alguna circunstancia de la vida.

Debo agradecer de manera especial a mi casa de estudios, la Universidad Católica Andrés Bello y a todos los profesores que participaron en este proyecto y en mi formación profesional, en especial a aquellos que nos alentaron a seguir nuestros sueños e ideales; mi más sincero agradecimiento a los profesores, Wilfredo Torres, María Cristi Stefanelli, José Pirrone y Mayra Narvaez.

Agradezco de manera especial a la corporación Digitel GSM, C.A. en especial al Profesor. Javier Viera, por abrírnos las puertas de su Empresa de forma tan amable y solidaria al permitirnos desarrollar esta tesis en colaboración con su grupo de trabajo. .

Diego Armando Díaz Cantelmi

Índice General

INTRODUCCIÓN	xvi
Capítulo I	1
Planteamiento del Proyecto.....	1
I.1. Planteamiento del Problema	1
I.2. Objetivos	3
I.2.1. Objetivo General	3
I.2.2. Objetivos Específicos.....	3
I.3. Justificación	4
I.4. Alcances y Limitaciones	4
I.4.1. Alcance	4
I.4.2. Limitaciones.....	6
Capítulo II.....	7
Marco Teórico	7
II.1. GSM (Global System for Mobile Communications)	9
II.1.1. BSS (Base Station Subsystem)	10
II.1.2. NSS (Network Switching Subsystem)	11
II.1.5. Arquitectura de la Red.....	14
II.1.5.1. Diagrama de Bloques.....	14
II.1.5.2. Descripción de los nodos principales de la red.	15

I.1.6. Elementos funcionales Adicionales del estándar y redes GSM.....	21
II.1.7. Rehúso de Frecuencias.	21
II.1.8. Cluster.....	22
II.1.9. Parámetros de la Red	22
II.1.9.1. Indicadores de la Red	23
II.2. Topologías de Red	23
II.3. Errores de la Red.....	25
II.3.1. ES (segundos errados)	26
II.3.2. SES.....	26
II.4. PDH	27
II.5. Lenguaje de Programación (JAVA)	28
Capítulo III	30
Metodología	30
Fase I. Investigación Documental	32
Fase II. Estudio y Evaluación de Lenguajes de Programación	32
Fase III. Diseño y Selección de Equipos	33
Fase IV. Desarrollo y Pruebas Piloto.	33
Fase V. Análisis y Resultados.	34
Capítulo IV	35
Desarrollo.....	35

IV.1. Investigación y Levantamiento de información	35
IV.1.1 Topologías de Red	35
IV.1.4. Estudio de distintos sistemas de gestión de red ya existentes	36
IV.2. Estudio y evaluación de lenguajes de programación	36
IV.2.1 Evaluación de los diversos lenguajes de programación que más se adecuen para esta aplicación de escritorio	37
IV.2.2. Búsqueda y realización de cursos de programación, para mejorar y desarrollar conocimientos en el área.....	39
IV.3. Diseño y Selección de equipos	40
IV.3.1. Diseño de la base de datos.....	40
IV.3.2. Selección de un sistema capaz de monitorear y reportar efectivamente las fallas de los diferentes componentes de la red (BSC, BTS y ETs).	42
IV.3.3. Diseño del sistema de monitoreo y reporte de fallas.	42
IV.3.4. Diseño de la arquitectura de la aplicación de escritorio, según los requerimientos y necesidades de la corporación Digitel GSM.	47
IV.4 Desarrollo y Pruebas pilotos.	53
IV.4.1 Desarrollo de la base de datos.	53
IV.4.2. Desarrollo del sistema de monitoreo y reporte de fallas de los componentes de la red	57
IV.4.3. Desarrollo de la aplicación de escritorio	58
Capítulo V	63

Resultados	63
V.1. Variables para evaluar el performance de la red.	63
V.2. Resultados de la Aplicación de escritorio.	67
V.2.1. Ventana de Inicio.	67
V.2.2. Módulo de Información Alarmas	68
V.2.3. Módulo de disponibilidad de Enlaces.....	69
V.2.3.1. Módulo de disponibilidad de Enlaces.	72
V.2.4. Módulo de Bloqueo.....	76
V.3. Análisis de Resultados.....	78
Capítulo V	79
Conclusiones y Recomendaciones.....	79
Bibliografía	82
APÉNDICES.....	84
APÉNDICE A: Especificaciones de la Interfaz Aire GSM.....	85
APÉNDICE B: Fotos de Componentes de una BTS.	86
APÉNDICE C: Metrosite.	89
APÉNDICE D: Componentes de una Metrosite.....	90
APÉNDICE E: Componentes de una BSC.....	91
APÉNDICE F: Lenguajes de Programación	94
APÉNDICE G: Diagrama complementario de las Funciones de la BSC en la aplicación de escritorio.	97

APÉNDICE H: Tabla complementaria de Funciones de la BSC.....	98
APÉNDICE I: Estudio de Manejadores de Base de Datos.....	100
APÉNDICE J: Manual de usuario para la aplicación de escritorio.	102

Índice de Figuras

Figura 1. Arquitectura de la Red GSM.....	10
Figura 2. Elementos de la BSS.	11
Figura 3. Elementos de la NSS.....	12
Figura 4. <i>Uplink</i> y <i>downlink</i>.	13
Figura 5. Estructura Básica General del Sistema GSM.	14
Figura 6. Ubicación de las Tarjetas en una BTS.....	16
Figura 7. Diagrama Funcional de un Multiacoplador.....	17
Figura 8, Diagrama funcional de un duplexor.	18
Figura 9. Diagrama funcional del combinador.	19
Figura 10. Celda.	22
Figura 11. <i>Clusters</i>. Derecha, <i>cluster</i> de siete celdas, izquierda <i>cluster</i> de cuatro celdas. Fuente.	22
Figura 12. Ventana de Conexión Base de Datos.....	40
Figura 13. Diagrama Entidad Relación.	41
Figura 14. Diseño de Arquitectura Telnet.	44
Figura 15. Diagrama de Flujo de la Aplicación de Escritorio.	49
Figura 16. Creación de Base de datos.	53
Figura 17. Tablas de la base de Datos “tesis”.....	54
Figura 18. Creación de tabla “ENLACE” y variables.....	55

Figura 19. Ventana de Inicio de la Aplicación de Escritorio	67
Figura 20. Ventana Principal del Módulo de Información Alarmas.....	68
Figura 21. Ventana de Información detallada de Alarmas de la Red.	69
Figura 22. Sub grupo de enlaces con prioridad 5 de los archivos de performance diarios de la red de la corporación Digitel GSM.	70
Figura 23. Conexión Vía Telnet del Módulo de Disponibilidad de Enlaces.	70
Figura 24. Funciones de la BSC.	71
Figura 25. Resultado – Ver Alarmas.....	72
Figura 26. Prueba 2 – Ver Historial de Alarmas.....	72
Figura 27. Resultado 6 – Ver Estatus BSC.....	73
Figura 28. Resultado - Estaciones y TRX Bloqueados de la BSC 003.	73
Figura 29. Resultado – Bloqueo de Sector.....	74
Figura 30. Resultado – Desbloqueo de Sector.	74
Figura 31. Resultado - Descripción de Estado de la BCF 004.....	74
Figura 32. Resultado – Bloqueo de BCF.....	75
Figura 33. Resultado – Desbloqueo de BCF.....	75
Figura 34. Resultado – Bloqueo de Site.....	75
Figura 35. Ventana Principal del Módulo de Bloqueo– Desbloqueo.....	76
Figura 36. Bloqueo de TRX 3 de la BTS 2.....	76
Figura 37. Resultado – Bloqueo TRX 003 de BTS 019.....	76
Figura 38. Resultado – Bloqueo TRX 003 de BTS 019.....	77

Figura 39. Resultado – Desbloqueo TRX 003 de BTS 019.	77
Figura 40. Resultado – Desbloqueo TRX 003 de BTS 019.	77
Figura 41. METROSITE – Estación Catia la Mar 2.	86
Figura 42. TRXs – Estación Catia la Mar 2.	86
Figura 43. Unidad de Banda Base – Estación Catia la Mar 2.....	86
Figura 44. Unidad de Transmisión (FXC/RRI) – ESTACIÓN Catia La Mar 2	86
Figura 46. Fuentes de Poder – Estación Catia La Mar 2.....	86
Figura 45. Unidad Controladora (BOIA) – Estación catia La Mar 2.....	86
Figura 47. Multiacoplador – Estación Los Flores 2	87
Figura 48. METROSITE – Estación Los Flores 2	87
Figura 49. Fuente de Poder - Estación Los Flores 2	87
Figura 50. TRX de Metrosite – Estación Los Flores 2.	87
Figura 51. 2-way Receiver Multicouple Unit.....	87
Figura 52. Esquema Interno de una Ultrasite	88
Figura 53. Foto Lateral Metrosite.	89
Figura 54. Foto Metrosite	89
Figura 55. Esquema de las Partes de una Metrosite.	90
Figura 56. GSWB de la BSC “Castellana 3”	91
Figura 57. MCMU de la BSC “Castellana 3”	91
Figura 58. BSCU de la BSC “Castellana 3”.....	92

Figura 59. BSCU de la BSC “Castellana 3”.....	92
Figura 60. CLS CLOC de la BSC “Castellana 3”.....	92
Figura 61. ET de la BSC “Castellana 3”..	93
Figura 62. BSC2i Marca Nokia.....	93
Figura 63. Diagrama de Funciones complementarias de la BSC.....	97
Figura 64. Ventana de Inicio.....	105
Figura 65. Selección de Información de Alarmas.	106
Figura 66. Ventana Principal de módulo de Información de Alarmas.	106
Figura 67. Ventana de Información Detallada de la Alarma.....	107
Figura 68. Módulo de Disponibilidad de Enlaces – Ventana Principal.	108
Figura 69. Ventana de Inicio de Sesión.	109
Figura 70. Ventana de Funciones de la BSC.	109
Figura 71. Selección de opción: <i>Ver Estado de la Estación</i>.	110
Figura 72. Resultado – Ver Alarmas.....	111
Figura 73. Selección Módulo Bloqueo . Desbloqueo.	111
Figura 74. Ventana de Inicio de Sesión en el Módulo de Bloqueo - Desbloqueo.....	112
Figura 75. Ventana Principal módulo Bloqueo – Desbloqueo.	112
Figura 76. Ejemplo de desbloqueo de un TRX..	113

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación entre el <i>Quality</i> y el <i>BER</i>.	23
Tabla 2. Topologías de la Red.	25
Tabla 3. Explicación de cada uno de los elementos componentes de la arquitectura de comunicación entre la aplicación de escritorio y los elementos del BSS.	46
Tabla 4. Módulos y componentes de la aplicación de escritorio.	52
Tabla 5. Desarrollo de Base de datos.	56
Tabla 6. Módulo de Información de Alarmas.	59
Tabla 7. Módulo de Disponibilidad	61
Tabla 8. Desarrollo del Módulo de Bloqueo/Desbloqueo	62
Tabla 9. Reporte diario de TX/ TX PDH CCS DIARIO.	65
Tabla 10. Tabla de Resultados del Módulo de Disponibilidad.	75
Tabla 11. Módulo de Bloqueo – Desbloqueo.	77
Tabla 12. Análisis de Resultados.	78
Tabla 13. Resumen de las Especificaciones de la Interfaz de Aire GSM.	85
Tabla 14. Fotos de Componentes de BTS.	87
Tabla 15. Componentes de una BSC.	93
Tabla 16. Lenguajes de programación.	96
Tabla 17. Funciones Complementarias de la BSC.	99
Tabla 18. Estudio de manejadores de Base de datos.	101

INTRODUCCIÓN

En 1982, un consorcio de países europeos creó el *Group Spéciale Mobile (GSM)* para desarrollar una tecnología celular que proveyera *roaming* internacional imperceptible al usuario y soporte para servicios avanzados no disponibles en las redes analógicas. El Instituto Europeo de Normas para Telecomunicaciones (ETSI) se hizo cargo del proyecto en 1989 y completó la primera serie de especificaciones técnicas. La primera red *GSM* fue lanzada en 1991, y fue seguida por varias más el año siguiente. Al adoptarse la tecnología en países no europeos, se hizo evidente que *GSM* sería una tecnología global y no europea; así fue como la sigla *GSM* comenzó a significar "Sistema Global para Comunicaciones Móviles". (Oriol Sallent Roig, 2003)

La demanda por parte de los usuarios de comunicaciones móviles, ha llevado al desarrollo de nuevas redes de comunicaciones. El sistema de telefonía celular es el responsable de proporcionar cobertura a través de un territorio particular, llamado región de cobertura o mercado. La interconexión de muchos de estos sistemas define una red inalámbrica capaz de proporcionar servicios a los usuarios móviles a través de muchos lugares.

Para que una región geográfica en particular pueda disfrutar de comunicaciones inalámbricas, se debe emplear una red integrada de estaciones base que puedan proporcionar la suficiente cobertura de radio a todos los usuarios móviles. Las estaciones base, a su vez, deben estar conectadas a un eje central llamado Centro de Conmutación Móvil (*MSC*). El *MSC* es el encargado de suministrar la conectividad entre la Red Telefónica de Conmutación Pública (*PSTN*) y las numerosas estaciones base (*BTS*), y por último, entre todos los abonados móviles de un sistema. La *PSTN* forma la red de telecomunicaciones global que interconecta los centros de conmutación de telefonía convencional (terrestres), llamados oficinas centrales, con los *MSC* de todo el mundo. (Jörg Eberspächer, 2009)

La realización de la aplicación de escritorio, permitirá detectar las fallas generadas en las *BTS (Base Station Transceiver)*, *BSC (Base Station Controller)* y sus respectivos enlaces, esto con el fin de mejorar el funcionamiento de las mismas. La aplicación de escritorio generará un histórico de cada estación base, enlace y controlador de estaciones bases, también tendrá la capacidad de generar un reporte si ha surgido algún tipo de falla.

Además dicha aplicación contendrá módulos que serán capaces de: suministrar una herramienta de ayuda a la hora de realizar el cálculo de disponibilidad diaria de las estaciones de los enlaces de radio y el cálculo de la disponibilidad de los enlaces en forma automatizada, permitir la descarga de la aplicación de Digitel GSM en tiempo real, del histórico de las alarmas y alarmas activas de las radio bases (*BTS*), así como el monitoreo de las interfaces de conexión (*ET*) en los controladores de estaciones base (*BSC*) que sirven a las *BTS*, verificar y cambiar el status (bloquear y desbloquear) del estado de los *TRX (Transceiver)* y de las *BTS*, visualizar las alarmas activas generadas en las *BSC*.

La corporación Digitel GSM está necesitando con urgencia de esta aplicación, ya que mejoraría su efectividad en las conexiones de sus usuarios en toda el área metropolitana de Caracas y a su vez ayudaría a que la misma ahorre dinero, así como esfuerzo y tiempo de sus trabajadores, ya que el método utilizado actualmente para la revisión de las *BTS*, *BSC* y sus enlaces, es manual y obsoleto.

Capítulo I

Planteamiento del Proyecto

I.1. Planteamiento del Problema

La constante demanda de calidad en el área de la telefonía, exige la realización adecuada de pruebas de desempeño, tanto en la instalación como durante el mantenimiento; esto con el fin de proveer una transmisión libre de errores y probar eficientemente los equipos, interfaces y enlaces para poder evaluar su calidad y cumplir con los estándares que ha impuesto la empresa.

Con el paso del tiempo, la tecnología crece y se desarrolla velozmente, la empresa Digitel GSM requiere de una automatización de varios de sus *software*, que se encargan del monitoreo y cálculo de la disponibilidad de la red de transmisión de baja capacidad (*PDH*). Sus empleados se ven forzados a trabajar con herramientas manuales a la hora de realizar la revisión de sus *BTS*, *BSC* y enlaces del Área Metropolitana de Caracas, generando de esta manera un desempeño no óptimo de los enlaces de su red y provocando el descontento en el usuario final.

El *software* no automatizado que se usa actualmente consiste en tres módulos enfocados principalmente en la detección de problemas en las *BTS*, *BSC* y sus enlaces, así como también la verificación de que funcionen bajo los estándares exigidos por la corporación, es decir, que no existan interferencias que puedan afectar el funcionamiento de los equipos, problemas eléctricos que puedan generar una caída parcial o total de las estaciones, fallas en los mecanismos de transmisión, problemas con las frecuencias utilizadas, segundos errados, segundos severamente errados, interferencias entre *BTS* y desempeño de los enlaces, entre otros.

En general las *BTS* manejadas por la Corporación Digitel GSM están interconectadas entre sí por medio de topologías de red, lo cual puede generar inconvenientes, ya que si una *BTS* falla, toda la red puede colapsar. Diariamente el

personal encargado debe buscar en una hoja de cálculo (Excel), registro por registro e identificar cual *BTS* ha generado una alarma y la causa de dicha alarma. Al ser un proceso manual y por la gran cantidad de alarmas que se generan en un día, se observan ciertas ineficiencias en dicho procedimiento.

Por estas razones se hace necesario implementar un procedimiento automatizado, con el cual se pretende agilizar todo el proceso involucrado en la detección de alarmas, generación de reportes y solución de fallas, las cuales se generan en las *BTS*, enlaces y *BSC* ubicados en el Área Metropolitana de Caracas. La automatización consta de la creación de una aplicación de escritorio, la cual tendrá la capacidad de conectarse a una base de datos previamente creada, que posee la información de las alarmas que se puedan generar en una *BSC* (*Equipos Nokia*); sustraer diariamente información de las *BSC*, *BTS* y sus enlaces (bien sea que tenga un mal funcionamiento o no) para así poder generar los reportes que serán procesados por el personal especializado de la corporación Digitel GSM. Teniendo esta información, la aplicación de escritorio va a ser capaz de conectarse con una *BTS* a través de su *BSC*, para realizar un chequeo y de ser necesario modificaciones para la solución de las fallas que se puedan presentar.

Esta solución será capaz de proveer grandes beneficios para la corporación Digitel GSM, ya que va a permitir generar reportes diarios que informen cuales *BTS* están presentando inconvenientes, además de un módulo que les informara el desempeño de los enlaces y otro módulo que facilite la revisión de las *BSC* que sirven a las *BTS*; pudiendo así resolver los problemas que se presenten en un día de manera rápida y eficiente, además de poder plantear un sistema preventivo para que estas fallas no vuelvan a ocurrir.

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo General

Crear un prototipo del sistema de automatización del cálculo y monitoreo de disponibilidad de la red de transmisión de baja capacidad (PDA) de la corporación Digitel GSM, C.A.

I.2.2. Objetivos Específicos

a. Realizar un estudio detallado de la arquitectura GSM y las diferentes topologías de redes existentes, así como de las alarmas de uso común para la evaluación de los equipos, interfaces y/o enlaces.

b. Realizar un estudio de las variables consideradas por Digitel GSM como segundos errados, segundos severamente errados, disponibilidad de los enlaces (medidas en minutos), entre otros, para evaluar el performance o comportamiento de los enlaces entre las *BTS* y las *BSC* que sirven a las *BTS*.

c. Realizar un estudio de qué lenguaje de programación y qué base de datos, se adapta mejor a las necesidades del cliente, para la realización de la aplicación de escritorio.

d. Crear una aplicación de escritorio, capaz de conectarse con el sistema de Digitel GSM y poder reconocer y capturar eficientemente las alarmas que se generen en las estaciones base del cliente.

e. Desarrollar un sistema encargado de monitorear la red y suministrar efectivamente a la base de datos las distintas fallas presentadas en la misma.

f. Desarrollar una base de datos independiente que se pueda conectar con la aplicación de escritorio que contenga toda la información relacionada con la alarma del problema.

g. Desarrollar los módulos que realicen el cálculo de disponibilidad diaria de las estaciones de los enlaces de radio y el cálculo de la disponibilidad de los enlaces de radio de forma automatizada.

h. Crear un módulo que permita descargar de la aplicación de Digitel GSM en tiempo real, el histórico de las alarmas y alarmas activas generadas tanto en las radio bases (*BTS*) como en las *BSC*, así como el monitoreo de las interfaces de conexión (*ET*) en los controladores de estaciones base (*BSC*) que sirven a las *BTS*.

i. Crear un módulo que permita verificar y cambiar el status (bloquear y desbloquear) del estado de las interfaces de conexión en las *BSC* que sirven a las *BTS*.

I.3. Justificación

Este trabajo responde a la necesidad de la corporación Digitel GSM de tener una nueva herramienta trabajo encargada de mejorar y facilitar los procesos no automatizados que anteriormente se utilizaban en el área de Operaciones y Mantenimiento de la Red, a la hora de la detección, solución y prevención de las diferentes fallas que se pueden presentar en las *BTS*, *BSC* y sus enlaces. En base a esta exigencia se planteó desarrollar una aplicación de escritorio que tuviera la capacidad de permitir a los trabajadores de la corporación Digitel GSM obtener un mejor desempeño a la hora de solventar estos problemas y aportarle a la corporación una solución automatizada que le permita brindar un mejor servicio a sus clientes.

I.4. Alcances y Limitaciones

I.4.1. Alcance

Este trabajo especial de grado abarcará el análisis, diseño y construcción de una aplicación de escritorio, que permita detectar las fallas y mejorar el funcionamiento de las radio bases de Digitel GSM, ubicadas en el área Metropolitana de Caracas.

Para que la aplicación se pueda llevar a cabo, se ha dividido en los siguientes módulos:

a. Estudio de las BTS y BSC: se procederá a dirigirse a las instalaciones de Digitel GSM y a algunas estaciones base ubicadas a lo largo del área metropolitana de Caracas, para estudiar los componentes que conforman las BTS y BSC, esto con el fin de entender el funcionamiento de las mismas y para poder llevar un registro de todos los componentes importantes, y así tener el conocimiento apropiado cuando dichas estaciones base y sus respectivos controladores, presenten una falla y poder así aportar una posible solución.

b. Estudio de la Topología usada por Digitel GSM: se investigaran las diferentes topologías de red utilizadas en los distintos nodos conformados por las radio bases de Digitel GSM, ya que dependiendo de su longitud, muchas veces se usan topologías diferentes como la de anillo, árbol, entre otras; con el fin de tener claro como viaja la información a través de la red, cuáles son sus ventajas y desventajas; este estudio también nos ayudara a entender por qué a veces una BTS deja de funcionar, a pesar de que la misma presenta un buen funcionamiento.

c. Estudio del Performance de los enlaces: se procederá a conocer las diferentes variables usadas por Digitel GSM, para evaluar el performance o comportamiento de los enlaces entre las BTS y las BSC que sirven a las BTS. Para esto tendremos que estudiar variables tales como: segundos errados, segundos severamente errados, disponibilidad de los enlaces (medidas en minutos), entre otros.

d. Estudio de las alarmas de Digitel GSM: se procederá a investigar, los criterios que posee Digitel GSM, para la generación de alarmas de fallas en cada BTS, BSC y sus respectivos enlaces, esto con el fin de poder aportar ideas de mejoras a dicho sistema y posibles soluciones para cada falla que se presente.

e. Módulo de conexión: en este módulo se procederá, a través de programación a hacer las conexiones necesarias con la base de datos de Digitel GSM,

esto con la finalidad de poder alimentar la base de datos que se va a crear para la aplicación creada.

Con estos 5 módulos se procederá a la realización de la aplicación de escritorio, la cual permitirá detectar las fallas generadas en las *BTS*, *BSC* y sus respectivos enlaces, esto con el fin de mejorar el funcionamiento de las mismas. La aplicación de escritorio contendrá un histórico de cada estación base, enlace y controlador de estaciones bases y así estará en la capacidad de generar un reporte si ha surgido algún tipo de falla o no y su posible solución.

