aas 5810

TESIS
ITC2013
B66

UCAB
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES

RESUMEN DE LAS INNOVACIONES REALIZADAS EN LAS AREAS DE PROGRAMACION, COMUNICACIONES Y TELEMATICA EN LA ESCUELA DE INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES DE LA UCAB

Presentado por:
Ing. José Javier Barrios

Caracas, Septiembre 2013

DEDICATORIA

A mi madre que se que desde el cielo me sigue cuidando y apoyando en mi crecimiento profesional y académico.

Gracias por todo mama.

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Trina de Pérez por su apoyo para la realización de este trabajo.

A todos los autores de los proyectos presentados en este trabajo.

A la NCSU (North Carolina State University) por permitirme realizar el curso de desarrollo de aplicaciones bajo el sistema operativo android.

RESUMEN

La carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones tiene 11 años desde su creación en la Universidad Católica Andrés Bello. Al igual que otras carreras de la Facultad de Ingeniería de la UCAB, su Plan de Estudios comprende diez semestres de formación Básica y Profesional.

El propósito de este Trabajo de Ascenso es describir, de forma resumida, una serie de proyectos, trabajos especiales de grado (TEG) y pasantías relacionadas con las áreas de programación, comunicaciones y telemática realizados los últimos 4 años y presentar el diseño de la materia electiva "programación bajo sistema operativo Android", la cual se dicta en la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la UCAB, desde Octubre 2011. Cabe destacar que la UCAB fue la primera universidad en dictar una electiva sobre programación bajo sistema operativo Android en una carrera de Ing. de Telecomunicaciones.

Palabras claves: Codificación de Canal, B.E.R., LabView™, computación ubicua, Control, modelo OSI, GPS, Sistema de Información, Sistemas Operativos, Interfaz Gráfica, microondas, instrumentos de medición, dispositivos electromecánicos, automatización, UMTS, Android, Eclipse, AVD emuladores, telnet, geo-localización, GSM, Network, SMS, sensores, proximidad, acelerómetros, sensores de luz, Java, DDMS.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I 5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
1.2. OBJETIVOS 6
1.2.1. Objetivo General 6
1.2.2. Objetivos Específicos 6
1.3. MARCO TEORICO 7
1.3.1. Banda ISM 7
1.3.2. Ruido 7
1.3.3. Teorema de