Además dicha aplicación contendrá módulos que serán capaces de: realizar el cálculo de disponibilidad diaria de las estaciones de los enlaces de radio, realizar el cálculo de la disponibilidad de los enlaces en forma automatizada, permitir la descarga de la aplicación de Digitel GSM en tiempo real, del histórico de las alarmas y alarmas activas de las radio bases (*BTS*), así como el monitoreo de las interfaces de conexión (*ET*) en los controladores de estaciones base que sirven a las *BTS*, verificar y cambiar el status (bloquear y desbloquear) del estado de los *ET* de las *BSC* que sirven a las *BTS*, visualizar las alarmas activas generadas en las *BSC*.

La compañía Digitel GSM está necesitando con urgencia de esta aplicación, ya que mejoraría su efectividad en las conexiones de sus usuarios en toda el área Metropolitana de Caracas y ayudaría a que la misma ahorre dinero así como esfuerzo y tiempo de sus trabajadores, ya que el método utilizado en la actualidad para la revisión de las *BTS*, *BSC* y sus enlaces, es manual y obsoleto.

I.4.2. Limitaciones

Al ser una aplicación de escritorio, no se va a poder acceder a la misma vía internet. La aplicación creada solo se alimentara de la información que provea la base de datos de Digitel GSM y la misma va a ser un prototipo.

Capítulo II

Marco Teórico

En este capítulo se realiza una breve compilación sobre la información teórica necesaria para el correcto entendimiento del presente Trabajo Especial de Grado. Esta información abarca las especificaciones, propiedades y características de la red GSM, así como las tecnologías, topologías y protocolos involucrados en el proyecto.

Desde que comenzó a desarrollarse la telefonía celular, hace ya más de quince años, han aparecido varios sistemas. El primer sistema que se implementó fue el NMT-450, sistema basado en una especificación que realizaron conjuntamente las administraciones telefónicas nórdicas. Funciona en banda de 450 MHz y no es casualidad que el primer sistema fuera realizado en dichos países, pues doce años después llegarán a ser los líderes con gran diferencia en cuanto al índice de penetración.

Posteriormente aparecieron en Estados Unidos de América y Reino Unido las normas TACS (*Total Access Communication System*) y AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), muy similares entre ellas, que funcionaban en la banda de 900 MHz. También surgió el NMT-900, que no es más que la versión del sistema nórdico en la banda de los 900 MHz. Estos son los sistemas que realmente han dominado el mercado durante años, pues aunque han surgido otros como el C-Netz alemán ó el Radiocom francés, su éxito ha sido muy limitado.

Todos estos sistemas tenían en común la utilización de una interfaz radio-analógica, y a pesar de seguir unas especificaciones que se podrían considerar como públicas, las implementaciones de las mismas son propietarias, es decir, no era posible interconectar sistemas de distintos suministradores y, como consecuencia no existía la posibilidad de “*roaming*” (seguimiento) internacional (posibilidad de llamar o ser llamado cuando el abonado se encuentra en un país diferente).

Con todos estos problemas a la vista, junto con la posibilidad de que los sistemas existentes agotaran su capacidad en poco tiempo, se inicio en Europa, a principios de la década de los ochenta, el estudio para la implementación de un sistema digital.

Una vez elegido el método de acceso *TDMA (Time Division Multiple Access)*, se firmo un *MoU (Memorandum of Understanding)* que permitirá que el sistema sea paneuropeo (“*roaming*” internacional entre los países firmantes). La especificación posterior realizada por el *Group Special Mobile* (que dio el nombre al sistema) consolidó las interfaces abiertas y la gran capacidad del sistema.

Es de señalar que, en paralelo con el *GSM*, se han definido otros dos sistemas de telefonía móvil digital, uno en Estados Unidos el *ADC (American Digital Cellular)*, y otro en Japón, el *JDC (Japan Digital Cellular)*. Sin embargo, también es de destacar que el *GSM* estaba más avanzado y se estaba imponiendo en países importantes (Australia, países árabes, sudeste asiático, entre otros), lo que hace que haya cambiado el significado de sus siglas convirtiéndose en “*Global System for Mobile Communications*”. (Veiga, 1998)

El sistema *GSM* se extendió por todo el mundo. Se trata a su vez del sistema de telefonía móvil de segunda generación europeo, la estandarización del mismo fue llevada a cabo por la *ETSI (European Telecommunications Standard Institute - Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones)* entre 1982 y 1992. (Monica Gorricho Moreno, 2002)

Por último destacaremos la continuidad tecnológica que *ETSI* ha dado al *GSM*, especificando el *DCS 1800 (Digital Cellular System)* como su primer sistema, y que no es otra cosa que el *GSM* en la banda 1800 *MHz* (Veiga, 1998).

II.1. GSM (*Global System for Mobile Communications*)

Es un estándar de telefonía celular de segunda generación que fue desarrollado en Europa por causa de la fragmentación que existía en los celulares de primera generación, fue diseñado para que funcionara como un sistema paneuropeo que puede dar servicios a través de la red *ISDN* (*Integer Service Digital Network*). Este estándar fue el primero en tener modulación digital, niveles de arquitectura de red y servicios agregados.

Los servicios de *GSM* siguen los parámetros de *ISDN* y se dividen en tres categorías: servicios telefónicos, de datos y suplementarios de *ISDN*.

Los servicios telefónicos, aparte del servicio móvil, incluyen llamadas de emergencias y facsímil. *GSM* también puede soportar Videotex y Teletexto, pero ellos no forman parte del estándar.

Los servicios suplementarios de *ISDN* incluyen identificación de llamadas, llamadas en espera y grupos de usuarios cerrados. Los servicios suplementarios también incluyen servicios de mensajes cortos, los cuales permiten a los usuarios de *GSM* caracteres alfanuméricos de longitud limitada.

Una de las características más importante del sistema *GSM* es la tarjeta *SIM* (*Subscriber Identity Module*). Ésta posee un número único y secreto, el cual, se envía al sistema con el fin de relacionar el teléfono con la cuenta del subscriptor. La *SIM* también se utiliza para:

- Poder realizar llamadas de emergencia (es imposible llamar sin ella).
- Almacenar mensajes cortos.
- Seguridad.
- Representa al usuario.

La arquitectura del sistema *GSM* consta de tres subsistemas mayores que interactúan entre ellos y con los usuarios a través de ciertas interfaces. Estos subsistemas son: el Subsistema de la Estación Base (*BSS*), el Subsistema de Conmutación y Red (*NSS*) y el Subsistema de Soporte de Operaciones (*OSS*).

II.1.1. *BSS (Base Station Subsystem)*

El *BSS (Base Station Subsystem)*, subsistema de la estación base o también conocido como subsistema de radio, es el que provee y maneja las transmisiones de radio entre el móvil y la central de conmutación (*MSC – Mobile Switching Center*), igualmente se encarga de manejar la interfaz entre el móvil y los otros subsistemas de *GSM*. Cada *BSS* consta de muchos controladores de estaciones base (*BSC*) los cuales conectan los móviles con la *NSS (Network Switching Subsystem)* a través de las *MSC*. La *NSS* controla las funciones de conmutación del sistema y lleva a la *MSC* a comunicarse con las otras redes como la red de telefonía pública (*PSTN – Public Switched Telephone Network*) y la *ISDN*. El *OSS (Operation Support Subsystem)* soporta las operaciones de mantenimiento y operaciones de los subsistemas *GSM*.

La siguiente figura representa los tres subsistemas mayores de la arquitectura del sistema *GSM*:

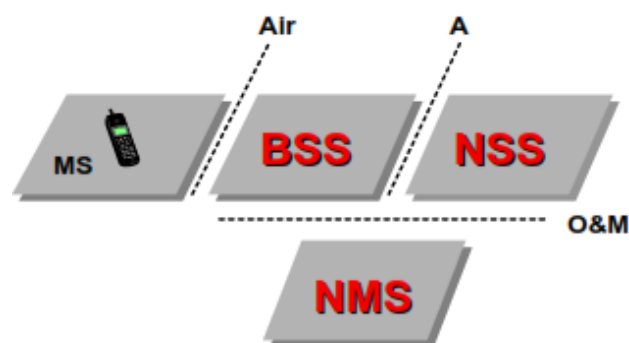


Figura 1. Arquitectura de la Red GSM.

Fuente: Systra

Los móviles se comunican con el BSS a través de la interfaz de aire. El BSS está constituido por muchas BSC las cuales se conectan a través de una MSC, y cada BSC controla típicamente más de cien estaciones base (BTS). La asignación de una nueva celda y/o radio canal al móvil, es llamado *handover*. Los *handover* de los móviles entre dos BTS bajo el control de una misma BSC, son manejados por esta BSC y no por la MSC.

La interfaz que conecta una BTS con la BSC es llamada Interfaz *Abis*. Esta interfaz lleva el tráfico y mantiene la data. La BSC está conectada a la MSC ya sea a través de cables o de enlaces de microondas, a esta interfaz se le conoce como interfaz A, la cual está estandarizada para GSM, es decir, es una interfaz abierta.

II.1.2. NSS (*Network Switching Subsystem*)

El NSS maneja la conmutación de las llamadas entre redes externas y la BSC en el subsistema de radio y es responsable también del manejo y provee de acceso externo a varias bases de datos de los clientes. La MSC es la unidad central en el NSS y controla el tráfico a lo largo de las BSC. En el NSS existen tres diferentes bases de datos: el registro de localización local (HLR), registro de localización de visitantes (VLR) y el centro de autenticación (AuC.).

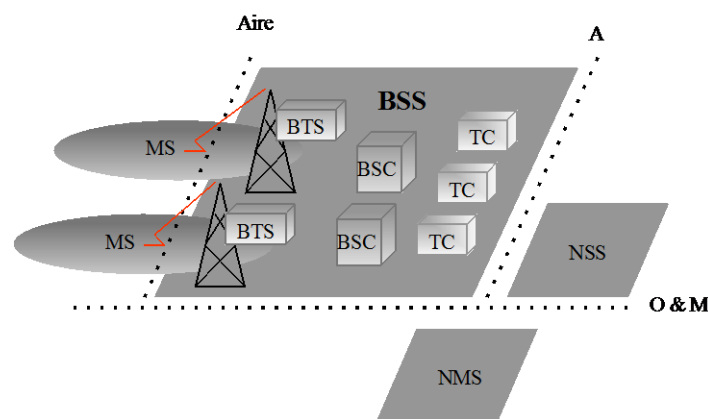


Figura 2. Elementos de la BSS.

Fuente: (Nokia Telecommunications , 1998)

El registro de localización local o **HLR (Home Location Register)**, es una base de datos, la cual, contiene información del subscritor e información de localización para cada usuario que resida en una misma ciudad u operen dentro de una misma **MSC**.

El **VLR (Visitor Location Register)** está enlazado con varias **MSC** en un mercado en particular o región geográfica y contiene información de cada usuario local y visitante en esta área. Una vez que un usuario visitante es almacenado en la **VLR**, la **MSC** envía la información necesaria a la **HLR** original del subscritor para llamar al móvil visitante para que pueda ser enrutado apropiadamente a la red pública por la **HLR** del usuario. El centro de autenticación (**AuC**) es una base de datos información protegida, la cual, maneja las claves de autenticación y encriptado para cada subscritor en la **HLR** y en la **VLR**.

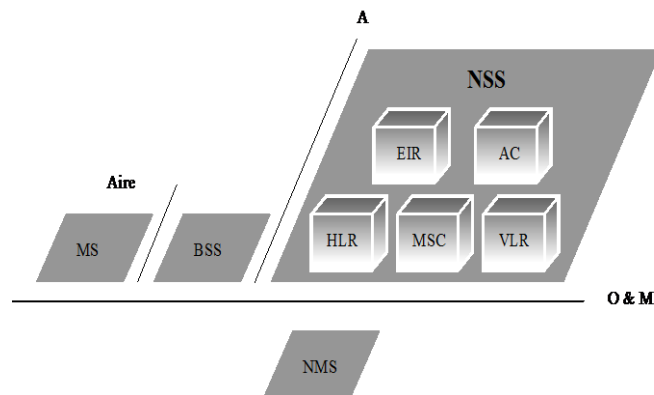


Figura 3. Elementos de la NSS.

Fuente:(Nokia Telecommunications , 1998)

II.1.3. OSS (*Operation and Support System*)

El OSS, sistema de soporte y operación, soporta uno o varios Centros de Mantenimiento de Operación (**OMC- Operation and Maintenance Center**), los cuales, son usados para monitorear y mantener la calidad de cada móvil, **BTS**, **BSC** y de las **MSC** dentro del sistema **GSM**. El OSS tiene tres funciones principales: mantener

todos los equipos de telecomunicaciones y operaciones de red, implementar todos los procedimientos de facturación y manejar todos los equipos móviles del sistema. (Nokia Networks, 2002).

II.1.4. Subsistema de Radio

GSM utiliza tres (3) bandas de 25MHz para realizar sus transmisiones, 890-915MHz para el *uplink*, 935-960MHz para el *downlink*. Este estándar utiliza como método de acceso al medio *TDMA (Time Division Multiple Access)*. TDMA es una tecnología inalámbrica de segunda generación, que distribuye las unidades de información en ranuras alternas de tiempo, dando acceso múltiple a un número reducido de frecuencias, es decir, divide un canal de frecuencia de radio en varias ranuras de tiempo. A cada usuario que realiza una llamada se le asigna una ranura de tiempo específica para permitir la transmisión. TDMA permite dar servicios de alta calidad de voz y datos

Cada canal de transmisión tiene un ancho de banda de 200kHz, estos canales son llamados *ARFCN (Canales de Radio Frecuencia Absoluta)*. Los *ARFCN* forman un par de canales para *uplink* y *downlink* separados por 45MHz, y cada uno de estos se dividen en 8 *time slots*. Cada uno de los usuarios al momento de la llamada utiliza el mismo *ARFCN* y ocupa un único *time slot* por trama

En la siguiente figura se puede observar un esquema de los canales de *downlink* y *uplink*:

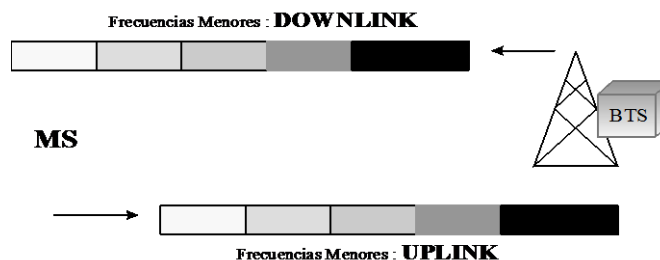


Figura 4. Uplink y downlink.

Fuente:(Tisal, 2000)

El total de radio canales de la que dispone *GSM* es de 125, asumiendo que no existe una banda de resguardo. Cada radio canal consiste de 8 *time slots*, de esta manera se dispone de 1000 canales en *GSM*, pero como en cualquier sistema celular éstos son reutilizados infinitamente.

Existen dos tipos de canales lógicos en *GSM*, los llamados canales de tráfico (*TCH*) y los canales de control (*CCH*). Los canales de tráfico llevan codificada la conversación del usuario o pueden llevar datos. Los canales de control transportan señalización, control y sincronismo entre la *BTS* y el móvil. (Tisal, 2000)

II.1.5. Arquitectura de la Red.

II.1.5.1. Diagrama de Bloques.

La figura siguiente esquematiza los elementos principales de la red *GSM* propuesta como tecnología eficiente.

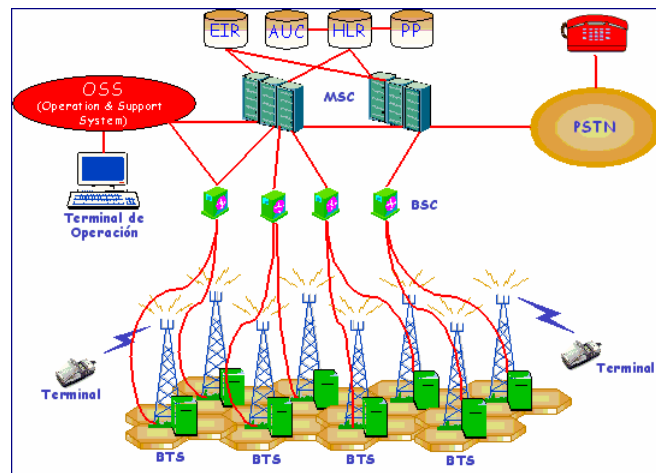


Figura 5. Estructura Básica General del Sistema GSM.

Fuente: Elaboración Propia

II.1.5.2. Descripción de los nodos principales de la red.

➤ **Estación Móvil (MS, *Mobile Station*):** está formada por el *Mobile Equipment* (el terminal *GSM*) y por el *Subscriber Identity Module (SIM)*.

Es el equipamiento empleado por el suscriptor para comunicarse a través de la red móvil. La *MS* posee control dinámico de potencia y transmisión discontinua, los cuales permiten optimizar el uso de la energía de las baterías reduciendo los consumos del terminal y prolongando la duración de la carga, lo que se traduce en una mayor vida útil de las mismas al disminuir las recargas.

La tarjeta SIM contiene la *International Mobile Subscriber Identity (IMSI)*, usada para identificar al abonado en cualquier sistema GSM. (Nokia Networks, 2002)

➤ **Estación Base (BTS, *Base Transceiver Station*):** cuya función principal es la de proporcionar un número de canales de radio en su respectiva zona de servicio. Este elemento está en contacto con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio, la cual controla. El sistema consiste en una red de radio-células contiguas (con cobertura sobrepuesta para asegurar el *handover*) para cubrir una determinada área de servicio. Cada célula tiene una *BTS (Base Transceiver Station)*. Contiene dispositivos de transmisión y recepción, incluyendo las antenas y también el procesamiento de señal necesario para el interfaz de radio. Cada estación base puede dividir el área geográfica a la cual dará servicio en sectores, donde cada sector tendrá su propio hardware y software asociado. Lo anterior permitirá controlar en forma más eficiente los parámetros de radio y con ello la calidad de las comunicaciones y el servicio.

Las antenas pueden ser omnidireccionales o direccionales (en este caso se divide la *BTS* en sectores, con diferentes grupos de frecuencias). El estándar *GSM* contempla que un transceptor proporciona 8 canales digitales (*time slot*) en el enlace de radio. Un grupo de *BTS* es controlado por una *BSC*. La siguiente figura muestra la ubicación general de las tarjetas en una *BTS*:

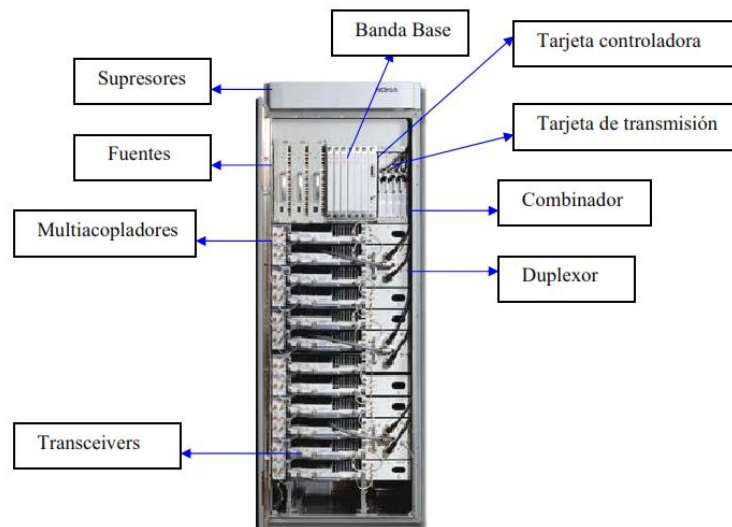


Figura 6. Ubicación de las Tarjetas en una BTS.

Fuente:(José Padilla, 2001)

1. Transmisor – Receptor (*Transceiver* o *TRX*): La función principal de esta unidad es de proveer un procesamiento de señal analógico y digital para trabajar con dos portadoras una de *Uplinky* la de *Downlink*. Esta unidad está compuesta de tres bloques o módulos principales: el módulo transmisor-receptor, sintetizador de salto de frecuencia (*FHS*), amplificador de potencia, fuente de poder.
 - i. *Modulo Transmisor – Receptor*: este módulo provee las principales funciones de RF (radiofrecuencia). A la vez está conformado de tres partes funcionales:
 - *Transmisión*: la parte de transmisión genera una señal en banda base modulada en *GMSK* (*Gaussian Minimim Shift Keying*) y filtra la señal para obtener a la salida un espectro puro.
 - *Recepción*: La sección de recepción convierte la frecuencia de la señal portadora a niveles de frecuencia intermedia (IF).
 - *Loop TRX*: Esta característica del *transceiver* (*TRX*) es para que esta unidad se pruebe a sí misma, esta característica facilita las pruebas de los trayectos de RF en esta unidad.

- ii. *Sintetizador de salto de frecuencia (FHS)*: existe FHS para la transmisión y la recepción, en la transmisión el FHS actúa como el segundo oscilador local y en la recepción actúa como el primer oscilador local.
 - iii. *Amplificador de potencia*: el modulo de amplificador de potencia está contenido en la unidad *transceiver (TRX)*, este recibe una señal modulada en *GMSK* desde el transmisor y la amplifica, para luego pasar la señal amplificada a un combinador.
2. Multiacoplador (M2LA): Esta es una unidad pasiva que está provista de dos salidas para el trayecto de recepción y dos salidas para el trayecto de recepción por diversidad, estas salidas pueden alimentar a dos recepciones de un *transceiver (TRX)*. Este multiacoplador divide las señales en principal y de diversidad, las mismas que se procesan en el *transceiver (TRX)*.

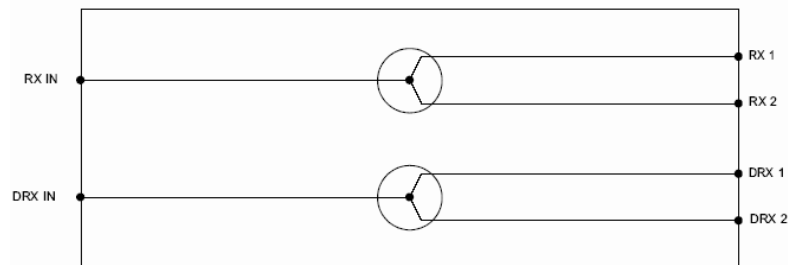


Figura 7. Diagrama Funcional de un Multiacoplador.

Fuente: Nokia Manual Ultop

La señal que proviene del duplexor ingresa al multiacoplador por medio de las entradas *RX IN* (entrada principal) y *DRX IN* (entrada por diversidad), las señales entrantes son divididas de manera que cada una tiene un par de señales correspondientes para ser distribuidas a los *transceivers (TRX)*.

3. Fuente de Poder. Esta unidad es la encargada del monitoreo del voltaje y del envío de alarmas a la tarjeta controladora denominada *BOIA*.

4. Unidad Controladora (BOIA): la unidad controladora ejecuta el proceso de descarga de software desde la *BSC* hasta la *BTS*, y distribuye el software en el resto de unidades, para que la *BTS* entre en operación correctamente.
5. Unidad de Banda Base (BBF2): la tarjeta de banda base se comunica con los *transceivers (TRX)* y *BOIA*, ésta a su vez lee las señales de datos desde la *BSC* desde la unidad de transmisión, los cuales son procesados y enviados a través de un bus de datos al transmisor de RF del *transceiver (TRX)* quien a su vez envía los datos a través de un filtro que se conecta a la antena y la señal pasa al interfaz aire.
6. Duplexor de Ganancia Variable (DVTD): las principales funciones de esta unidad son:
 - Combinar las señales de transmisión y recepción de una antena.
 - Amplificar las señales de recepción con ganancia variable.

Esta unidad se conecta por medio del *backplane* a la *BOIA* para el reporte de alarmas del LNA (Amplificador de bajo ruido).

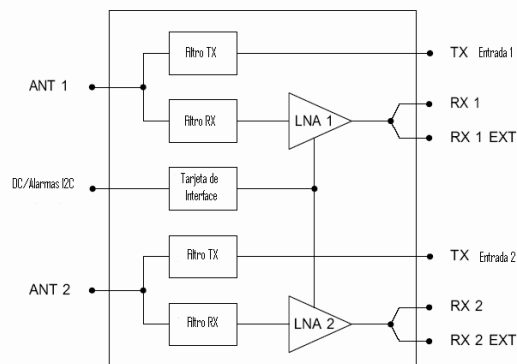


Figura 8, Diagrama funcional de un duplexor.

Fuente: *Nokia Manual Utop*

7. Unidad Combinadora (WGCA): La función principal es combinar dos señales de transmisión desde los *transceivers* y alimentar a los puertos de transmisión del duplexor.

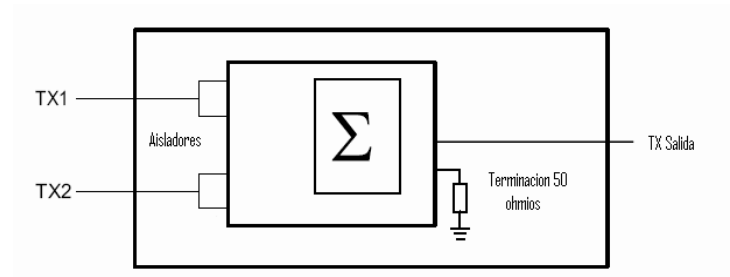


Figura 9.Diagrama funcional del combinador.

Fuente: Nokia Manual Ultop

8. BiasTee / Unidad VWSR / Supresor de descargas: es una unidad que ayuda a la tarjeta controladora a monitorear el *VSWR* (*voltage standing wave ratio*) en las antenas y reporta sus alarmas hacia la *BTS* si se encuentra algún valor no adecuado para el funcionamiento.
9. Unidad de Transmisión (FXC/RR1): esta tarjeta es la unidad de transmisión, la cual se encarga de enrutar el tráfico por medio de la red de radio enlaces hasta llegar a la *BSC* y viceversa. (Nokia Telecommunications, 1998).

Cada uno de los elementos explicados anteriormente constituye la estructura de una *BTS*. Su correcto funcionamiento permite el óptimo desempeño de la red *GSM*.

➤ **Controlador de Estaciones Base (BSC, Base Station Controller)**: es el encargado de proveer todas las funciones de control y enlaces físicos entre el *MSC* y las *BTS*.

Handover: la *BSC* tiene como función primaria el mantenimiento de las llamadas. Desde el momento en que el usuario es móvil, éste puede desplazarse cambiando de sector; el procedimiento por el que la llamada se mantiene en estas

condiciones sin que se produzcan interrupciones importantes se conoce con el nombre de “*handover*”.

Durante una llamada, la estación móvil (*MS*) está continuamente monitoreando a una serie de estaciones base (*BTS*) así como informando a la *BSC* de la calidad de la señal con que está trabajando. Esto permite a la *BSC* tomar la decisión de cuando iniciar un *handover* y a qué sector.

Control de Potencia: la *BSC* controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil (*MS*) para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería de los equipos terminales. (José Padilla, 2001)

➤ **Centro de Conmutación Móvil (*MSC, Mobile Switching Center*):** es el responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada, es la interfaz con otras redes, control de los servicios complementarios y del *handover* entre *MSC*, así como la generación de información necesaria para la medición y registro de tráfico. También actúa de interfaz entre la red móvil y la red pública. (Tisal, 2000)

➤ **Centro de Operación y Mantenimiento (*OMC, Operation and Maintenance Center*):** es un centro de monitoreo computarizado que se conecta a otras componentes de la red como los *MSC* y las *BSC* por enlaces de datos. Tiene las siguientes funciones: acceso remoto a todos los elementos que componen la red *GSM* (*BSS, MSC, VLR, HLR, EIR y AuC*), gestión de las alarmas y del estado del sistema con posibilidad de efectuar varios tipos de test para analizar las prestaciones y verificar el correcto funcionamiento del mismo y supervisión del flujo de tráfico a través de las centrales e introducción de eventuales cambiantes del flujo mismo.

➤ **Centro de Administración de Redes (*NMC, Network Management Center*):** Es el control centralizado de la red. Se encarga de administrar con visión de largo plazo los recursos de la red. Solo se requerirá un *NMC* por cada red, y tendrá como controles subordinados los *OMC*. (Nokia Telecommunications , 1998)

I.1.6. Elementos funcionales Adicionales del estándar y redes GSM.

➤ **Estructura de Red Geográfica.** Cada red necesita una estructura para enrutar las llamadas entrantes al *MSC* correcto y finalmente al suscriptor correspondiente. Los suscriptores se mueven a través de la red, y se debe monitorear su ubicación.

➤ **Celda:** es la unidad básica de un Sistema Celular y es definida como el área de la cobertura de radio dado por un Sistema de Antenas de una *BTS*. Cada celda es nombrada por un Identificador denominado *CGI (Cell Global Identity)*.

➤ **Áreas de Ubicación (*LA, Location Area*).** Se define como un grupo de celdas. Todo suscriptor es relacionado con una de éstas áreas de ubicación, lo que permite optimizar el uso de la red y los tiempos asociados al establecimiento de una llamada. (Nokia Networks, 2002)

II.1.7. Rehúso de Frecuencias.

Las compañías de sistemas telefónicos celulares dividen el área geográfica en células o celdas, por lo tanto, todas usan un sistema *SDMA (Space Division Multiple Access)*. En este tipo de sistema se le asigna una frecuencia diferente a cada celda y se puede reducir o no la potencia del transmisor para evitar interferencias, de esta forma se le puede volver a asignar una frecuencia a una celda.

Existen un número limitado de frecuencias disponibles para cada *BSS*, éstas deben estar distribuidas entre las celdas para asegurar una cobertura balanceada. Las frecuencias deben ser reutilizadas debido a que no existe un número suficiente de éstas para asignarle una a cada celda; en *GSM* solo hay 125, y en el caso particular de la corporación Digitel GSM, *CONATEL* solo le asignó 25, por lo cual, el rehúso es más crítico. Si no se distribuyen las frecuencias apropiadamente a través de las celdas el resultado es un alto nivel de interferencia causado por el solapamiento de ellas. Para evitar esto *GSM* tiene una especificación de los patrones de rehúso de

frecuencia. El tamaño de una celda es determinada por la potencia de transmisión del sistema, altura y posición de la torre donde está ubicada la antena, tipo de antena y la topografía del área.

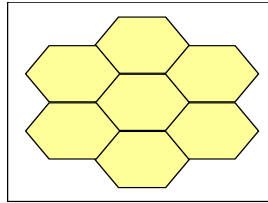


Figura 10. Celda.

Fuente:(Tisal, 2000).

II.1.8. Cluster

Las celdas se encuentran agrupadas en *clusters*. La cantidad de celdas en un *cluster* debe ser determinada para que el *cluster* pueda ser repetido continuamente en todo el área de cobertura del operador. Los *cluster* típicos contienen 4, 7, 12 ó 21 celdas. La cantidad de celdas en un cluster es muy importante porque mientras menor sea la cantidad de celdas por *cluster*, mayor será la cantidad de frecuencias por celda. La siguiente figura representa dos tipos diferentes de *clusters*:

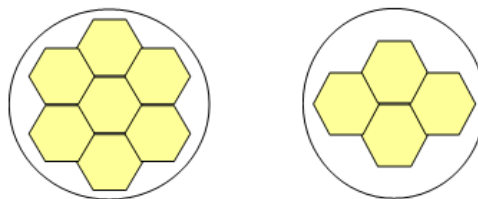


Figura 11.Clusters. Derecha, *cluster* de siete celdas, izquierda *cluster* de cuatro celdas.

Fuente:(Tisal, 2000).

II.1.9. Parámetros de la Red

Entre los parámetros más importantes de la red se encuentra el *BSIC* (*Base Station Identity Code*). Este parámetro se encarga de identificar a cada una de las celdas dentro del sistema.

II.1.9.1. Indicadores de la Red

Un indicador importante en la red es el *Quality*. Este factor indica cual es la calidad de la señal asociada con el *BER* (*Bit Error Rate*). El *Quality* posee una escala que va del 0 al 7, donde 0 representa la máxima calidad y 7 el fondo de la escala. Cuando este factor de calidad alcanza un valor igual o mayor a 4 durante 2 segundos, en una muestra de 3 segundos, el sistema pide un *handover* con una celda vecina; si el *Quality* alcanza valores por arriba de 4 la conversación se vuelve imposible.

Quality	BER(%)
0	0 – 0,2
1	0,2 – 0,4
2	0,4 – 0,8
3	0,8 – 1,6
4	1,6 – 3,2
5	3,2 – 6,4
6	6,4 – 12,8
7	12,8 – 25,6

Tabla 1. Relación entre el *Quality* y el *BER*.

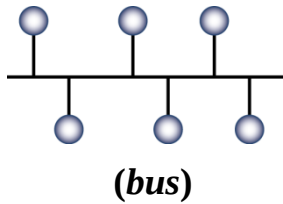
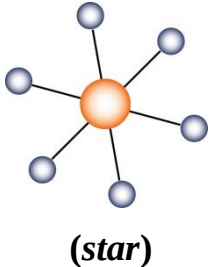
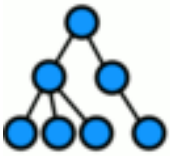
Fuente:(Marquez, 2010)

II.2. Topologías de Red

La topología de una red es el arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos o nodos de una red (computadoras, impresoras, servidores, *hubs*, *switches*, enrutadores, entre otros) se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación.

- Topología física: Se refiere al diseño actual del medio de transmisión de la red.
- Topología lógica: Se refiere a la trayectoria lógica que una señal traza por los nodos de la red.

Existen varias topologías de red básicas (ducto, estrella, anillo y malla), pero también existen redes híbridas que combinan una o más de las topologías anteriores en una misma red.

Topología	Descripción
Topología de Ducto  (bus)	Una topología de ducto o bus está caracterizada por una dorsal principal con dispositivos de red interconectados a lo largo de la dorsal.
Topología de Estrella  (star)	En una topología de estrella, los equipos en la red se conectan a un dispositivo central conocido como concentrador (<i>hub</i>) o a un conmutador de paquetes (<i>switch</i>). La desventaja de esta topología es que si el <i>hub</i> falla, toda la red se cae. (Martinez, 2007)
Topología de Árbol 	El árbol tiene su primer nodo en la raíz, y se expande hacia el exterior utilizando las ramas, en donde se encuentran conectados los demás ordenadores. Esta topología permite que la red se expanda, y al mismo tiempo asegura que solo existe una “ruta de datos” entre dos equipos cualesquiera. (Xavier Hesselbach Serra, 2002).

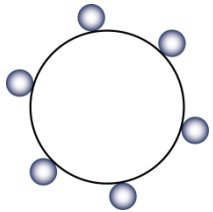
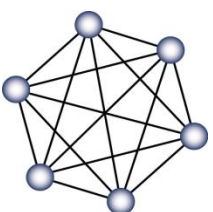
Topología	Descripción
Topología de Anillo  (ring)	Una topología de anillo conecta los dispositivos de red uno tras otro sobre el cable en un círculo físico. En este tipo de red la comunicación se da por el paso de un <i>token</i> o testigo, que se puede conceptualizar como un cartero que pasa recogiendo y entregando paquetes de información.
Topología de Malla  (mesh)	La topología de malla (mesh) utiliza conexiones redundantes entre los dispositivos de la red así como una estrategia de tolerancia a fallas. Cada dispositivo en la red está conectado a todos los demás. Pero debido a la redundancia, la red puede seguir operando si una conexión se rompe. (Martinez, 2007)

Tabla 2. Topologías de la Red.

Fuente: Elaboración Propia.

La corporación Digitel GSM utiliza como topología de interconexión entre sus equipos la de Árbol, debido a la cantidad de estaciones que maneja y a la amplitud de su red.

II.3. Errores de la Red

A continuación se definirán algunas de los errores de uso común para la evaluación de los equipos, interfaces y/o enlaces de datos, señalando bajo qué

condiciones se activa. Se utilizarán en lo sucesivo, las siglas originales en idioma inglés a fin de evitar confusiones al traducirlas.

II.3.1. ES (segundos errados)

Segundos errados en un período de un segundo, en el cual se registra uno o varios bits en error.

II.3.2. SES

Segundos severamente errados, es un período de un segundo, en el cual se registra una tasa de error mayor o igual a 1×10^{-3} , o durante una pérdida de señal o durante un AIS, cuando un equipo remoto no logra descifrar la información recibida, para retransmitirla a otro interfaz y notificar la anomalía, genera una señal de AIS.

Si durante 10 segundos continuos se detectan segundos severamente errados se catalogarán entonces como “segundo de indisponibilidad”. En caso opuesto, si durante 10 segundos continuos no se detectan segundos severamente errados (pueden ocurrir segundos errados), se catalogarán entonces como “segundos de disponibilidad. El criterio empleado para contar los errores en forma bidireccional se hace considerando los errores detectados en cada sentido (Tx y Rx), visto desde un mismo punto.

Las alarmas usualmente están íntimamente ligadas, ya que un error o una ráfaga de errores, pueden generar una alarma o la activación de muchas de ellas. A fin de evitar duplicidad de alarmas y registros, así como también simplificar de manera lógica la detección de fallas; se establece un orden de jerarquía y prioridad, con lo cual la alarma de mayor grado inhibe al resto en la cadena. Este árbol depende del tipo interfaz sometido a medición.

II.4. PDH

La Jerarquía Digital Plesiócrona, conocida como *PDH* (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), es una tecnología usada en telecomunicaciones para transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra óptica, cable coaxial o radio de microondas. Plesiócronose origina del griego *plesio* ("cercano" ó "casi") y *cronos* ("reloj"), el cual significa que dos relojes están cercanos uno del otro en tiempo, pero no exactamente el mismo.

El sistema *PDH* es un protocolo de capa física, basado en líneas dedicadas enteramente digitales. Usando modulación de pulso y multiplexación por división de tiempo, permite enviar varios canales sobre un mismo medio. Por tanto cada línea se compone de varios canales básicos. Al agrupar canales hay que añadir bits de sincronismo y entramado porque el reloj de cada canal es independiente.

El sistema utiliza conexiones full-dúplex, originalmente mediante dos pares trenzados de cobre y actualmente también sobre coaxial, microondas o fibra óptica. Sin embargo este diseño no obtiene un buen rendimiento sobre fibra, por lo que está siendo sustituido por las redes Sonet/SDH.

PDH tiene mayor capacidad porque presupone el uso de líneas más fiables, eliminando sobrecarga del control de errores.

Estándares *PDH*:

- **T1:** el cual define el estándar *PDH* de Norteamérica que consiste de 24 canales de 64Kbps, dando una capacidad total de 1.544Mbps.
- **E1:** el cual define el estándar *PDH* europeo. E1 consiste de 30 canales de 64Kbps y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048Mbps. Un enlace E1 estructurado utiliza un canal para sincronización y uno para entramado. Un enlace E1 no estructurado, utilizado como línea punto a punto, utiliza los 32 canales para datos.

- **J1:** el cual define el estándar *PDH* Japón, es para una velocidad de transmisión de 1.544Mbps consistente de 24 canales de 64Kbps. La longitud de la trama del estándar J1 es de 193bits (24x8bit, canales de voz/datos más un bit de sincronización), el cual es transmitido a una tasa de 8000 tramas por segundo. Así, $193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/segundo} = 1.544.000 \text{ bps}$ o 1.544Mbps.

II.5. Lenguaje de Programación (JAVA)

Sun Microsystems, es uno de los líderes en servidores para Internet. Esta empresa es la responsable del desarrollo del lenguaje Java, en un intento de resolver simultáneamente todos los problemas que se le plantean a los desarrolladores de *software* por la proliferación de arquitecturas incompatibles, tanto entre las diferentes máquinas como entre los diversos sistemas operativos y sistemas de ventanas que funcionaban sobre una misma máquina, añadiendo la dificultad de crear aplicaciones distribuidas en una red como Internet.

Bill Joy, cofundador de *Sun* y uno de los desarrolladores principales del *Unix* de *Berkeley*, juzgó que Internet podría llegar a ser el campo de juego adecuado para disputar a *Microsoft* con su primacía casi absoluta en el terreno del software. Él vio en *Oak* (lenguaje de programación) el instrumento idóneo para llevar a cabo estos planes. Tras un cambio de nombre y modificaciones de diseño, el lenguaje Java fue presentado en sociedad en agosto de 1995.

El éxito de Java reside en varias de sus características. Java es un lenguaje sencillo o todo lo sencillo que puede ser un lenguaje orientado a objetos, eliminando la mayor parte de los problemas de C++, que aportó su grano de arena a los problemas de C. Es un lenguaje independiente de plataforma, por lo que un programa hecho en Java se ejecutará igual en un PC con Windows que en una estación de trabajo basada en Unix. También hay que destacar su seguridad, desarrollar programas que accedan ilegalmente a la memoria es una tarea propia de titanes.

Cabe mencionar también su capacidad multihilo, su robustez o lo integrado que tiene el protocolo *TCP/IP*, lo que lo hace un lenguaje ideal para Internet. Pero es su sencillez, portabilidad y seguridad la razón de ser un lenguaje de tanta importancia.

Capítulo III

Metodología

La metodología que se aplicó para el desarrollo del presente trabajo especial de grado se resume en cinco (5) etapas, que nos ayudaron a cumplir con cada uno de los objetivos trazados.

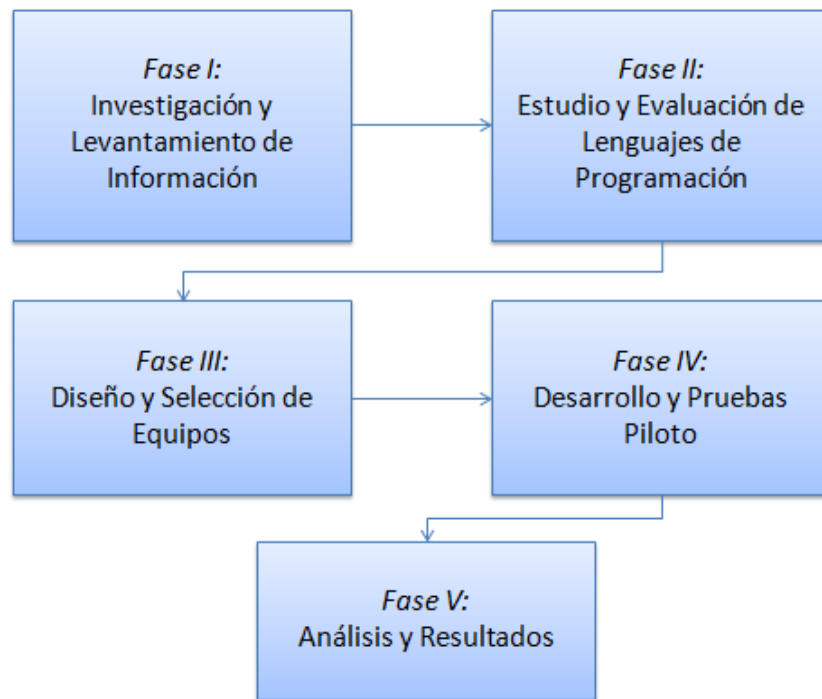


Figura 12. Esquema de las fases de elaboración del trabajo especial de grado.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla que se muestra a continuación, se presentarán cuales fueron las actividades que se llevaron a cabo para la ejecución de cada una de las fases que representan la metodología que se realizó.

FASE	ACTIVIDADES
I	a. Investigación y estudio a fondo de la arquitectura GSM y de las diferentes topologías de redes existentes. b. Investigación documental para adquirir conocimientos más detallados acerca de los procesos de las <i>BTS</i> y sus respectivas generaciones de alarmas. c. Documentación acerca de diversos sistemas de gestión de red, para tener una mejor noción de los mismos.
II	a. Evaluación de los diversos lenguajes de programación que más se adecuen para esta aplicación de escritorio. b. Realización de cursos de programación, para mejorar y desarrollar conocimientos en el área. c. Evaluación de los diversos manejadores de base de datos que pueden ser utilizados, para manejar la base de datos.
III	a. Diseño del modelo de entidad – relación (base de datos). b. Selección de un sistema capaz de monitorear y reportar efectivamente las fallas de los diferentes componentes de la red (BSC, <i>BTS</i> y ET). c. Diseño de la arquitectura de la aplicación de escritorio, según los requerimientos y necesidades de Digitel GSM.
IV	a. Desarrollo de la base de datos. b. Desarrollo del sistema de monitoreo y reporte de fallas de los componentes de la red. c. Desarrollo de la aplicación de escritorio. d. Realización de pruebas pilotos, con las cuales se pueda verificar el desempeño del prototipo y optimizarlo.
V	a. Análisis del comportamiento del prototipo final, como de la aplicación de escritorio y sus diferentes módulos, a fin de determinar si cumplen con las condiciones esperadas y si son capaces de proveer algunos beneficios adicionales.

Tabla 2. Etapas de elaboración del Trabajo Especial de Grado

Fuente: Elaboración Propia.

Fase I. Investigación Documental

Realización de una investigación bibliográfica y documental sobre la información teórica necesaria acerca de las especificaciones, propiedades y funcionamiento de los dispositivos de la red GSM con los que se va a trabajar, principalmente enfocados en las *BTS*, *BSC* y los enlaces entre las mismas. También se decidió realizar un levantamiento de información relacionado con las diferentes topologías de red y protocolos involucrados en el proyecto.

Estudio de forma completa y precisa los distintos sistemas de gestión de red, para definir la mejor manera de desarrollar el proyecto.

Fase II. Estudio y Evaluación de Lenguajes de Programación

El estudio y evaluación de diferentes lenguajes de programación es un requerimiento sumamente importante para poder elaborar este trabajo especial de grado. En este caso se decidió realizar un estudio detallado de cuáles serían las herramientas de programación que garantizarán el desarrollo de la aplicación de la forma más simple y eficiente, generando la menor cantidad de contratiempos posibles. Este estudio y evaluación de los lenguajes de programación se dividió de la siguiente manera:

- Evaluar varios lenguajes de programación, tomando en cuenta sus ventajas y desventajas.
- Documentarla mayor cantidad de información posible acerca de cada lenguaje, bien sea mediante bibliografía, tutoriales, ayudas de Internet, foros y de ser posible realizar cursos de programación, para mejorar y desarrollar conocimientos en el área.
- Realizar una investigación teórica acerca de los diversos manejadores de base de datos que nos puedan ayudar a manejar la base de datos con mayor facilidad y precisión.

Fase III. Diseño y Selección de Equipos

Esta fase se divide en varios segmentos, en uno de ellos se trabajara diseñando una base de datos capaz de satisfacer las demandas requeridas por la aplicación de escritorio. Por otra parte, para poder conectar la aplicación de escritorio con la *BSC* y así poder tener comunicación con las *BTS*, es necesario diseñar una arquitectura capaz de crear una conexión con estos componentes cuando se requiera; utilizando como medio la red de la corporación Digitel GSM. Esta conexión deberá permitir verificar directamente en la *BTS* cuáles son las alarmas que presentan y enviar comandos, como los de bloqueo y desbloqueo de los Transmisores – Receptores (*TRX – Transceiver*).

Para el diseño de las interfaces de la aplicación se utilizará un programa llamado *Balsamiq Mockups* encargado de crear vistas previas o bosquejos de las pantallas que conformaran dicha aplicación. Esto permitirá asemejar las vistas de cada uno de los módulos, con la finalidad de que la empresa (la corporación Digitel GSM) pueda darnos comentarios y así poder trabajar sobre requerimientos que salgan en el momento.

Fase IV. Desarrollo y Pruebas Piloto.

Culminada la fase anterior y teniendo la aprobación de la corporación Digitel GSM, se decidió comenzar a desarrollar cada uno de los diseños anteriormente comentados. Se inició esta etapa creando la aplicación de escritorio, la página principal y todas las páginas que se derivaban de ella. Después se decidió elaborar la base de datos con todas las especificaciones anteriormente estudiadas y diseñadas.

Teniendo listas estas dos partes, se comenzó a trabajar en las diferentes conexiones que había que generar. La conexión de la aplicación con la tabla de Excel (dicha conexión nos permite actualizar el archivo Excel diariamente en la base de datos), como la conexión que permite visualizar los datos de que posee la base de

datos en la aplicación y por último la conexión TELNET que permite conectar la aplicación con las *BSC*.

A continuación se realizarán pruebas piloto para verificar cada una de estas conexiones, de manera que se pueda ir constatando que todos los módulos se vayan desarrollando, estén funcionando sin problemas.

Fase V. Análisis y Resultados.

Después de haber culminado todas las fases anteriores es necesario hacer una evaluación general de cada uno de los módulos de trabajo, comparando las expectativas y los resultados obtenidos. Se realizarán también diferentes pruebas encargadas de confirmar la efectividad y funcionamiento adecuado de la aplicación.

Capítulo IV

Desarrollo

En este capítulo, se describen las etapas del trabajo realizado, así como también se explica de forma detallada cada una de las fases de la investigación. Se comienza describiendo la investigación y el estudio realizado de la arquitectura GSM y de las diferentes topologías de redes existentes, posteriormente se detallan los aspectos tomados en cuenta para el diseño y la selección de equipos, y por último se exponen de manera clara las pruebas realizadas en la fase de análisis y resultados.

IV.1. Investigación y Levantamiento de información

En esta fase del trabajo se exponen de manera detallada los estudios teóricos realizados antes de poder crear la aplicación de escritorio. Pasando por varias etapas: la investigación y estudio de la arquitectura GSM y de las diferentes topologías de red existentes, el estudio de los procesos de las radio bases y sus respectivas generaciones de alarmas y el conocimiento de los distintos sistemas de gestión de red ya existentes, para alcanzar a tener una mejor noción de los mismos antes de comenzar a trabajar y tomar ideas que nos puedan ayudar al desarrollo del proyecto.

IV.1.1 Topologías de Red

Se realizó un estudio de las topologías y sus diferentes estructuras para poder entender cómo se realizan las conexiones de las BTS y sus BSC dentro de la arquitectura GSM.

Se entendió que la topología de una red es el arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos o nodos de una red (computadoras, impresoras, servidores, hubs, switches, enrutadores, entre otros) se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación.

- a. Topología física: Se refiere al diseño actual del medio de transmisión de la red.
- b. Topología lógica: Se refiere a la trayectoria lógica que una señal durante su paso por los nodos de la red.

Existen varias topologías de red básicas (ducto, estrella, anillo y malla), pero también existen redes híbridas que combinan una o más de las topologías anteriores en una misma red.

IV.1.4. Estudio de distintos sistemas de gestión de red ya existentes

Debido a los niveles de seguridad que presenta la red de la corporación Digitel GSM, se nos hizo imposible poder realizar modificaciones al sistema de gestión de redes de la empresa; a pesar de este inconveniente se pudo hacer un análisis de cómo funcionaba la red y cuáles eran los sistemas utilizados para gestionar y monitorear la misma.

Por otra parte se creó una arquitectura de red pequeña, utilizando un protocolo de conexión llamado TELNET, el cual va a permitir manejar de manera remota, observar y extraer información de las *BTS* y de sus *BSC*, a fin de cumplir con los objetivos de nuestro proyecto y con las necesidades de la empresa.

IV.2. Estudio y evaluación de lenguajes de programación

Se realizó un estudio para poder evaluar las facilidades y contratiempos que pueden presentar los lenguajes de programación. Se utilizaron diversas fuentes bibliográficas, electrónicas y se pudo contar también con el apoyo de algunos cursos de programación realizados en este tiempo.

IV.2.1 Evaluación de los diversos lenguajes de programación que más se adecuen para esta aplicación de escritorio

Los pasos seguidos en la selección del lenguaje de programación adecuado para el desarrollo de la aplicación fueron los siguientes:

- a- Se hizo un estudio de cuáles son los principales lenguajes de programación orientados para programar aplicaciones de escritorio (*Desktop Application*).
- b- Se realizó una preselección tomando en cuenta principalmente el conocimiento previo de cada uno de los lenguajes y la facilidad de alcance que se tenía de medios de ayuda a la hora de programar. El resultado fue la elección de tres lenguajes: C++, C# y JAVA.
- c- Se procedió a estudiar detalladamente cada uno de estos lenguajes, tomando en cuenta criterios como: robustez, confiabilidad, adaptabilidad, referencias bibliográficas y preferencias del cliente.
- d- Se realizó un cuadro con las principales ventajas y desventajas que presentaba cada uno de los lenguajes con respecto a los otros dos.

Se eligió Java debido a cinco (5) características principales:

1. JAVA ofrece toda la funcionalidad de un lenguaje potente, pero sin las características menos usadas y más confusas de estos. C++ es un lenguaje que adolece de seguridad, pero C y C++ son lenguajes más difundidos por lo cual JAVA se diseñó para ser parecido a ellos y así facilitar un rápido y fácil aprendizaje.
2. Orientado a Objetos (OO): JAVA implementa la tecnología básica de C++ con algunas mejoras y elimina algunas cosas para mantener el objetivo de la simplicidad del lenguaje. JAVA trabaja con sus datos como objetos y con interfaces a los mismos. Soporta las tres (3) características principales de la programación OO:

- Encapsulamiento: mecanismo que permite unir el código junto con los datos que manipula, y mantiene a ambos a salvo de las interferencias exteriores y de un uso indebido.
 - Herencia: esta característica permite que una clase derive de otra, de manera que extiende su funcionalidad; permitiendo así el polimorfismo.
 - Polimorfismo: característica que permite que una interfaz sea utilizada por una clase general de acciones. La definición de objetos son llamadas clases y cuando esta definición toma valores particulares se llama instancia.
3. Distribuido: JAVA fue ideado para el entorno distribuido de internet, ya que gestiona los protocolos de interconexión *TCP/IP*. Esto permite a los programadores acceder a la información a través de la red con tanta facilidad como los archivos locales.
4. Robusto: la capacidad para crear programas robustos tuvo una alta prioridad en el diseño de JAVA.
5. Multiplataforma: para establecer JAVA como parte integral de la red, el compilador JAVA genera su código a un archivo objeto (*.class*) de un formato independiente de la arquitectura de la máquina en que se ejecutará. Cualquier PC que tenga el sistema de ejecución (*run-time*) puede ejecutar el código.

Después de haber decidido el lenguaje de programación con el cual se iba a trabajar, fue necesario seleccionar la plataforma de desarrollo de la aplicación de escritorio que hiciera uso de un entorno de desarrollo integrado (IDE) que ayudara al programador a plasmar y visualizar el código. Debido al fácil manejo de la herramienta y documentación existente sobre la misma se seleccionó *Netbeans*.

Netbeans es un proyecto exitoso de código abierto con una gran base de usuarios, una comunidad en constante crecimiento, y con numerosa cantidad de socios en todo el mundo. *Sun Microsystems* fundó el proyecto de código abierto *Netbeans* en junio 2000 y continúa siendo el patrocinador principal de los proyectos.

IV.2.2. Búsqueda y realización de cursos de programación, para mejorar y desarrollar conocimientos en el área

Durante la preparación de la aplicación de escritorio fue necesario documentarse, bien sea mediante tutoriales conseguidos en internet, libros especializados en el lenguaje o realizando cursos para mejorar el conocimiento y aprender nuevas técnicas. El CENEAC es una empresa de la Universidad Central de Venezuela, reconocida por su capacidad y experiencia en prestación de servicios que obedecen a principios de calidad, esta organización fue contactada para poder realizar un curso avanzado acerca del lenguaje Java y la utilización de la herramienta *Netbeans*.

IV.2.3. Evaluación de diversos manejadores de base de datos

El manejador de bases de datos es una herramienta que ayuda al programador a desarrollar una base de datos de una forma rápida y simple.

Se hizo la evaluación de varios manejadores de base de datos, para lo cual se tomo en cuenta los requerimientos para la conexión con la aplicación como las necesidades del cliente, de esta forma se concluyo que SQL Server 2008 era el manejador idóneo por los siguientes criterios:

- Es un manejador robusto.
- Por ser pago ofrece un soporte de calidad.
- Es el manejador que tiene mayor velocidad de comprensión de datos.

- Posee recuperación Automática de Páginas de Datos.
- La corporación Digitel GSM utiliza este programa manejador en sus servidores.



Figura 12. Ventana de Conexión Base de Datos.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.3. Diseño y Selección de equipos

Para esta fase se realizó el diseño, tomando en cuenta todas las especificaciones y recomendaciones adquiridas en la fase de estudio previo al diseño.

IV.3.1. Diseño de la base de datos

Al momento de desarrollar una aplicación que se alimente de una base de datos, se tiene que tomar en cuenta el diseño de la misma. Para este proyecto se estudiaron algunos principios básicos del diseño de base de datos y se tratarán algunas reglas que son fundamentales para su desarrollo.

Es necesario como primer paso tener definidas las tablas a utilizar y los atributos que las componen. Una vez identificadas todas las tablas y atributos que necesita la base de datos, se debe determinar la relación que van a tener cada una de las tablas.

Con la realización de esta parte del proyecto se constató la importancia del diseño de la base de datos, ya que sin un buen diseño pueden presentarse inconvenientes a la hora de sustraer o agregar información desde la aplicación.

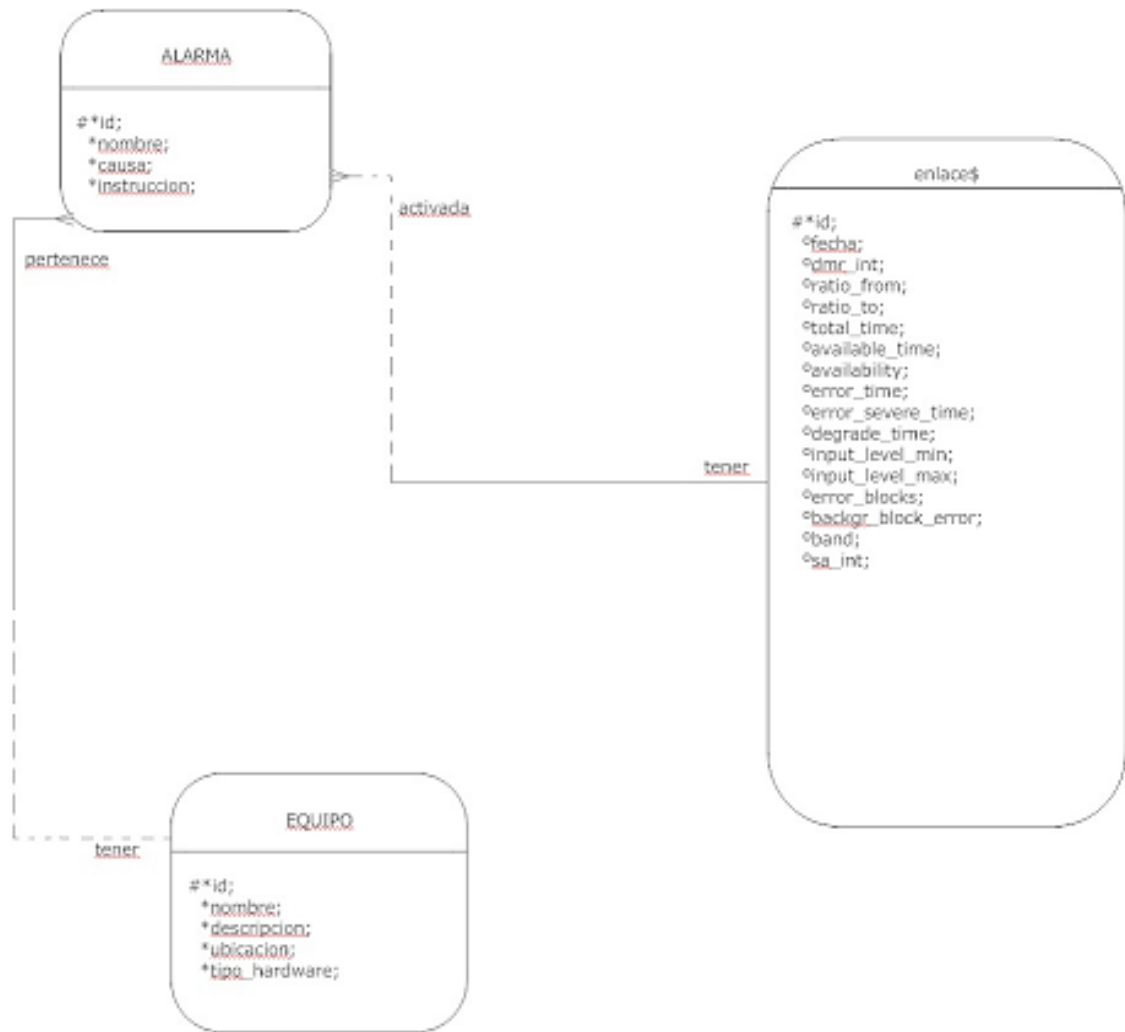


Figura 13. Diagrama Entidad Relación.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.3.2. Selección de un sistema capaz de monitorear y reportar efectivamente las fallas de los diferentes componentes de la red (BSC, BTS y ETs).

Para realizar el diseño de un sistema capaz de generar una conexión eficaz entre cada uno de los componentes de la red de la corporación Digitel GSM (BSC y BTS) y la aplicación de escritorio; era necesario que toda la información que se iba extraer de los componentes de la red y que cada uno de los comandos a enviar desde la aplicación de escritorio hacia dicho componentes pudiesen llegar a su destino de manera rápida y eficiente. Debido a la necesidad de que se cumplieran todos estos requisitos, se decidió utilizar uno de los servicios más antiguos del internet, el protocolo Telnet.

TELNET es un protocolo de conexión que sólo sirve para acceder a través de internet, en modo terminal, a un equipo que no esté físicamente en el mismo sitio. Es una herramienta muy útil para arreglar y supervisar fallos a distancia.

La operación se hace mediante la concesión de un derecho (cuenta de acceso) que es generado por el administrador del sistema (corporación Digitel GSM). Para identificar a cada usuario con cuenta abierta en el sistema, se utiliza un nombre (*username*) que identifica al usuario y una clave de acceso (*password*) que lo autentifica. Adicionalmente el usuario tendrá que proveer el IP del equipo al que se quiere conectar y se predetermino el puerto veintitrés (23) para que viajen los datos por el mismo. Dicho puerto nunca va a cambiar.

IV.3.3. Diseño del sistema de monitoreo y reporte de fallas.

Debido a la decisión de utilizar el protocolo Telnet como herramienta para la conexión entre la aplicación y el subsistema de red BSS, se necesitó el estudio y diseño de una arquitectura para la comunicación entre las dos partes. La comunicación con los equipos del subsistema se va a lograr a través de la Intranet. La

información viajará a través de una estructura compuesta por dos subsistemas de la red *GSM*, como lo son el *NMS(Network Management Subsystem)*, el *BSS* y una red de comunicación de datos que servirá de puente entre cada uno de estos subsistemas.

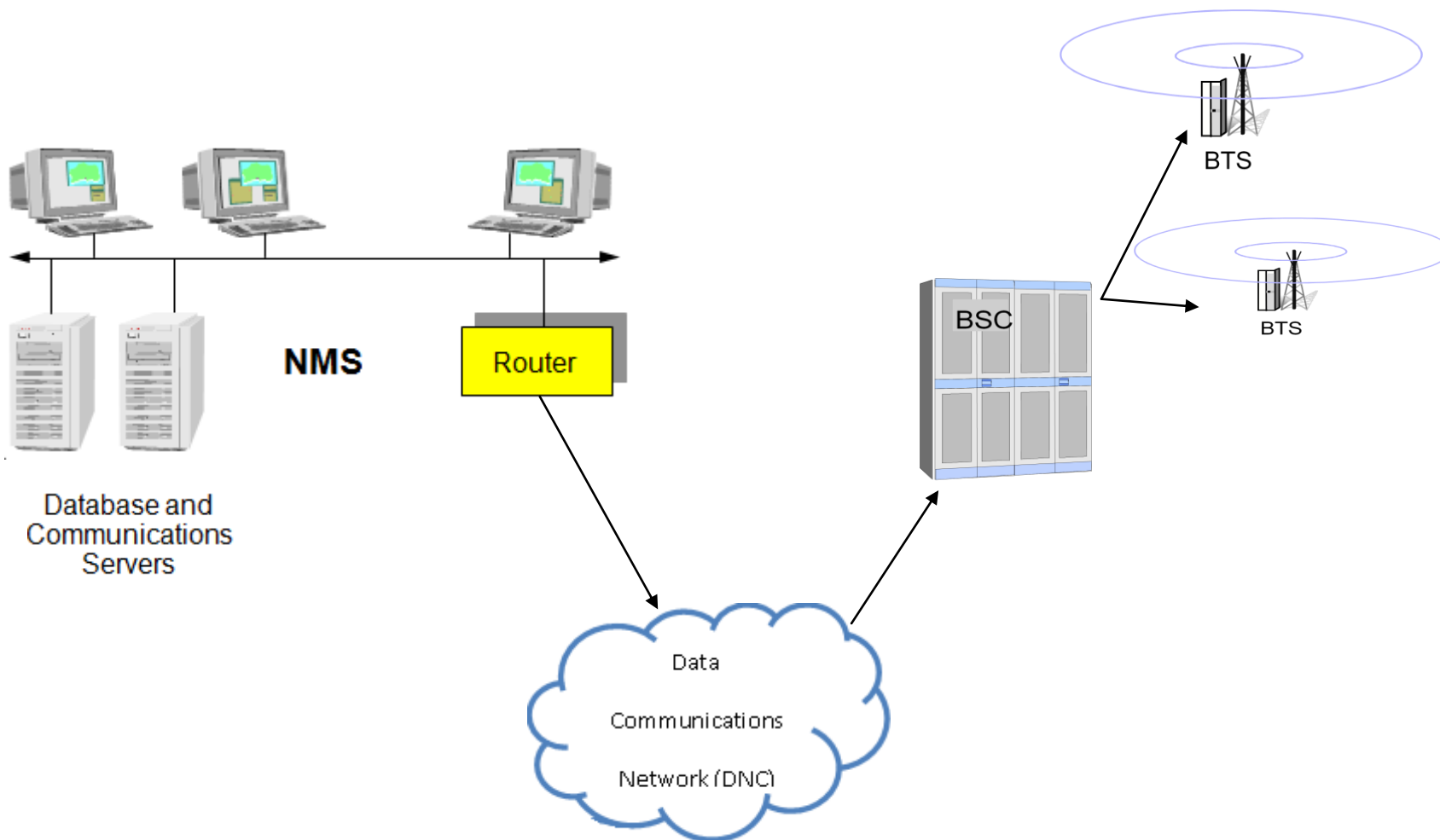
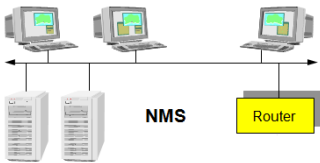


Figura 14. Diseño de Arquitectura Telnet.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se describe cada uno de los componentes de la arquitectura de red utilizada para conectar la aplicación de escritorio y los equipos que componen el BSS.

SECTOR	DESCRIPCION
	NMS (Network Management Subsystem): es el tercer subsistema de la red GSM además del NSS y el BSS. El propósito del NMS es monitorear varias funciones y elementos de la red. Estas tareas son llevadas a cabo por el NMS/2000, que consiste en un grupo de estaciones de trabajo, servidores y un router que conecta a este subsistema con el DCN (Data Communications Network). Los operadores (computadores) de las estaciones de trabajo del NMS están conectados a las bases de datos y a los servidores de comunicación vía LAN (Local Área Network). En este caso la red de área local va a ser la Intranet de la corporación Digitel GSM.
	Database and Communications Servers (servidores de base de datos y comunicaciones). El servidor de base de datos se encarga de almacenar la información del manejo de la red y los servidores de comunicaciones se encargan de comunicación de los datos entre el NMS y el equipo de la red GSM.
	Router: permite la comunicación con los diferentes elementos de la red GSM (en este caso específicamente los que pertenecen al subsistema BSS) que están conectados al DCN. Sirve de puente de comunicación entre el NMS y el DCN.

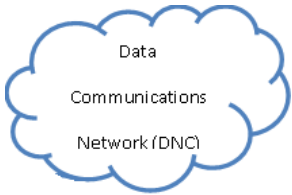
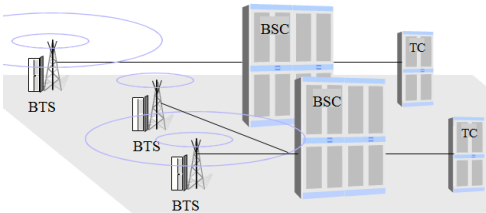
SECTOR	DESCRIPCION
	DCN (Data Communications Network): es la red de comunicación de los datos que viajan desde los equipos que componen la red GSM de la corporación Digitel GSM y el NMS. Medio de transporte que comunica a las BTS y BSC, con el NMS a través de un router.
	BSS (Base Station Subsystem): el BSS consiste de muchas BSC las cuales se conectan a través de una MSC, y cada BSC controla típicamente más de cien estaciones base (BTS). La interfaz que conecta una BTS con la BSC es llamada Interfaz Abis. Esta interfaz lleva el tráfico y mantiene la data. La aplicación de escritorio se conecta a las BSC a través del protocolo Telnet, utilizando el puerto 23 y el IP de la BSC. Después de realizar la conexión con la BSC y haber validado el usuario y la contraseña, se puede realizar trabajos con cada una de las BTS que son manejadas por esta BSC.

Tabla 3. Explicación de cada uno de los elementos componentes de la arquitectura de comunicación entre la aplicación de escritorio y los elementos del BSS.

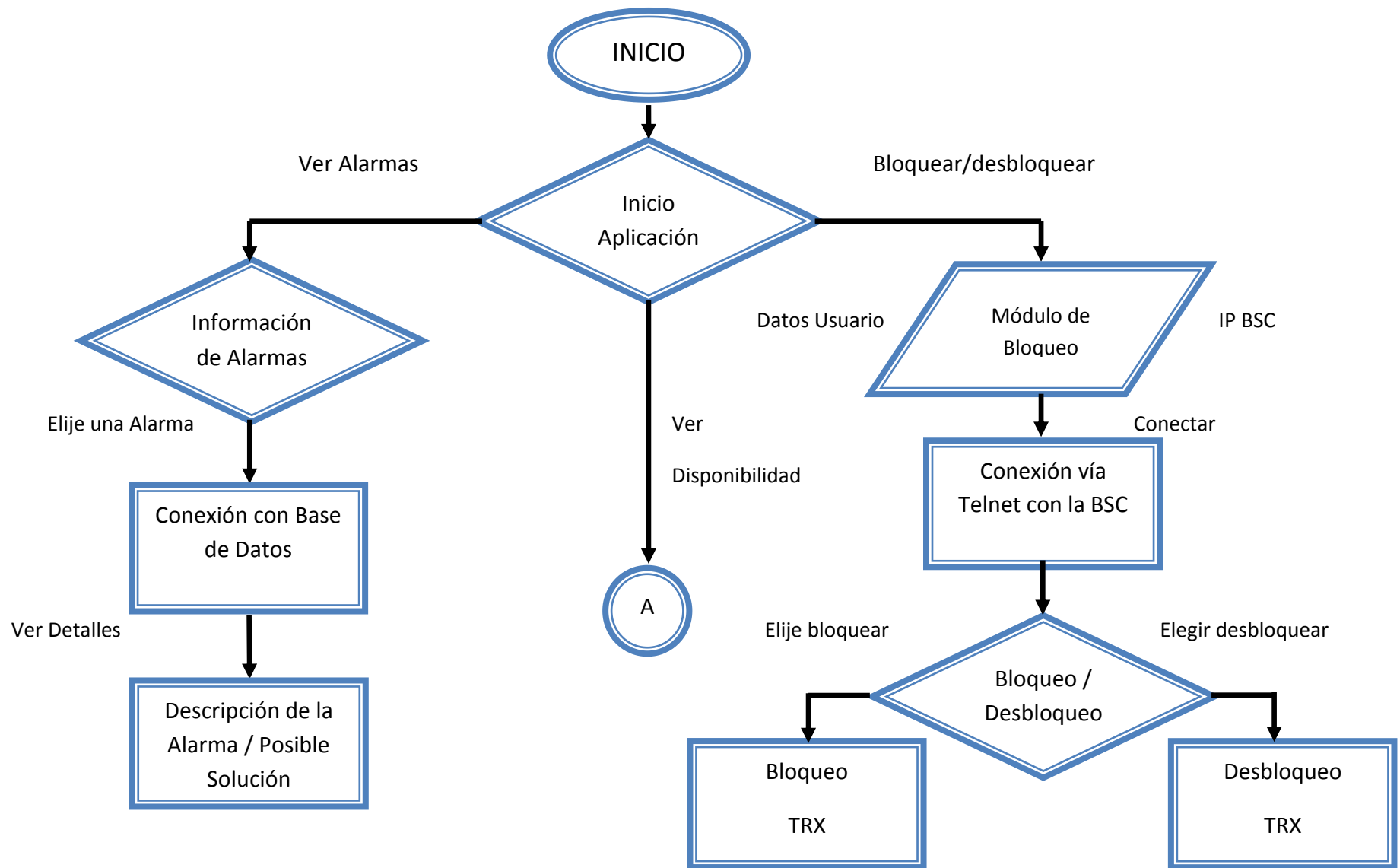
Fuente: Elaboración Propia.

IV.3.4. Diseño de la arquitectura de la aplicación de escritorio, según los requerimientos y necesidades de la corporación Digitel GSM.

Para el diseño de la aplicación de escritorio fue necesario establecer varias reuniones con los encargados del área de *O&M* (Operaciones y Mantenimiento de la Red) de la corporación Digitel GSM para conocer a fondo sus expectativas de la aplicación, como estructura, requerimientos y contenido de la misma.

La corporación Digitel GSM requería que la aplicación de escritorio tuviera una estructura basada en tres módulos principales. El primer modulo tenía que contener un soporte de la información de las alarmas que se pueda presentar en las *BTS*, *BSC* y sus respectivos enlaces, para ello se creó el módulo de **Información de Alarmas** en donde se puede trabajar con un banco de datos con detalles de las posibles alarmas existentes y su posible solución. El segundo módulo, **Disponibilidad de los Enlaces**, permite al usuario de la aplicación tener a la mano un reporte diario de los enlaces que están presentando problemas, clasificados según su prioridad, y además le da acceso, vía Telnet, a las *BSC* que maneje la *BTS* que está solicitando. Por último el módulo de **Bloqueo/Desbloqueo**, el cual tendrá la capacidad de acceder también vía Telnet a las *BTS* que desee el usuario y bloquear o desbloquear los *TRX* de las mismas.

En la siguiente figura se presenta un esquema del diseño de la aplicación de escritorio:



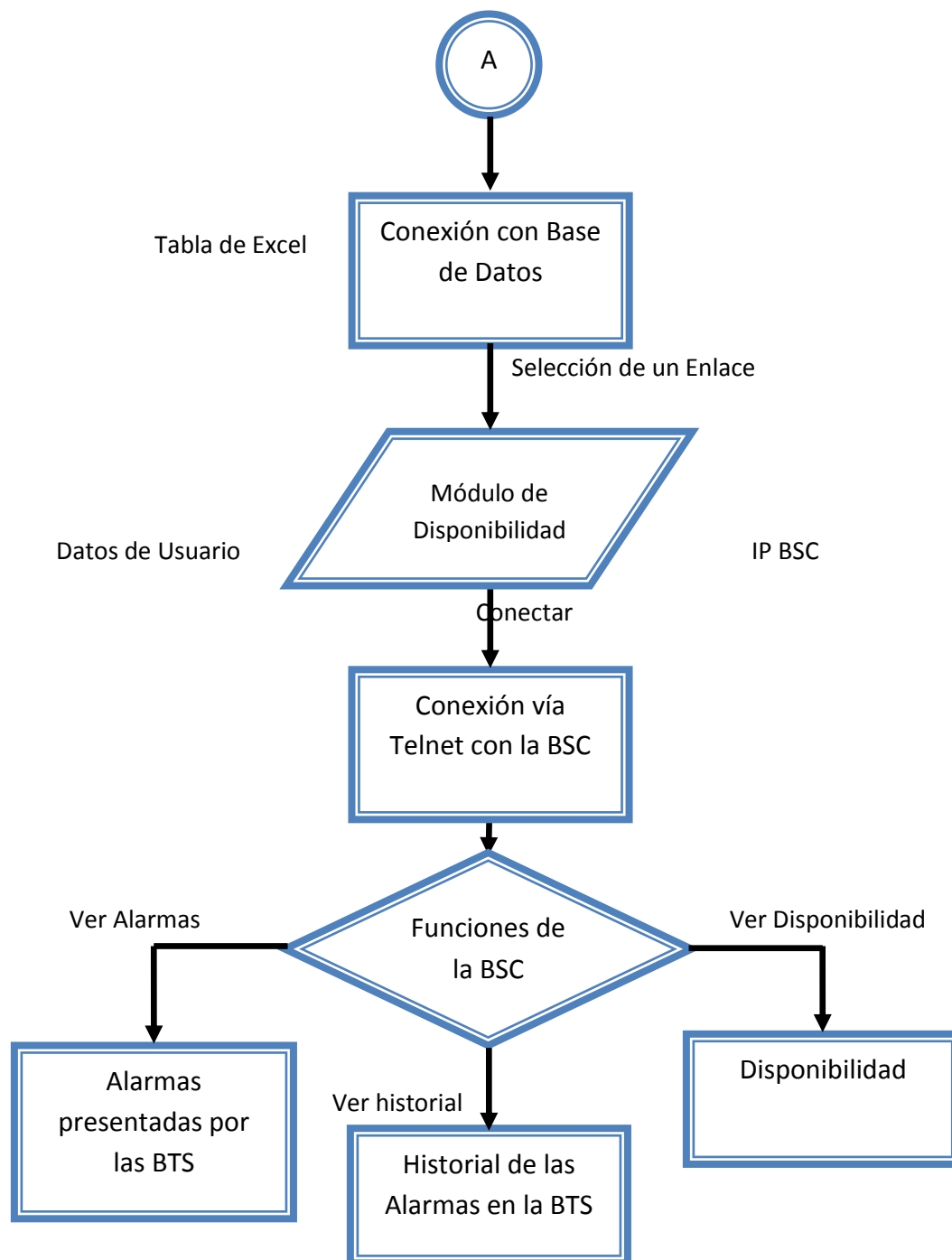


Figura 15. Diagrama de Flujo de la Aplicación de Escritorio.

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se detalla cada uno de los módulos y componentes de la aplicación de escritorio:

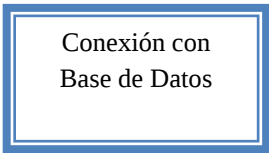
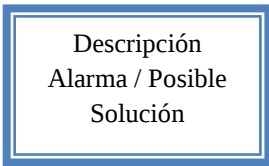
FIGURA	DESCRIPCIÓN
	Inicio de la Aplicación: se pueden detallar diferentes aspectos relacionados con las especificaciones del cliente, como el logo de la corporación y gráficas relacionadas con los componentes de la arquitectura de la red GSM. En la parte inferior están las tres opciones principales que constituyen los diferentes módulos que componen la aplicación. La ventana de inicio tiene una validación para que el usuario solo elija una opción.
	Información de Alarmas: es el primero de los tres módulos que componen la aplicación de escritorio. Este módulo es netamente informativo y permite al usuario investigar un poco acerca de cada alarma.
	Conexión con Base de Datos: al seleccionar una alarma en el módulo Información de Alarmas, se establece la conexión de la aplicación de escritorio con la Base de Datos. Esta conexión es realizada por la aplicación de escritorio mediante la clase conexión.java.
	Descripción Alarma: presenta de forma detallada información acerca de cada una de las particularidades de la alarma seleccionada, se puede revisar su nombre, número de identificación, descripción y posible solución.
	Salir / Atrás: en cualquiera de las ventanas de los módulos de la aplicación de escritorio es posible devolverse a la pantalla anterior o salirse de la aplicación a través de una barra de menú, ubicada en la parte superior izquierda.

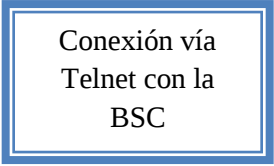
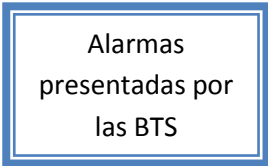
FIGURA	DESCRIPCIÓN
 Conexión vía Telnet con la BSC	Conexión vía Telnet con la BSC: establece una conexión remota de la aplicación con la BSC indicada por el usuario, se utiliza el protocolo TELNET. Para llevar a cabo esta función la aplicación utiliza una clase llamada TelnetConex.java que permite a través del puerto 23 abrir un canal para que el usuario pueda conectarse directamente con la BSC.
 Módulo de Disponibilidad	Módulo de Disponibilidad: constituye la segunda parte de la aplicación de escritorio. Este módulo permite conectarse (vía Telnet) con cualquier BSC, para que después a través de ella, el usuario pueda trabajar directamente tanto con esa BSC como con las BTS manejadas por ella. El usuario puede trabajar directamente con estos equipos, enviándole comandos, así como tener un reporte general de su estatus y de las fallas que se están presentando.
 Funciones de la BSC	Funciones de la BSC: permite la selección de algunas de las funciones que puede realizar la aplicación de escritorio directamente sobre las BSC que controlan a las BTS. Entre ellas podemos nombrar: ver alarmas, ver historial y ver disponibilidad, a través de comandos tales como ZEEI (ver el estado de la BSC), ZEEL para ver el estado de los TRX que maneja la BTS, bien sea que estén bloqueados o no, ZERS para bloquear o desbloquear un TRX, ZEOH para ver el historial de las alarmas que se han presentado últimamente, entre otras.
 Alarmas presentadas por las BTS	Alarmas presentadas por las BTS: muestra el estado de la BTS requerida por el usuario al momento y las fallas que se están presentando en la misma. Se utilizan comandos como ZEEI y ZEOL para revisar el estado de la BSC y de las BTS (estos comandos son invisibles para el usuario).

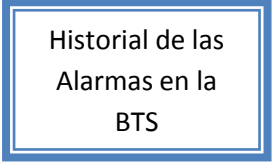
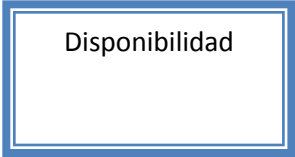
FIGURA	DESCRIPCIÓN
 Historial de las Alarmas en la BTS	Historial: permite extraer información detallada del historial de las alarmas y fallas presentadas por la <i>BTS</i> requerida por el usuario. Su principal función es mostrar si la <i>BTS</i> seleccionada ha presentado fallas recurrentes en un período de tiempo para tomar medidas y generar una prevención de fallas a futuro, para que la compañía Digitel GSM sea capaz de proporcionar un mejor servicio a todos sus usuarios.
 Disponibilidad	Disponibilidad: presenta un estudio detallado del estado de las <i>BTS</i> manejadas por la <i>BSC</i> a la que se conectó anteriormente. Permite verificar el estado de la red mediante el estudio de variables como los son <i>ES</i>, <i>SES</i>, el tiempo y el porcentaje de disponibilidad que ha tenido un enlace tomando en cuenta el tiempo teórico de funcionamiento del enlace y el tiempo real de disponibilidad del mismo, entre otros.
 Módulo de Bloqueo	Módulo de Bloqueo: constituye la tercera parte de la aplicación de escritorio. Este último módulo trabaja con las <i>BTS</i> manejadas por la <i>BSC</i> con la que se realice la conexión y le permite al usuario bloquear y desbloquear cualquier <i>TRX</i> de la <i>BTS</i> que desee.
 Bloqueo / Desbloqueo	Bloqueo/Desbloqueo: permite al usuario seleccionar que <i>TRX</i> desea bloquear o desbloquear.

Tabla 4. Módulos y componentes de la aplicación de escritorio.

Fuente: Elaboración Propia

IV.4 Desarrollo y Pruebas pilotos.

En esta fase se trabajó en la creación de la base de datos y la aplicación de escritorio, así como las conexiones Telnet y con las respectivas tablas de la base de datos.

IV.4.1 Desarrollo de la base de datos.

En el caso de este proyecto, se trabaja con una base de datos de tipo relacional. Como mencionamos en la parte de diseño, se decidió trabajar con el *SQL Management Studio*, utilizando esta herramienta se comenzó por crear la base de datos llamada “tesis” en *SQL Server 2008*.

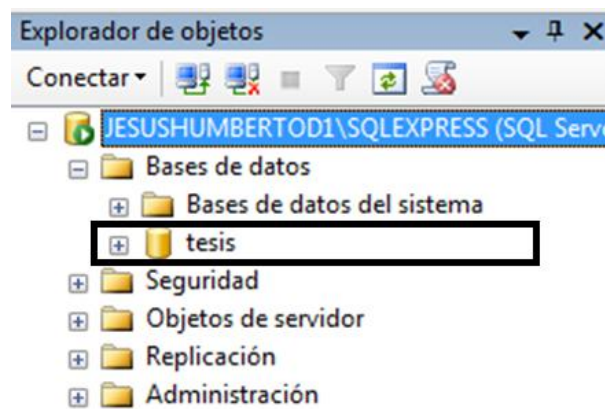


Figura 16. Creación de Base de datos.

Fuente: Elaboración Propia

Creada la base de datos, “tesis”, se necesitó desarrollar cada una de las tablas que la van a componer. Se crearon 3 tablas de acuerdo al modelo Entidad – Relación expuesto en la fase de diseño del proyecto de tesis.

En la siguiente figura se muestran las tablas de la base de datos “tesis”.

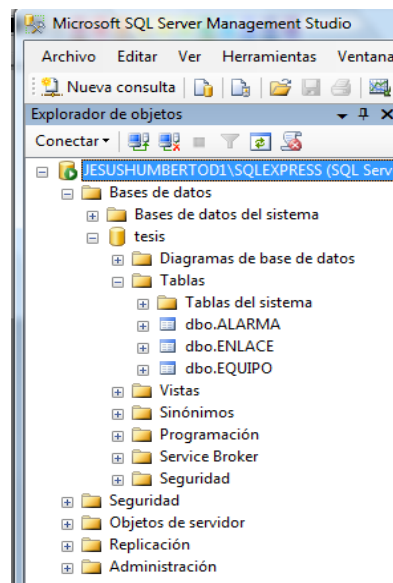


Figura 17. Tablas de la base de Datos “tesis”.

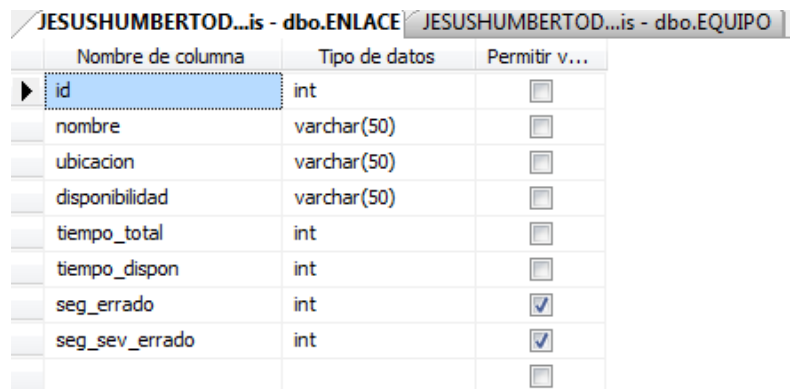
Fuente: Elaboración Propia

La primera tabla que se desarrolló se denomina ALARMA, ésta va a contener cada una de las alarmas que se pueden presentar en el subsistema de red, específicamente en las *BTS*, *BSC* ó entre los enlaces que las conectan, además se puede encontrar almacenado en la mismas (organizadas en campos o columnas) el nombre de la alarma, número de identificación (*ID*), descripción, causa y posible solución. Esta tabla va a estar directamente relacionada con el módulo de **Información de Alarmas** de la aplicación de escritorio y su función principal es permitirle al usuario (a través de la aplicación de escritorio) acceder a un banco de datos con toda la información que pueda necesitar acerca de estas alarmas.

La segunda tabla desarrollada se llama ENLACE, en ésta se contiene cada uno de los enlaces presentados en los archivos de desempeño diarios de la red (archivo de Excel que se importa a la base de datos), que son descargados anteriormente por los trabajadores del área de O&M de la corporación Digitel GSM. Estos archivos contienen una serie de indicadores que les permiten a los trabajadores de la compañía establecer un criterio de evaluación de cada uno de los enlaces y equipos que

componen el subsistema de red *BSS* de la red *GSM* en el área metropolitana de Caracas. Esta tabla está encargada de almacenar toda la información contenida en estos archivos y organizarla en las diferentes columnas, tomando en cuenta criterios como segundos de disponibilidad, segundos errados y segundos severamente errados entre otros. Está directamente relacionada con el módulo de **Disponibilidad de Enlaces** de la aplicación de escritorio y su función principal es alimentar a la aplicación de escritorio de forma ordenada y eficaz de toda la información contenida en los archivos de desempeño diario, que anteriormente fueron mencionados, para que la aplicación de escritorio sea capaz de organizarla y presentar cada uno de los enlaces de acuerdo a criterios de prioridad.

En la siguiente figura se realiza una muestra de cómo se estructuró una tabla.



Nombre de columna	Tipo de datos	Permitir v...
id	int	☐
nombre	varchar(50)	☐
ubicacion	varchar(50)	☐
disponibilidad	varchar(50)	☐
tiempo_total	int	☐
tiempo_dispon	int	☐
seg_errado	int	☒
seg_sev_errado	int	☒
		☐

Figura 18. Creación de tabla “ENLACE” y variables.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se realiza una explicación mas detallada de cada uno de los componentes de la base de datos y su relación con la aplicación de escritorio.

FIGURA	DESCRIPCIÓN
Tesis	“tesis”: nombre de la base de datos creada para guardar toda la información requerida para el óptimo funcionamiento de la aplicación de escritorio. Su creación puede llevarse a cabo mediante la utilización de la sentencia <i>CREATE DATABASE</i> .
ALARMA	ALARMA: es una tabla creada dentro de la base de datos “tesis”, la cual está encargada de almacenar la información de las alarmas del módulo de Información de Alarmas. Cuenta con variables como el nombre, descripción, id, posible solución y causa de las alarmas con las que trabajan los usuarios de la corporación Digitel GSM. Para crear esta tabla se utiliza la sentencia <i>CREATE TABLE</i> .
ENLACE	ENLACE: es una tabla encargada de almacenar la información acerca de los diferentes indicadores tomados en cuenta por la compañía Digitel GSM para evaluar los enlaces, equipos y la disponibilidad de su red. Cuenta con variables como el nombre, id, disponibilidad, ubicación, tiempo total, tiempo disponible, <i>ES</i> y <i>SES</i> . Es una tabla muy importante a la hora de obtener información acerca del desempeño diario de la red GSM de la corporación Digitel GSM. Esta tabla se alimenta diariamente a través de una hoja de Excel que los usuarios cargan en el escritorio de su PC. Para crear esta tabla se utiliza la sentencia <i>CREATE TABLE</i> .

Tabla 5. Desarrollo de Base de datos.

Fuente: Elaboración Propia

IV.4.2. Desarrollo del sistema de monitoreo y reporte de fallas de los componentes de la red

Como se explicó en la fase de diseño, para el desarrollo del sistema de monitoreo de la red *BSS* se utilizó un protocolo de conexión llamado Telnet.

Telnet está conformado por dos elementos: el cliente Telnet, que es quien inicia la comunicación y es dirigido por el usuario, y el servidor Telnet, encargado de responder a los requerimientos del cliente. Debido a que el servidor Telnet ya está desarrollado en cada una de las *BSC* a las cuales la aplicación va a conectarse no fue necesaria la creación del mismo; pero si fue necesaria la implementación de un sistema que nos permita actuar como cliente Telnet y establecer una comunicación con el servidor desde la aplicación de escritorio, respetando los criterios anteriormente mencionados como los de seguridad y eficiencia en la comunicación.

Para poder crear un cliente capaz de establecer una comunicación exitosa fue necesario tener una noción bastante clara de lo que era un *socket*, el cual es la base de la comunicación cliente/servidor. Un *socket* es un método para la comunicación entre un programa del cliente y un programa del servidor en una red.

Normalmente, un servidor se ejecuta en una máquina específica y tiene un *socket* asociado a un número de puerto específico. El servidor simplemente espera a la escucha en el *socket* a que un cliente se conecte con una petición. El cliente conoce el nombre de la máquina sobre la que está ejecutándose el servidor y el número de puerto al que está conectado.

A la hora de programar, una de las herramientas principales utilizadas en el desarrollo del cliente Telnet, fue la clase *Socket* del paquete *java.net*. Es una herramienta fácil de utilizar. Java oculta los procesos complejos que se generan al establecer la conexión de red y el envío de datos a través de ella. En esencia, el paquete *org.apache.commons.net.telnet.**, proporciona todo lo necesario para poder programar la conexión vía Telnet.

A través de la clase *TelnetConex.java* se procedió a indicar el *IP* de la máquina a la que se quiere conectar (*BSC*) y el puerto con el que se debe conectar (el puerto 23 está predeterminado).

Al establecer la conexión con el servidor, en este caso la *BSC* con la dirección *IP* que se desea consultar, se necesita validar que el usuario posea una cuenta de acceso. Para este caso se desarrollaron validaciones que son capaces de tomar el *username* (nombre de usuario), *password* (contraseña) y la *IP* de la *BSC*, para verificar que tengan acceso al servidor.

IV.4.3. Desarrollo de la aplicación de escritorio

Esta aplicación fue desarrollada utilizando como herramienta principal el entorno de programación *Netbeans IDE 7.0.1*, trabajando con clases y rutinas propias del lenguaje de programación Java.

La aplicación de escritorio se comenzó desarrollando una ventana de inicio. Esta ventana se estructuró en tres partes principales: en su parte inferior, un menú encargado de direccionar las necesidades del cliente, presentando de forma simple y sistemática, cada uno de los tres módulos que requería la corporación Digitel GSM. En su parte central, una serie de imágenes relacionadas con la red GSM, haciendo el menú un poco más agradable a la vista, interactivo y dinámico para el usuario. Y en la parte superior se introdujo el logo de la corporación Digitel GSM (empresa para la cual se realizó la aplicación). También se implementó una barra de menú, con la cual se procede a darle tres opciones al usuario las cuales son: Ayuda, Salir y Atrás, con esto se espera facilitarle la navegación al usuario a través de la aplicación.

Al tener lista la ventana de inicio, se procedió a trabajar en la creación del primer módulo, ***Información Alarma***. Para el desarrollo del mismo se utilizaron tres (3) clases: *InfoAlarma.java*, *InfoAlarma2.java* y *conexión.java*.

CLASE	DESCRIPCION
conexion.java	Es una clase creada para establecer una conexión entre la aplicación de escritorio y el <i>SQL Server 2008</i> (base de datos). Esta clase será utilizada para poder extraer y guardar información de la base de datos mediante el procedimiento <i>displayDBProperties()</i> .
InfoAlarma.java	Es una clase creada para manejar la ventana principal del módulo de <i>Información Alarmas</i>. Se implementó también un campo de texto de gran tamaño, en donde se muestran cada una de las alarmas guardadas en la base de datos conectada a nuestra aplicación. Cada una de ellas muestra su número de identificación (<i>ID</i>), nombre, un pequeño adelanto de su causa y posible solución. Estas alarmas se podrán agrupar de acuerdo a su número de identificación (<i>ID</i>) a través de un menú desplegable ubicado en el borde superior izquierdo. A su vez se implementaron validaciones para guiar al usuario a que escoja un <i>ID</i> de una alarma y así poder continuar a la siguiente ventana. Como complemento se desarrolló en la barra “Menú” una ayuda que permite al usuario tener una guía de que tiene que hacer en esa ventana.
InfoAlarma2.java	En esta ventana se presenta la información de la alarma seleccionada anteriormente, para ello se desarrollaron tres recuadros principales: en el primero se presenta el nombre de la alarma seleccionada, el segundo fue creado para permitirle al usuario tener una descripción ampliada de cada una de las características de la alarma y por último se implantó un tercer recuadro de texto diseñado para que el usuario pueda encontrar la posible solución a la alarma seleccionada. Al igual que en el resto de las ventanas, se utilizó el logo de la corporación y se implantaron las respectivas validaciones para que el usuario sea capaz de proceder de la manera correcta en el uso de la ventana.

Tabla 6. Módulo de Información de Alarmas.

Fuente: Elaboración Propia

El segundo módulo desarrollado fue el de **Disponibilidad**. Para la creación del mismo fue necesario trabajar con seis clases diferentes que a su vez se van a complementar.

CLASE	DESCRIPCIÓN
Disponibilidad.java	Es una clase creada para manejar la ventana principal del módulo de Disponibilidad de Enlaces . Después de que los trabajadores del área de O&M de la corporación Digitel GSM descarguen el archivo de Excel en el directorio especificado (escritorio), la base de datos extraerá la información contenida en este archivo y a través de la clase “conexión.java” esta información será importada hacia la aplicación de escritorio para su posterior manejo. La ventana permitirá visualizar cada uno de los enlaces contenidos en el archivo anteriormente mencionado, a través de una tabla. En esta ventana fue necesaria la utilización de un menú con números del 1 al 5 para dividir el conglomerado de alarmas, presentes en los equipos y enlaces, en subgrupos de acuerdo al porcentaje de disponibilidad que presenta el enlace y así permitirle al usuario visualizar las alarmas de mayor prioridad primero.
Disponibilidad2.java	Después de haber seleccionado uno de los enlaces que se mostraban en la ventana anterior, se presenta esta ventana cuya finalidad principal es obtener los datos necesarios para establecer la conexión vía telnet con una BSC. El usuario debe ser capaz de suministrarle a la aplicación de escritorio el IP de la BSC a la que requiere conectarse, nombre de usuario y contraseña (estos 3 campos poseen sus respectivas validaciones). Esta clase está relacionada con la clase <i>TelnetConex.java</i> que es la encargada de llevar a cabo la conexión vía telnet.

CLASE	DESCRIPCIÓN
TelnetConex.java	Clase encargada de crear la conexión vía telnet y establecer comunicación con el servidor telnet, que en este caso será la <i>BSC</i> con la que se quiere conectar. Esta clase consta básicamente de un cliente Telnet capaz de establecer una comunicación fiable con el servidor. Para que esta clase tenga un buen desempeño es necesario implementar librerías como: • org.apache.commons.net.telnet.*; • java.io.InputStream; • java.io.PrintStream;
Disponibilidad3.java	Si los datos ingresados por el usuario son válidos y la conexión vía telnet con la <i>BSC</i> se realiza de forma exitosa, el usuario podrá visualizar esta ventana. Su desarrollo se hizo a partir de la necesidad de permitirle al usuario tener un menú capaz de direccionar sus necesidades a la hora de trabajar directamente con la <i>BSC</i>. Se implementaron diez (10) opciones con las cuales el usuario podrá visualizar y manejar la <i>BTS</i> a la cual decidieron conectarse.
Disponibilidad4.java	Se implementó un campo de texto de gran tamaño, en donde el usuario puede ser capaz de visualizar la respuesta al proceso que seleccionó en la ventana anterior.

Tabla 7. Módulo de Disponibilidad.

Fuente: Elaboración Propia.

El último módulo de trabajo creado fue el de Bloqueo - Desbloqueo. El objetivo principal fue la de tener un sector de la aplicación que tuviese la capacidad de conectarse con las *BSC* (vía Telnet) y a través de ella bloquear o desbloquear *TRX* de las *BTS* que son manejadas por esta *BSC*. Para cumplir con estas metas fue necesario desarrollar las siguientes clases:

CLASE	DESCRIPCIÓN
Bloqueo.java	Esta clase permite la conexión vía Telnet con la <i>BSC</i> que se desee manejar. Se implementaron, tres campos de texto para realizar la conexión vía Telnet (<i>IP</i> de la <i>BSC</i> , nombre y contraseña). Esta clase está muy relacionada con la clase <i>TelnetConex.java</i> que es la encargada de llevar a cabo la conexión vía Telnet.
Bloqueo2.java	Esta clase permite al usuario tener la opción a través de un botón de bloquear o desbloquear, la opción de habilitar o deshabilitar los <i>TRX</i> de las <i>BTS</i> manejadas por la <i>BSC</i> a la cual realizamos la conexión anteriormente. En cuanto a la selección del número de <i>TRX</i> a modificar se le facilitó al usuario un menú que se despliega con números en orden ascendente para su mayor facilidad a la hora de elegir. Después de haber seleccionado alguno de los botones de bloquear o desbloquear y el <i>TRX</i> con el que se quiere trabajar se pueda enviar el comando a la <i>BSC</i> . El comando utilizado para bloquear o desbloquear es <i>ZERS</i> (el envío de este comando es invisible para el usuario).

Tabla 8. Desarrollo del Módulo de Bloqueo/Desbloqueo

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo V

Resultados

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos, correspondientes a cada objetivo específico planteado, los cuales en conjunto, completan el desarrollo y aplicación del prototipo del sistema de automatización del cálculo y monitoreo de disponibilidad de la red de transmisión de baja capacidad (PDH) de la corporación Digitel GSM, C.A.

V.1. Variables para evaluar el performance de la red.

Los trabajadores del área de O&M de la corporación Digitel GSM, utilizan las tablas contenidas en los archivos de Excel como registros diarios del comportamiento de la red en el área Metropolitana de Caracas, en ellas son capaces de revisar distintos indicadores necesarios para controlar y mantener en óptimas condiciones el funcionamiento de la red. A la hora de comenzar a trabajar con la tesis fue necesario el conocimiento de estas tablas utilizadas por los trabajadores de la compañía. Se trabajó con las mismas hojas de cálculo utilizadas por ellos, primero fue necesario crear un usuario y una contraseña para poder conectarse a la página encargada de administrar los reportes diarios de la red de la corporación Digitel GSM. Después de crear el usuario y la contraseña, se procede a abrir la página: <http://bn-prf-srv-040/Performance>. Se ingresa el usuario y la contraseña asignada anteriormente y se ingresa al sistema de reportes de la compañía Digitel GSM. Se busca la carpeta de TX PDH CCS DIARIO y se procede a descargar el archivo de performance diario de la red de Digitel GSM en el área de Caracas, en donde se pueden visualizar cada uno de los enlaces que están presentando fallas, detallando cada una de las variables de estudio para estos enlaces como: ES, SES, tiempo de disponibilidad, tiempo total y porcentaje de disponibilidad, entre otros.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo del formato de los archivos con los que los trabajadores del área de O&M de la corporación Digitel GSM realizan el estudio del performance de la red diariamente:

FECHA	DMR_INT_ID	RATIO_FROM	RATIO_TO	TOTAL_TIME	AVAILABLE_TIME	AVAILABILITY	ERROR_TIME	ERROR_SEVERE_TIME
2012-05-31 00:00:00.0	234352	ALTAMTRE	FXCRRI:1 :1 23 CHUAODOS;	86398	86398	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	333769	ALTAMUNO	-	86401	86320	99.9	21	0
2012-05-31 00:00:00.0	333772	ALTAMUNO1	-	86400	86400	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	30276	ALTOHAUNO	FXCRRI: 1:1:23 GUAIRITA	86402	86402	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	265186	ALTPRADOS	FXCRRI: 1:1:13 BSC01	86403	86393	99.98	2	0
2012-05-31 00:00:00.0	266767	ALTPRAUNO	FIU19: 0:1:23 PESTEDOS	86400	86400	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	244717	ANTIMANO	-	86401	86401	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	165540	ANTONDOS	FXCRRI: 1:1:23 MARIPDOS; 1:2:23 POTRERIT	86402	86337	99.92	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	165620	ANTONUNO	FXCRRI: 1:1:23 CASONA	86399	86187	99.75	23	0
2012-05-31 00:00:00.0	165622	ANTONUNO1	FXCRRI:1:1 ANTONUNOS1S2	86400	86400	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	275748	ARAGUITA	-	86404	86404	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	257389	ARAIRA	-	86404	86404	100	2	0
2012-05-31 00:00:00.0	194601	ARTIGAS1	FXCRRI: 1:1:0 ARTIGAS1	86399	86399	100	0	0
2012-05-31 00:00:00.0	328030	AUTNORTE	-	86399	75726	87.64	10	10

Tabla 9. Reporte diario de TX/ TX PDH CCS DIARIO.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se definirán algunos de los criterios de uso común para la evaluación de los equipos, interfaces y/o enlaces de datos, señalando bajo qué condiciones se activa. Se utilizarán en lo sucesivo, las siglas originales en idioma inglés a fin de evitar confusiones al traducirlas.

TOTAL_TIME: es el tiempo teórico de funcionamiento del enlace. Al revisar este renglón de la tabla, los trabajadores de la compañía están verificando la cantidad de segundos que el enlace estuvo bajo estudio.

AVAILABLE_TIME: es el tiempo real en el cual el enlace estuvo funcionando correctamente. Se puede ver la cantidad de segundos en los cuales el enlace no presentó problema y se mantuvo a un 100% de capacidad.

AVAILABILITY: es el porcentaje de disponibilidad que tiene un enlace en un tiempo determinado. El porcentaje encontrado en la tabla se debe a una fórmula matemática en donde se compara el tiempo total (*TOTAL_TIME*) y el tiempo de disponibilidad (*AVAILABLE TIME*):

$$AVAILABILITY = AVAILABLE_{TIME} \times \frac{100}{TOTAL_{TIME}}$$

Si el porcentaje de disponibilidad es menor a 99.98%, se debe realizar un estudio de dicho enlace y de los equipos relacionados con el ya que no está trabajando en condiciones óptimas. La corporación Digitel GSM trata de mantener un porcentaje de disponibilidad mayor a 99.98% para brindar a sus clientes un mejor servicio.

ES: segundos errados en un período de un segundo en los cuales se registra uno o varios bits en error.

SES: segundos severamente errados, es un período de un segundo, en el cual se registra una tasa de error mayor o igual a 1×10^{-3} , o durante una pérdida de señal o durante un *AIS*, cuando un equipo remoto no logra descifrar la información recibida,

para retransmitirla a otro interfaz y notificar la anormalidad, genera una señal de AIS.

Si se presentan segundos errados es necesario hacer un estudio del enlace y de los equipos relacionados con el ya que la presencia de algún SES es signo de mal funcionamiento de la red, y por ende, conlleva a que el servicio prestado por la corporación no sea tan efectivo como pueda.

V.2. Resultados de la Aplicación de escritorio.

Después de crear la base de datos, la arquitectura de red que permitiera la conexión con las BSC, terminar el desarrollo de la aplicación de escritorio y cada una de las conexiones necesarias entre ella y los componentes mencionados anteriormente, se procedió a analizar el funcionamiento y eficiencia del proyecto. Para ello se realizaron diferentes pruebas capaces de mostrar el cumplimiento de los objetivos planteados al principio de la tesis.

V.2.1. Ventana de Inicio.

En la siguiente figura se puede observar la ventana de inicio creada para direccionar al usuario a cada uno de los módulos que componen la aplicación de escritorio:



Figura 19. Ventana de Inicio de la Aplicación de Escritorio.

Fuente: Elaboración propia.

V.2.2. Módulo de Información Alarmas

En la siguiente ventana se presenta la ventana principal del módulo de **Información de Alarmas**, en ella se muestran los diferentes tipos de alarmas almacenadas en la base de datos. Esta figura además, refleja la conexión realizada entre la aplicación de escritorio y la base de datos anteriormente creada.

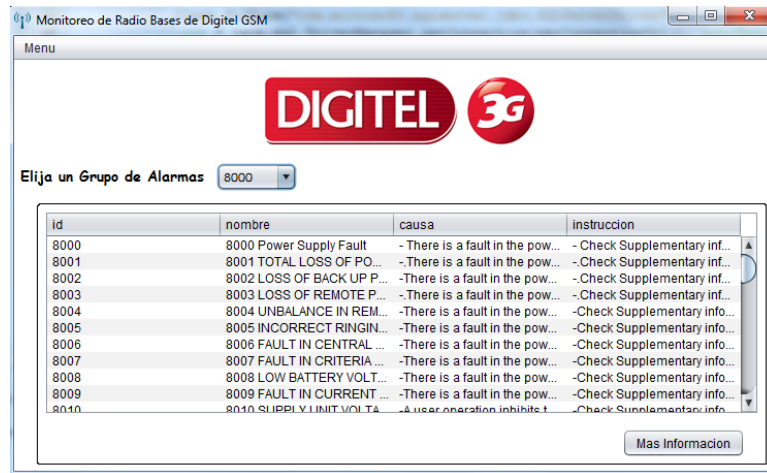


Figura 20. Ventana Principal del Módulo de Información Alarmas.

Fuente: Elaboración Propia

Al seleccionar alguna de las alarmas mostradas en el recuadro de la ventana anterior de la aplicación, se puede tener acceso a una descripción más detallada de la alarma en estudio.

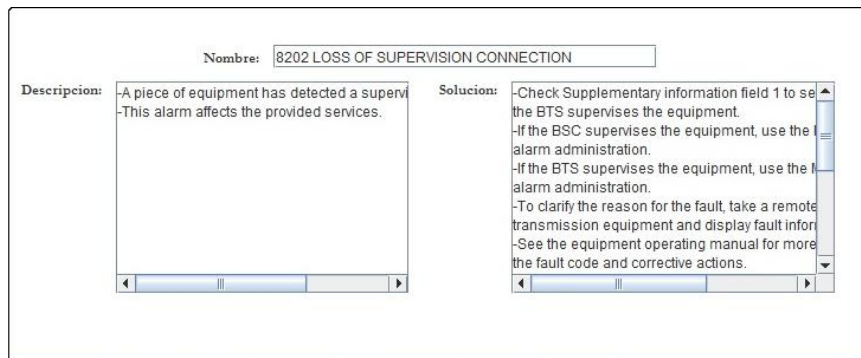


Figura 21. Ventana de Información detallada de Alarmas de la Red.

Fuente: Elaboración Propia

V.2.3. Módulo de disponibilidad de Enlaces.

En la siguiente figura se puede observar la primera ventana del módulo de **Disponibilidad de Enlaces**. Esta ventana permite el estudio de cada uno de los enlaces de forma más organizada, rápida y eficaz, dividiéndolos en sub grupos de acuerdo a su prioridad y automatizando el proceso anteriormente realizado por estos trabajadores.

Como se mencionó anteriormente, el usuario tiene la facilidad de ordenar estos enlaces de acuerdo al porcentaje de disponibilidad, mientras más bajo sea el porcentaje de disponibilidad, mayor será la falla relacionada con el mismo y más rápido se deberá atender a solucionarla.

La siguiente figura muestra como el usuario es capaz de dividir el conglomerado de enlaces en grupos más pequeños, en este caso se seleccionó la opción 5, la cual permite mostrar el sub grupo de enlaces con prioridad 5, es decir, su porcentaje de disponibilidad no baja de 90%.

Enlaces a nivel de Distrito Capital

Ver enlaces por prioridad 5 ▼

FECHA	DMR_INT_ID	RATIO_FROM	RATIO_TO	AVAILABILITY
2011-11-17 00:00:00.0	297269	TANAGUARE	-	99.97
2011-11-17 00:00:00.0	234348	TORREDIG	-	99.98
2011-11-17 00:00:00.0	186167	EDUCAMPO	FXCRR: 1:1:23 EDUC...	99.07
2011-11-17 00:00:00.0	8061	FERRENQUI	FXCRR: 1:1:23 AVUNI...	99.85
2011-11-17 00:00:00.0	189485	MANGUITO	FXCRR: 1:1:23 CART...	99.85
2011-11-17 00:00:00.0	156396	NAIGUATA	FXCRR: 1:1:13 CARA...	99.98
2011-11-17 00:00:00.0	180854	ORIPOTO	FXCRR: 1:1:13 BSC01	99.84
2011-11-17 00:00:00.0	55881	PROPADOS	FXCRR: 1:1:23 PROP...	99.98

Ver Enlace

Figura 22. Sub grupo de enlaces con prioridad 5 de los archivos de performance diarios de la red de la corporación Digitel GSM.

Fuente: Elaboración Propia.

Al presionar el boton de ver enlace se podra visualizar la siguiente ventana.

Figura 23. Conexión Vía Telnet del Módulo de Disponibilidad de Enlaces.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta ventana muestra los parámetros de conexión que deben de ingresar los usuarios para poder conectarse vía telnet con la BSC con la que desean trabajar. Si todos los parámetros ingresados por el usuario son correctos, se conecta la aplicación de escritorio con la BSC. De lo contrario aparecerá un mensaje de error validando al usuario o el IP.

En la siguiente ventana se puede observar como la aplicación de escritorio realiza una correcta conexión con la *BSC* y se presenta las opciones que el usuario puede realizar:



Figura 24.Funciones de la *BSC*.

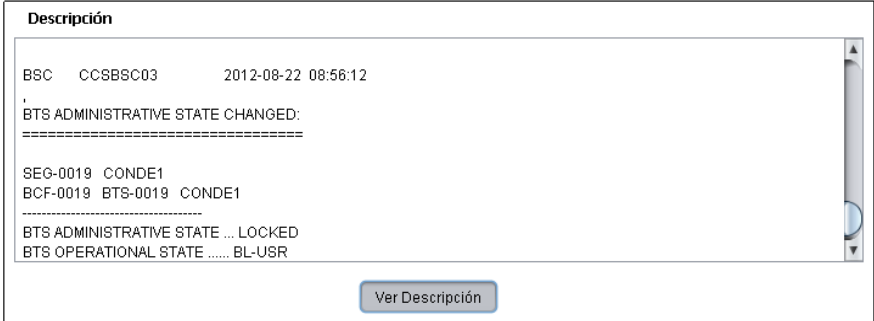
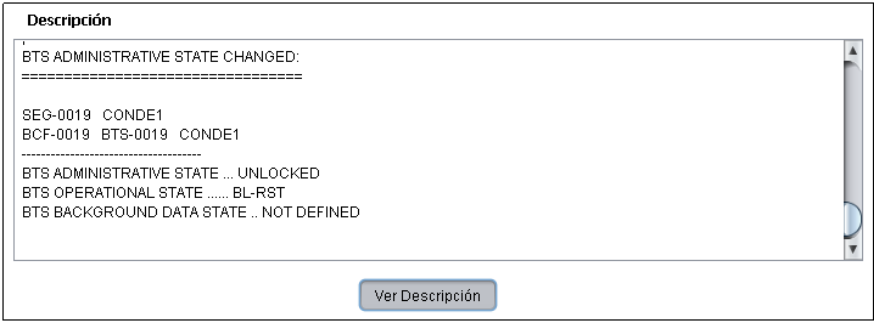
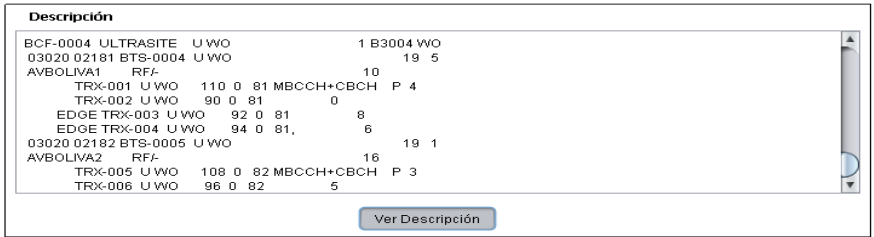
Fuente: Elaboración Propia.

En la parte superior se muestra el IP de la *BSC* con la que el usuario decidió conectarse (esto con el fin de que el usuario sepa a que *BSC* está conectado). Esta ventana prueba que se logró con éxito el desarrollo de un sistema capaz de conectar la aplicación de escritorio con los distintos equipos del subsistema de red *BSS* (*Base Station Subsystem*) de la corporación Digitel GSM.

V.2.3.1. Módulo de disponibilidad de Enlaces.

PRUEBA	RESULTADO
N° 1 - Ver Alarmas BCF: 04 BSC: 003 IP:10.45.57.3 3	 Figura 25. Resultado – Ver Alarmas. Fuente: Elaboración Propia.
N°2 - Ver Historial de Alarmas BCF:04 BSC:003 IP:10.45.57.3 3	 Figura 26. Prueba 2 – Ver Historial de Alarmas. Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA	RESULTADO
N° 3 - Ver Estatus BSC BSC:003 IP:10.45.57.3	Descripción <pre> BSC CSBSC03 2012-07-16 16:21:04 RADIO NETWORK CONFIGURATION IN BSC: EP B F TR C D-CHANNEL BUSY AD OP R ET- BCCH/CBCH/ R E S O&M LINK HR FR LAC CI HOP ST STATE FREQ T PCMERACH XF U NAME ST /GP ===== BCF-0001 ULTRASITE UWO 2 B3001 WO 03019 02911 BTS-0001 UWO 7 2 AGUSTIN1 RF/- 16 </pre> Ver Descripción Figura 28. Resultado 6 – Ver Estatus BSC. Fuente: Elaboración Propia. Descripción <pre> BCF-0004 ULTRASITE UWO 1 B3004 WO 03020 02181 BTS-0004 UWO 19 3 AV, BOLIVA1 RF/- 12 TRX-001 UWO 110 0 81 MBCCH+CBCH P 4 TRX-002 UWO 90 0 81 0 EDGE TRX-003 UWO 92 0 81 8 EDGE TRX-004 UWO 94 0 81 6 03020 02182 BTS-0005 UWO 13 1 AVBOLIVA2 RF/- 16 TRX-005 UWO 108 0 82 MBCCH+CBCH P 3 </pre> Ver Descripción Figura 27. Resultado 6 – Ver Estatus BSC. Fuente: Elaboración Propia.
N° 4 - Ver Estaciones y TRX Bloqueados. BSC: 003 – Ballena 1. IP:10.45.57.3	Descripción <pre> BCF-0510 L BL-USR TESTBALLE1 BTS-0510 L BL-USR TRX-001 U BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR TRX-002 L BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BL-USR BUSY FULL RATE 169 BUSY HALF RATE 391 BUSY SDCCH 260 IDLE FULL RATE 603 IDLE HALF RATE 1015 </pre> Ver Descripción Figura 28. Resultado - Estaciones y TRX Bloqueados de la BSC 003. Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA	RESULTADO
N° 5 - Bloqueo de Sector. BSC: 003 – Ballena 1 BTS: 019 – CONDE 1	 Figura 29. Resultado – Bloqueo de Sector. Fuente: Elaboración Propia.
N°6 - Desbloqueo de Sector BSC: 003 – Ballena 1 BTS: 019 – CONDE 1	 Figura 30.Resultado – Desbloqueo de Sector. Fuente: Elaboración Propia.
N° 7 - Ver Estado de la Estación BCF: 04 BSC:003 IP:10.45.57.3 3	 Figura 31. Resultado - Descripción de Estado de la BCF 004. Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA	RESULTADO
N° 8 Bloqueo de BCF BCF: 019 BSC: 003 IP:10.45.57.3 3	 Figura 32. Resultado – Bloqueo de BCF. Fuente: Elaboración Propia.
N° 9 Desbloqueo de BCF BCF: 019 BSC: 003 IP:10.45.57.3 3	 Figura 33. Resultado – Desbloqueo de BCF. Fuente: Elaboración Propia.
N° 10 Bloqueo de Site BCF: 019 BSC: 003 IP: 10.45.57.33	 Figura 34. Resultado – Bloqueo de Site. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Tabla de Resultados del Módulo de Disponibilidad.

Fuente: Elaboración Propia.

V.2.4. Módulo de Bloqueo.



Figura 35. Ventana Principal del Módulo de Bloqueo– Desbloqueo.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 36. Bloqueo de TRX 3 de la BTS 2.

Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA	VENTANA DE RESULTADO
Bloqueo de TRX. BSC: 003 – Ballena 1 BTS: 019 – CONDE 1. TRX: 3	Figura 37.Resultado – Bloqueo TRX 003 de BTS 019. Fuente: Elaboración Propia.

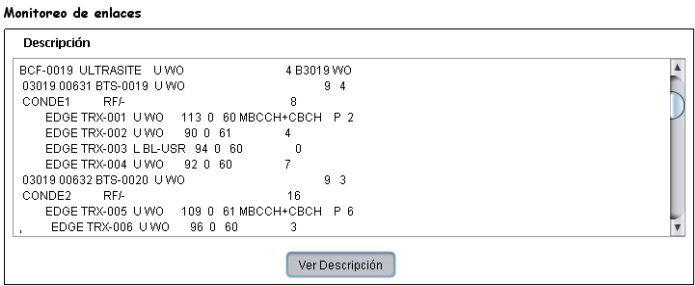
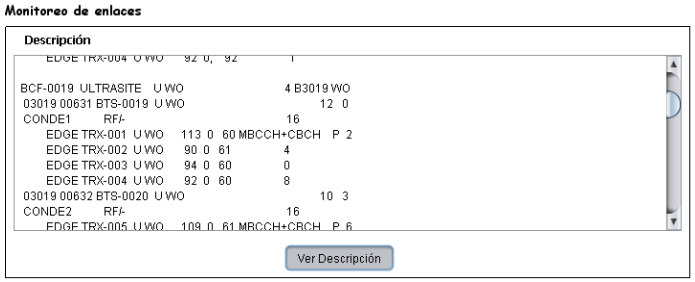
PRUEBA	VENTANA DE RESULTADO
Bloqueo de TRX. BSC: 003 – Ballena 1 BTS: 019 – CONDE 1. TRX: 003	 Figura 38. Resultado – Bloqueo TRX 003 de BTS 019. Fuente: Elaboración Propia.
Bloqueo de TRX. BSC: 003 – Ballena 1 BTS: 019 – CONDE 1	 Figura 39. Resultado – Desbloqueo TRX 003 de BTS 019. Fuente: Elaboración Propia.  Figura 40. Resultado – Desbloqueo TRX 003 de BTS 019. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11. Módulo de Bloqueo – Desbloqueo.

Fuente: Elaboración propia.

V.3. Análisis de Resultados.

MÓDULO	PRUEBA	RESULTADO
<i>Información de Alarmas</i>	<i>Ventana de Inicio.</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Información de Alarmas</i>	<i>Información detallada de Alarmas de la Red.</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Ver Enlaces por prioridad</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Conexión vía Telnet a la BSC</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Selección de Función de la BSC</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Ver Alarmas</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Ver Historial de Alarmas</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Ver Estatus BSC</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Ver Estaciones y TRX Bloqueados de la BSC</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Bloqueo de Sector</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Desbloqueo de Sector</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Descripción de Estado de la BCF</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Bloqueo de BCF</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Desbloqueo de BCF</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Disponibilidad de Enlaces</i>	<i>Bloqueo de Site</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Bloqueo – Desbloqueo</i>	<i>Conexión vía Telnet a la BSC</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Bloqueo – Desbloqueo</i>	<i>Bloqueo de TRX</i>	<i>Exitoso</i>
<i>Bloqueo - Desbloqueo</i>	<i>Desbloqueo de TRX</i>	<i>Exitoso</i>

Tabla 12. Análisis de Resultados.

Fuente: Elaboración Propia.

Todas las pruebas hechas resultaron exitosas, mostrando en cada una de ellas la efectividad de la aplicación de escritorio y su positivo rendimiento.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

En base a la implementación del proyecto diseñado, se puede concluir que:

Las etapas establecidas en la metodología ayudaron a cumplir puntualmente con cada uno de los objetivos planteados. El estudio teórico previo permitió una clara y más rápida comprensión del funcionamiento de cada uno de los dispositivos y tecnologías involucradas.

Se logró el desarrollo de un sistema capaz de establecer una conexión fiable entre la aplicación de escritorio y cada una de las *BSC* que forman parte de la red del área metropolitana de Caracas, permitiendo acceder de forma segura y rápida a cada una de las *BTS* manejadas por estas.

Se realizó el desarrollo exitoso de una base de datos capaz de conectarse eficientemente con la aplicación de escritorio y almacenar alarmas presentadas por los equipos del subsistema de red *BSS*, permitiendo al personal especializado de la corporación Digitel GSM tener un módulo de ayuda, que les ofrece un soporte de documentación para el mantenimiento y reparación de los equipos involucrados en este proyecto.

Se logró a través de la aplicación de escritorio la automatización de los procesos anteriormente especificados, haciendo más rápido y eficiente el trabajo que allí se realiza.

Se obtuvo una gran cantidad de información acerca de los equipos utilizados en el subsistema de red *BSS* y de las técnicas y metodologías de trabajo utilizadas en la empresa, lo cual contribuye a que se pueda tener un mejor conocimiento de la industria de las telecomunicaciones. Este es un beneficio que servirá de herramienta a futuro para el desarrollo laboral de quienes realizaron este trabajo.

Se logró la comunión entre el área de informática y de telecomunicaciones, generando beneficios muy importantes para cada una de ellas, debido a que la aplicación de escritorio requería el uso de herramientas de ambas áreas para poder lograr la creación de un producto que cumpla eficientemente su función.

La realización del trabajo de grado en el interior de una empresa, sirvió de ayuda no solo en cuanto a la obtención de información necesaria para el desarrollo de la aplicación sino también para conocer y experimentar como es el ambiente laboral dentro de una empresa de telecomunicaciones.

El análisis y la selección de los programas informáticos que se utilizaron para el desarrollo de la aplicación de escritorio, resultó ser un ejercicio interesante para llevar a la práctica buena parte del aprendizaje obtenido durante los años de estudio en la universidad.

Se recomienda a la corporación Digitel GSM:

- Mantener su política de apoyo profesional a los estudiantes pasantes, para que brinden y aporten los conocimientos adquiridos en la universidad a la empresa, lo cual generaría un beneficio mutuo.
- Establecer convenios con las instituciones universitarias de tal manera que se vinculen las empresas de servicios en telecomunicaciones con el sector educativo, creando mayores oportunidades para que los estudiantes a través de su práctica laboral puedan tener la oportunidad de involucrarse directamente en el mercado de trabajo. La corporación Digitel GSM, se beneficiará también debido a que obtendrá personal calificado necesario para distintas labores dentro de la empresa.
- Las tecnologías de telecomunicaciones e informática cambian con mucha rapidez con el paso del tiempo, por lo que se recomienda de manera general seguir actualizado y en vanguardia con las mismas, de tal manera que se

pueda lograr un conocimiento profundo en cada una de ellas y así poder prestar un servicio óptimo a sus clientes.

Se recomienda a la Universidad Católica Andrés Bello:

- Estimular a una parte del estudiantado a vincular sus trabajos especiales de grado a las necesidades de las empresas que prestan servicios de telecomunicaciones, sin restarle importancia a aquellos que tengan un basamento teórico y de investigación,
- De manera más temprana en el transcurso de la carrera prestar apoyo en la elaboración y desarrollo de la propuesta de tesis, evitando errores a la hora de la entrega y ahorrándole tiempo a cada una de las escuelas en la evaluación constante de las mismas.

Bibliografía

- Eberspächer, J. (2009). *GSM Architecture Protocols and Services*. John Wiley and Sons Ltd.
- Halonen, T. (2003). *GSM, GPRS and EDGE Performance*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- *Infraestructura Fisica y Tecnica de una BTS*. (2008). Caracas.
- José Padilla, C. O. (2001). *Manual de BTSs "Sistema Nokia"*. Caracas.
- Martinez, E. (Julio de 2007). <http://www.eveliux.com/mx>. Recuperado en Septiembre de 2011, de <http://www.eveliux.com/mx>.
- Marquez., C. A. (2010). *TELEFONIA CELULAR GSM*. Caracas.
- Monica Gorricho Moreno, J. L. (2002). *Comunicaciones Móviles*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Nokia Networks. (2002). *BSS Essentials Course*. Oy.
- Nokia Telecommunications. *DX 200 Documentation*. Oy.
- Roig, O. S. (2003). *Principios de Comunicaciones Móviles*. Barcelona: Edicions UPC.
- Tisal, J. (2000). *La Red GSM*. Madrid: Thomson Paraninfo, S.A.
- Veiga, E. R. (1998). *Telecomunicaciones Móviles*. Barcelona: Marcomobo Boixareu Editores.

- Xavier Hesselbach Serra, J. A. (2002). *Analisis de Redes y Sistemas de Comunicaciones*. Barcelona: Ediciones UPC.

APÉNDICES

APÉNDICE A: Especificaciones de la Interfaz Aire GSM.

Parámetro	Especificación
Frecuencia de los canales <i>uplink</i>	890-915MHz
Frecuencia de los canales <i>downlink</i>	935-960MHz
Número de <i>ARFCN</i>	0 a 124 y de 975 a 1023
Separación de frecuencia entre TX/RX	45MHz
Separación entre <i>time slots</i> de TX/RX	3 <i>time slots</i>
Tasa de modulación de datos	270,83333333 kbps
Periodo de trama	4,615 ms
Usuarios por tramas	8
Periodo del <i>time slot</i>	576,9 μ s
Periodo del <i>bit</i>	3,692 μ s
Modulación	0,3GMSK
Separación entre canales <i>ARFCN</i>	200 kHz
Máximo retardo	40 ms
Tasa de bit del codificador de voz	13,4 kbps

Tabla 13. Resumen de las Especificaciones de la Interfaz de Aire GSM.

Fuente: (Tisal, 2000).

APÉNDICE B: Fotos de Componentes de una BTS.

EQUIPOS		
 Figura 41. METROSITE – Estación Catia la Mar 2. Fuente: Elaboración propia.	 Figura 42. TRXs – Estación Catia la Mar 2. Fuente: Elaboración propia.	 Figura 43. Unidad de Banda Base – Estación Catia la Mar 2. Fuente: Elaboración propia.
 Figura 44. Unidad de Transmisión (FXC/RR1) – ESTACIÓN Catia La Mar 2. Fuente: Elaboración propia.	 Figura 45. Unidad Controladora (BOIA) – Estación catia La Mar 2. Fuente: Elaboración propia.	 Figura 46. Fuentes de Poder – Estación Catia La Mar 2. Fuente: Elaboración propia.

EQUIPOS		
		
Figura 47. Multiacoplador – Estación Los Flores 2. Fuente: Elaboración Propia.	Figura 48. METROSITE – Estación Los Flores 2. Fuente: Elaboración Propia.	Figura 49. Fuente de Poder - Estación Los Flores 2. Fuente: Elaboración Propia.
		
Figura 50. TRX de Metrosite – Estación Los Flores. Fuente: Elaboración Propia.	Figura 51. 2-way Receiver Multicouple Unit. Fuente: Elaboración Propia.	

Tabla 14. Fotos de Componentes de BTS.

Fuente: Elaboración Propia.

APÉNDICE C: *Ultrasite*

En la siguiente figura se muestra un estudio de la composición interna de una *Ultrasite*, especificando sus partes.

1. *Transceiver Unit (TSxx)*
2. *2-way Receiver Multicouple Unit (M2xx)*
3. *Transceiver Baseband Unit (BB2x)*
4. *Base Operations and Interfaces Unit (BOIx)*
5. *Transmission Unit (VXxx)*
6. *Wideband Combiner Unit (Wcxx)*
7. *Dual Variable Gain Duplex Filter Unit (DVxx)*
8. *DC/DC Power Supply unit (PWSB)*
9. *6-way Receiver Multicoupler unit (M6xx)*
10. *Remote Tune Combiner unit (RTxx)*
11. *AC/DC Power Supply unit (PWSA)*

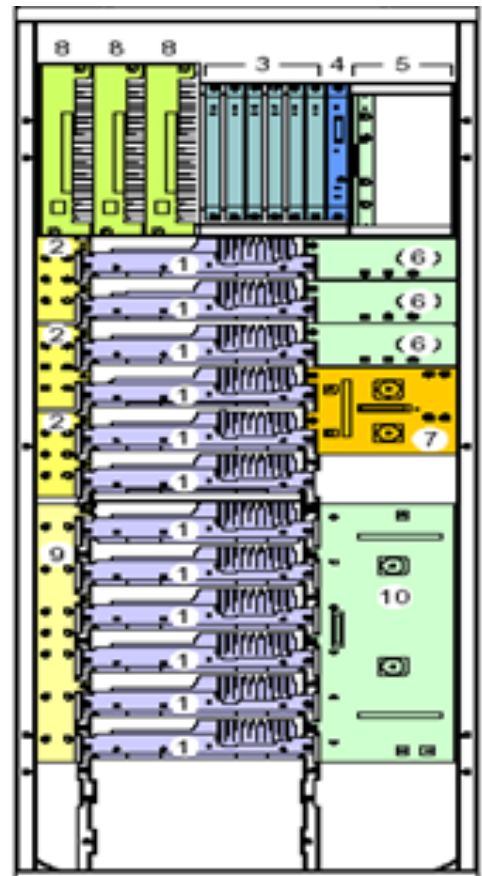


Figura 52. Esquema Interno de una *Ultrasite*

Fuente: (José Padilla, 2001).

APÉNDICE C: Metrosite.

La siguiente figura muestra unas imágenes de otro tipo de *BTS*, *Metrosite*, utilizado por la corporación Digitel GSM:



Figura 53. Foto *Metrosite*.

Fuente: (Jose Padilla, 2001)



Figura 54. Foto Lateral *Metrosite*.

Fuente: Elaboración Propia

APÉNDICE D: Componentes de una Metrosite.

La siguiente figura hace referencia a las partes que componen una *BTS Metrosite*:

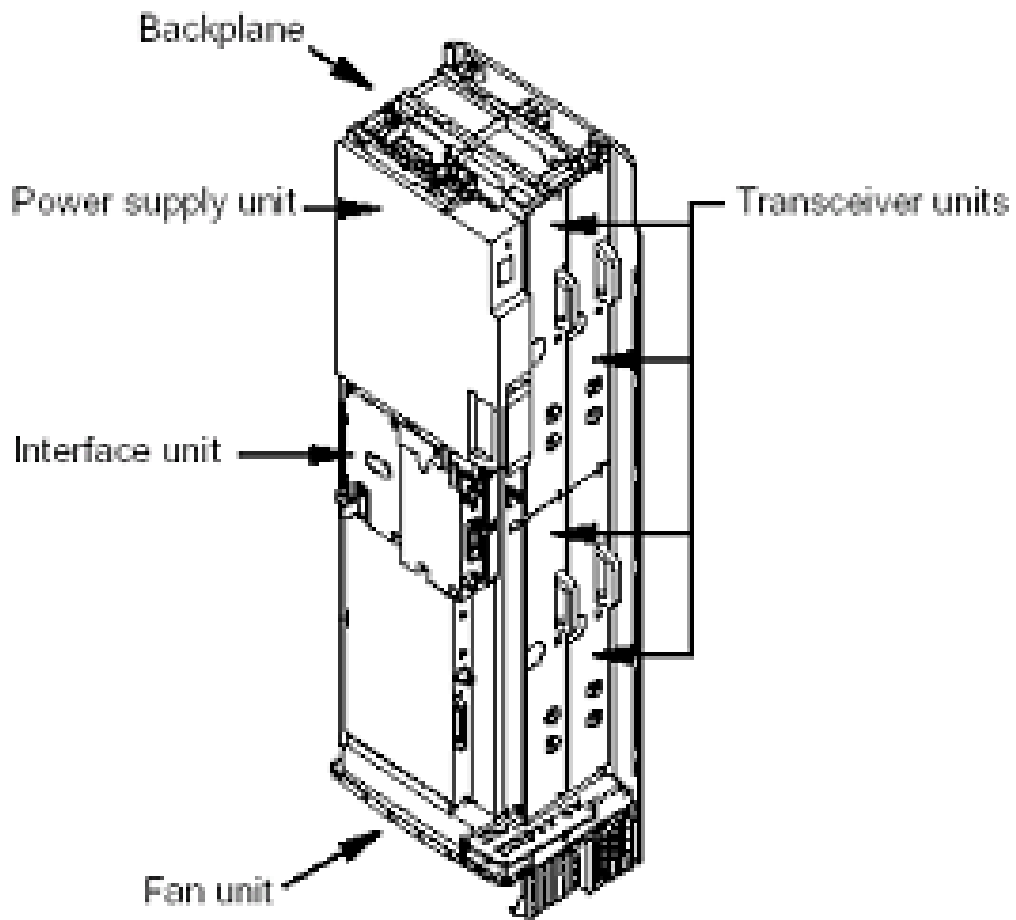


Figura 55. Esquema de las Partes de una *Metrosite*.

Fuente: (José Padilla, 2001)

APÉNDICE E: Componentes de una BSC.

FOTOGRAFIA	DESCRIPCION
 Figura 56. GSWB de la BSC "Castellana 3". Fuente: Elaboración Propia.	Group Switch (GSWB): es un switch de 8kbits/s para los canales de tráfico y señalización la cual se encuentra controlada por la unidad SWCOP de la MCMU (<i>Marker and Cellular Management Unit</i>). La capacidad máxima del GSW es de 256 tramas PCM (<i>Pulse Code Modulation</i>).
 Figura 57. MCMU de la BSC "Castellana 3". Fuente: Elaboración Propia	Marker and Cellular Management (MCMU): Esta unidad se divide a su vez en dos unidades llamadas "Marker" y "Cellular Management Unit". La función de la primera es controlar y supervisar el GSW, realizar las lecturas y escrituras del GSW, buscar los circuitos libres, conectar y desconectar todas las conexiones mientras que la segunda se encarga de controlar y supervisar la red celular (<i>circuit Switched Traffic</i>). La MCMU es responsable de las celdas y canales de radio y además actúa como unidad de mantenimiento del sistema si la OMU falla.

FOTOGRAFIA	DESCRIPCION
 Figura 58. BSCU de la BSC “Castellana 3”. Fuente: Elaboración propia.	BSC Signalling Unit (BCSU): Como su nombre lo indica se encarga de todas las funciones de señalización de la BSC tanto hacia el MSC como hasta todas las BTS conectadas. Adicionalmente en esta unidad se encuentra el <i>Packet Control Unit (PCU)</i> la cual controla y supervisa la red celular y las conexiones por radio GPRS.
 Figura 59. BSCU de la BSC “Castellana”. Fuente: Elaboración propia.	Operation and Maintenance Unit (OMU): Esta unidad se encarga de proporcionar la interfaz entre el usuario y la BSC mediante los dispositivos periféricos, manejar las alarmas internas y externas del hardware y controlar el Clock y unidad de sincronización. En resumen esta es la responsable del mantenimiento del sistema y supervisa de forma automática la BSC.
 Figura 60. CLS CLOC de la BSC “Castellana 3”. Fuente: Elaboración Propia.	Clock and Synchronisation Unit (CLS): Es la unidad que suministra la señal de reloj de la BSC, esta posee dos una llamada CLOC en el BCB y uno llamado CLAC en el BCE.

FOTOGRAFIA	DESCRIPCION
 Figura 61. ET de la BSC "Castellana 3". Fuente: Elaboración Propia.	Exchange Terminal (ET): Aquí es donde se conectan los E1 provenientes de las <i>BTS</i> administradas por esa <i>BSC</i>. Estas conectan los sistemas de transmisión a los <i>GSWB</i>.
 Figura 62. BSC2i Marca Nokia. Fuente: Elaboración Propia	Este equipo es una BSC de segunda Generación, de alta capacidad que puede llegar a controlar unos 128 <i>TRX</i> de <i>BTS</i>. Las dimensiones de un rack son: 2020 x 600 x 500 mm (Alto x Ancho x Profundidad).

Tabla 15. Componentes de una BSC.

Fuente. Elaboración Propia.

APÉNDICE F: Lenguajes de Programación

	LENGUAJE C++
Ventajas	• Lenguaje de programación orientado a objetos. • Muy potente en lo que se refiere a creación de sistemas complejos, un lenguaje muy robusto, permite elaborar aplicaciones sencillas, hasta sistemas operativos y mucho más, todo eso dependiendo del manejo del lenguaje. • Actualmente, puede compilar y ejecutar código de C, ya viene con librerías para realizar esta labor.
Desventajas	• Manejo de punteros y memoria respecto a ello. • Presenta una gran ventaja porque permite un mejor control de la memoria y una buena administración de recursos de computadora, pero la inexperiencia de los desarrolladores o la pérdida de costumbre con este tipo de variables (sobre todo cuando son dobles o triples punteros, inclusive de mayor orden) los lleva al desastre. • No es recomendable para desarrollo de páginas Web. Existen muchos entornos de programación para C++. No existen estándares para ello. De manera que puedes encontrar C++ para Unix/Linux, C++ para Windows, C++ para MacOS, y así indistintamente. Además, en cada SO encuentras diferentes IDEs de desarrollo, y también encuentras IDEs para desarrollo de aplicaciones gráficas como Anjuta, Qt para Unix/Linux, Borland C++ Builder y Visual Studio C++ para Windows...

	LENGUAJE JAVA
Ventajas	• No debes volver a escribir el código si quieres ejecutar el programa en otra máquina. • Un solo código funciona para todos los browsers compatibles con Java o donde se tenga una Máquina Virtual de Java (<i>Mac's</i>, <i>PC's</i>, <i>Sun's</i>, entre otros). • Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, y tiene todos los beneficios que ofrece esta metodología de programación. Un browser compatible con Java deberá ejecutar cualquier programa hecho en Java, esto ahorra a los usuarios tener que estar insertando "<i>plug-ins</i>" y demás programas que a veces nos quitan tiempo y espacio en disco. • Java es un lenguaje y por lo tanto puede hacer todas las cosas que puede hacer un lenguaje de programación: Cálculos matemáticos, procesadores de palabras, bases de datos, aplicaciones gráficas, animaciones, sonido, hojas de cálculo, entre otros.
Desventajas	• Los programas hechos en Java no tienden a ser muy rápidos, supuestamente se está trabajando en mejorar esto. Como los programas de Java son interpretados nunca alcanzan la velocidad de un verdadero ejecutable. • Java es un lenguaje de programación. Esta es otra gran limitante, por más que digan que es orientado a objetos y que es muy fácil de aprender sigue siendo un lenguaje y por lo tanto aprenderlo no es cosa fácil. Especialmente para los no programadores. • Es considerablemente lento si lo comparamos con C o C++.

	LENGUAJE C#
Ventajas	• La facilidad del lenguaje permite un desarrollo eficaz y menor inversión en tiempo que con otros lenguajes. Permite la utilización de formularios tanto a partir de recursos como utilizando un IDE para diseñarlos.
Desventajas	• No avisa de ciertos errores o advertencias (se puede configurar el compilador para generar ejecutables sin los controladores de desbordamiento de enteros o las comprobaciones de límites en matrices entre otros, dejando así más de la mano del programador la tarea de controlar dichos errores). • No soporta tratamiento de procesos como parte del lenguaje. El tratamiento de mensajes de Windows es básico e indirecto.

Tabla 16. Lenguajes de programación.

Fuente: Elaboración Propia.

Después de todas las investigaciones y de que se evaluara los factores positivos y negativos de cada lenguaje de programación, para este Trabajo Especial de Grado, se ha decidido trabajar con Java, lenguaje de código abierto, utilizando el programa *Netbeans IDE 7.0.1*.

APÉNDICE G: Diagrama complementario de las Funciones de la BSC en la aplicación de escritorio.

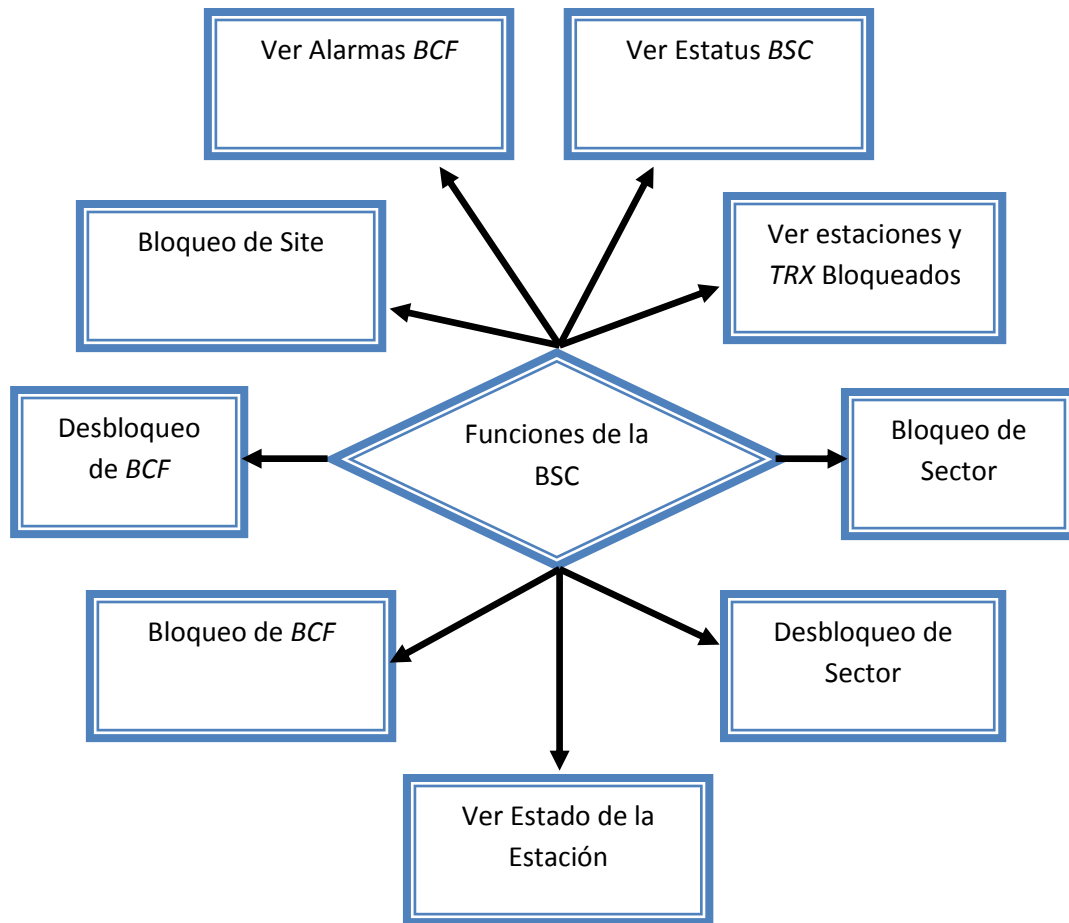


Figura 63. Diagrama de Funciones complementarias de la BSC.

Fuente: Elaboración Propia.

APÉNDICE H: Tabla complementaria de Funciones de la BSC.

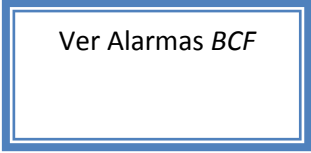
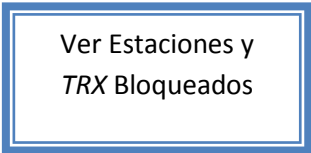
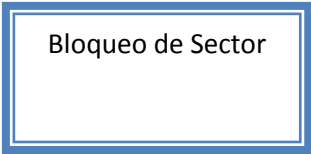
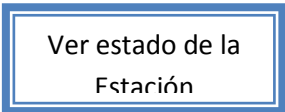
FIGURA	DESCRIPCIÓN
	Ver Alarmas BCF: permite al usuario revisar el estado y cuales son las alarmas que está presentando una <i>BCF</i> al momento. Comando: ZEOL:<#deBCF>;
	Ver Estatus BSC: permite al usuario revisar el estado y las alarmas de cada una de las <i>BTS</i> manejadas por esta <i>BSC</i>. Comando: ZEEI;
	Ver Estaciones y TRX Bloqueados: este comando puede ser ejecutado en las <i>BSC</i> como una rutina de mantenimiento diario para conocer todos los equipos que estén bloqueados por falla o por usuario. Muestra las estaciones base bloqueadas y los <i>TRX</i> bloqueados en cada una de ellas. Comando: ZEEL:BL;
	Bloqueo de Sector: permite al usuario bloquear la <i>BTS</i> que desee. Siempre y cuando esta <i>BTS</i> sea manejada por la <i>BSC</i> a la cual se realizó la conexión. Este comando es capaz de cambiar el estado administrativo de un sector. Comando: ZEQS:BTS=<#deBTS>;L;
	Desbloqueo de Sector: permite al usuario desbloquear la <i>BTS</i> que desee. Siempre y cuando esta <i>BTS</i> sea manejada por la <i>BSC</i> a la cual se realizó la conexión. Este comando es capaz de cambiar el estado administrativo de un sector. Comando: ZEQS:BTS=<#deBTS>;U;

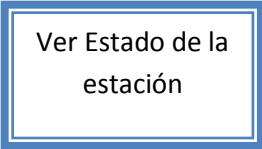
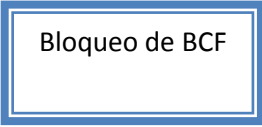
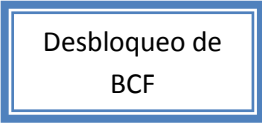
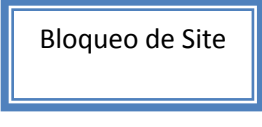
FIGURA	DESCRIPCIÓN
	Ver Estado de la Estación: permite ver la configuración de una o varias <i>BTS</i>. A través de este comando el usuario será capaz de revisar es estado de una estación. Comando: ZEEI:BCF=<#deBCF>;
	Bloqueo de BCF: permite cambiar el estado de administrativo de la <i>BCF</i>, en este caso bloquear la <i>BCF</i>. Comando: ZEEL:<#deBCF>;L;
	Bloqueo de BCF: permite cambiar el estado de administrativo de una <i>BCF</i>, en este caso bloquear la <i>BCF</i>. Comando: ZEFS:<#deBCF>;U;
	Bloqueo de Site: permite realizar un reinicio del site, es decir, bloquea y desbloquea una <i>BCF</i>. Comando: ZERS:<#deBCF>;SITE;

Tabla 17. Funciones Complementarias de la BSC.

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: La corporación Digitel GSM, da por entendido que una *BCF* es la estacion base completa. Dicha *BCF* esta compuesta por 12 *TRX* y sus sectores van de uno a tres (dichos sectores se les conoce por *BTS*). Cada *BTS* esta compuesta por 4 *TRX* (estas *TRX* pertenecen a la *BCF*); lo que significa que al bloquear un *BCF* se bloquean todas las *BTS* que conforman a esta *BCF*, mientras que al bloquear una *BTS* solo se esta bloqueando un sector de la *BCF*.

APÉNDICE I: Estudio de Manejadores de Base de Datos.

Manejador de Base de Datos	Ventajas
Microsoft SQL Server 2008	• Si se trabaja en una red local, permite agregar otros servidores de SQL Server. • Seguridad: SQL permite administrar permisos a para muchas funciones. Permisos a nivel de servidor, seguridad en tablas, permitir o no lectura, escritura, ejecución; seguridad en los procedimientos almacenados, todo se puede configurar. • Soporte de transacciones. • Escalabilidad, estabilidad y seguridad. • Soporta procedimientos almacenados. • Incluye también un potente entorno gráfico de administración, que permite el uso de comandos DDL y DML gráficamente. • Permite trabajar en modo cliente-servidor, donde la información y datos se alojan en el servidor y las terminales o clientes de la red sólo acceden a la información. • Además permite administrar información de otros servidores de datos. • Es utilizado por la corporación Digitel GSM.
MySQL	• MySQL software es <i>Open Source</i>. • Bajo costo en requerimientos para la elaboración de bases de datos, ya que debido a su bajo consumo puede ser ejecutado en una máquina con escasos recursos sin ningún problema. • Facilidad de configuración e instalación. • Soporta gran variedad de Sistemas Operativos. • Baja probabilidad de corromper datos, incluso si los errores no se producen en el propio gestor, sino en el sistema en el que está.

<i>Oracle</i>	• Oracle es el motor de base de datos relacional mas usado a nivel mundial. • Puede ejecutarse en una gran variedad de plataformas. • Permite el uso de particiones para la mejora de la eficiencia, de replicación e incluso ciertas versiones admiten la administración de base de datos distribuidas. • Es la base de datos con más orientación hacia Internet.
----------------------	--

Tabla 18. Estudio de manejadores de Base de datos.

Fuente: Elaboración Propia.

Después de realizar un análisis de las ventajas de estos 3 manejadores de base datos, se pudo apreciar que la mejor opción era la de Microsoft SQL Server 2008, debido a que *Oracle* es un manejador diseñado para base de datos de gran extensión y *MySql* está muy a la par de *Sql Server 2008*, pero tras el análisis de las ventajas se pudo apreciar que *Sql Server 2008* es un manejador más potente y adicionalmente tiene una característica fundamental la cual es que el cliente hace uso de la misma.

APÉNDICE J: Manual de usuario para la aplicación de escritorio.

MANUAL DE USUARIO

PROTOTIPO DE SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO Y MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE LA RED DE TRANSMISIÓN DE BAJA CAPACIDAD (PDA) DE DIGITEL GSM, C.A.”

Deternoz Milano, Luis F.

Díaz Cantelmi, Diego A.

Septiembre 2012

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual esta creado, con la finalidad de servir como ayuda y soporte para los usuarios de dicha aplicación, para que puedan utilizar de forma correcta y eficiente todas las funcionalidades proporcionadas, para así poder llegar a los resultados esperados en el campo laboral.

La aplicación cuenta con una interfaz gráfica sencilla y amigable para que la conexión que se realiza entre los ingenieros de la corporación Digitel GSM y el subsistema de Estaciones Base (*BSS*), sea óptima y a su vez eficiente.

La comunicación con los equipos del subsistema se logró a través de la Intranet de la empresa utilizando comandos TELNET, empleando rutinas implementadas y recomendadas por la compañía fabricante de los equipos, NOKIA. Una vez lograda la comunicación, se almacenan las respuestas a los comandos enviados en archivos de texto. Posteriormente, estos archivos son interpretados y la información necesaria es presentada en forma gráfica, a través de esquemas sencillos que representan el sistema.

La aplicación de escritorio se divide en tres módulos:

- **Información de Alarmas:** donde se puede trabajar con un banco de datos con detalles de las posibles alarmas existentes y su posible solución.
- **Disponibilidad de Enlaces:** donde se puede encontrar un reporte diario de los enlaces que están presentando problemas, clasificados según su prioridad, y además le da acceso, vía Telnet, a las *BSC* que maneje la *BTS* que está solicitando.
- **Bloqueo – Desbloqueo:** donde el usuario tendrá la capacidad de acceder también vía Telnet a las *BTS* que desee y bloquear o desbloquear los *TRX* de las mismas.

2. APLICACIÓN DE ESCRITORIO

La aplicación de escritorio se inicia desde el escritorio de la PC de cualquier trabajador de la compañía Digitel GSM, previamente instalado por el mismo, no es necesario tener instalado en el PC el programa Netbeans IDE 7.0.1. Para poder correrlo, el archivo ejecutable podrá ser almacenado en cualquier carpeta del PC.

2.1 Inicio.

La primera imagen de que se presenta al abrir la aplicación es el menú principal, en donde podemos elegir la opción que se quiera realizar. Existen tres (3) opciones:

- Información de Alarmas: en donde hay un banco de datos con toda la información relacionada con las alarmas presentadas por las *BTS* y sus enlaces.
- Disponibilidad de los Enlaces: muestra un reporte diario de los enlaces con fallas de acuerdo a su prioridad y permite conectarse vía Telnet a la *BSC* que maneja la *BTS* con la cual se quiere trabajar.
- Bloqueo/Desbloqueo: permite el bloqueo o desbloqueo de TRX.

En la figura 64 se muestra la ventana de inicio al BSS Manager:



Figura 64. Ventana de Inicio.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2. Información de Alarmas.

Para acceder a esta opción es necesario hacer *clic* en Información Alarmas y presionar el botón de **Ir**.



Figura 65. Selección de Información de Alarmas.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se desplegará otra pantalla en donde tendremos un submenú que permitirá elegir qué tipo de alarma se quiere consultar. Dependiendo del grupo de alarmas que se quiera consultar podemos elegir desde las alarmas que empiezan 8000 hasta las que empiezan en 8200 y de ahí decidir cual exactamente queremos consultar.

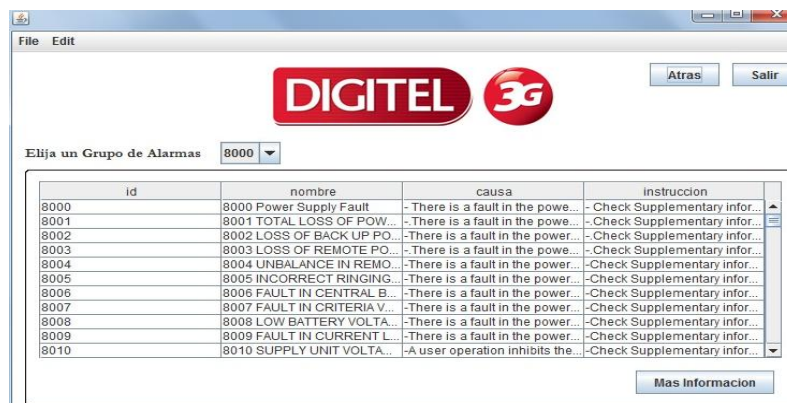


Figura 66. Ventana Principal de módulo de Información de Alarmas.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta ventana permite la elección de una alarma dependiendo de su *ID* (número de identificación). Primero se selecciona en un menú desplegable, situado en la parte superior, que sub grupo de alarma se desea elegir y después se presiona el *ID* de la alarma. Una vez seleccionada se hace clic en el botón de “Mas Información”.

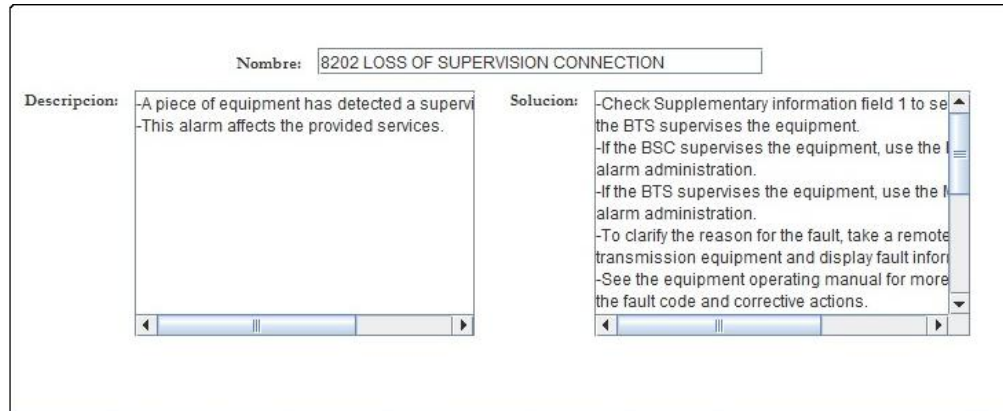


Figura 67. Ventana de Información Detallada de la Alarma.

Fuente: Elaboración Propia.

Aparecerá una nueva ventana que permite al usuario obtener todos los detalles relacionado con la alarma de su elección. Entre ellos podemos mencionar: Nombres, *ID*, descripción y posible solución.

2.3 Disponibilidad.

En este modulo se trabaja con un documento de Excel que previamente tiene que ser descargado por los trabajadores de la compañía Digitel GSM, donde se presenta el estado diario de todos los enlaces de la región metropolitana de Caracas. La aplicación las ordena según prioridad, basándose en el porcentaje de disponibilidad de cada uno de los enlaces, siendo la prioridad 1 los enlaces con problemas más graves.

En la siguiente figura se presenta la ventana principal del módulo de disponibilidad:

Enlaces a nivel de Distrito Capital

Ver enlaces por prioridad 5 ▼

FECHA	DMR_INT_ID	RATIO_FROM	RATIO_TO	AVAILABILITY
2011-11-17 00:00:00.0	297269	TANAGUARE	-	99.97
2011-11-17 00:00:00.0	234348	TORREDIG	-	99.98
2011-11-17 00:00:00.0	186167	EDUCAMPO	FXCRR: 1:1:23 EDUC...	99.07
2011-11-17 00:00:00.0	8061	FERRENQUI	FXCRR: 1:1:23 AVUNI...	99.85
2011-11-17 00:00:00.0	189485	MANGUITO	FXCRR: 1:1:23 CART...	99.85
2011-11-17 00:00:00.0	156396	NAIGUATA	FXCRR: 1:1:13 CARA...	99.98
2011-11-17 00:00:00.0	180854	ORIPOTO	FXCRR: 1:1:13 BSC01	99.84
2011-11-17 00:00:00.0	55881	PROPADOS	FXCRR: 1:1:23 PROP...	99.98

Ver Enlace

Figura 68. Módulo de Disponibilidad de Enlaces – Ventana Principal.

Fuente: Elaboración propia.

Para esta ventana es necesario decidir que subgrupo se quiere revisar primero y de ahí revisar uno por uno los enlaces de cada subgrupo. Se elige que numero de prioridad se desea, en el menú desplegable de la parte superior, y se despliegan los enlaces requeridos. Se decide con que enlace se quiere trabajar y se presiona el botón de “*Ver Enlace*”. Se desplegará una nueva ventana en donde se presenta la ventana de Inicio de Sesión.

La aplicación de escritorio fue implementada para ser utilizada por usuarios que estén registrados en el código fuente del programa, es decir, deben de tener un Usuario y un Contraseña asignado para iniciar una sesión. El administrador del programa es el único que puede agregar o eliminar usuarios, ya que tiene acceso al código fuente del mismo. Es necesario también introducir el *IP* de la *BSC* con la que se desea trabajar.

Para poder establecer la comunicación con los equipos, es necesaria la validación del Usuario y la contraseña; esta se lleva a cabo al seleccionar el *IP* de la *BSC* a trabajar y presionar el botón **Conectar**.

En la figura sesentainueve (69) se muestra la ventana de inicio de sesión:



Figura 69. Ventana de Inicio de Sesión.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez validado el nombre de usuario y contraseña de Inicio de Sesión se despliega la ventana de trabajo, que permite al usuario elegir qué función desea realizar dentro de la BSC, como se muestra en la figura setenta (70).



Figura 70. Ventana de Funciones de la BSC.

Fuente: Elaboración Propia.

Dependiendo de la opción que se seleccione se habilitarán o no el menú desplegable con el número de la *BTS* o del número de *BSC*. Por ejemplo si se selecciona la opción **Ver estado de la Estación** se habilita el menú desplegable con el número de *BCF*, ya que el comando utilizado para realizar esta función utiliza requiere que le suministren un este número.

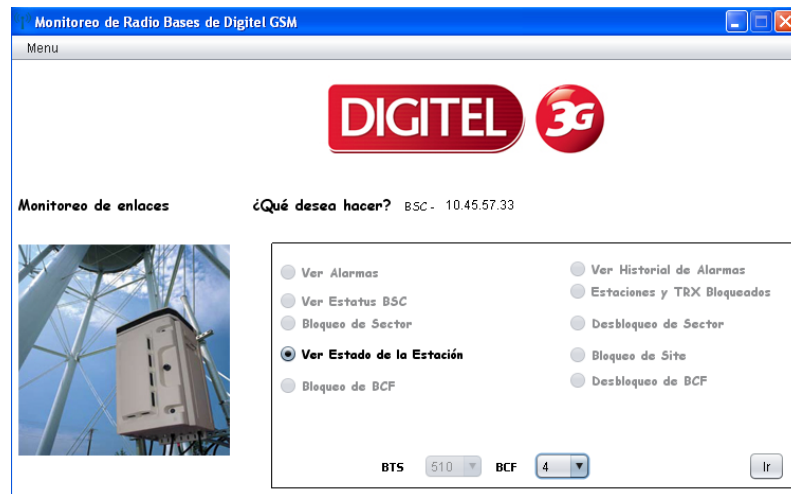


Figura 71. Selección de opción: *Ver Estado de la Estación*.

Fuente: Elaboración Propia.

El botón **Ir** sólo funcionara cuando se haya seleccionado una de las opciones de la ventana. Una vez que se selecciona la opción y se presiona el botón de **Ir**, se presenta una nueva ventana en donde es necesario presionar el botón de **Ver Descripción** para visualizar los resultados de la selección. En la siguiente figura se muestra una prueba realizada seleccionando la opción de **Ver Alarmas BCF**:



Figura 72. Resultado – Ver Alarmas.

Fuente: Elaboración Propia

Este procedimiento puede ser realizado con cualquiera de las opciones del módulo de Disponibilidad.

2.4 Bloqueo – Desbloqueo

Para acceder a esta opción es necesario hacer *clic* en Bloqueo - Desbloqueo y presionar el botón de **Ir**.



Figura 73. Selección Módulo Bloqueo-Desbloqueo.

Fuente: Elaboración Propia.

Para poder establecer la comunicación con los equipos, es necesaria la validación del Usuario y la contraseña; esta se lleva a cabo al seleccionar el IP de la BSC a trabajar y presionar el botón **Conectar**.



Figura 74. Ventana de Inicio de Sesión en el Módulo de Bloqueo - Desbloqueo.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez validado el nombre de usuario y contraseña de Inicio de Sesión se despliega la ventana de trabajo, que permite al usuario elegir qué función desea realizar dentro de la BSC, como se muestra en la figura setentaicinco (75).



Figura 75. Ventana Principal módulo Bloqueo – Desbloqueo.

Fuente: Elaboración Propia.

Se elije el *TRX* que se quiere bloquear o desbloquear y la *BTS* que lo contiene y se presiona el botón de **Ejecutar**. Aparecerá una ventana como la siguiente indicando que su selección fue procesada:



Figura 76. Ejemplo de desbloqueo de un *TRX*..

Fuente: Elaboración Propia.

En este caso se seleccionó la opción de desbloqueo de un *TRX* por lo cual aparece el mensaje de que fue exitosamente desbloqueado, se presiona la opción de aceptar y la función habrá sido completamente realizada.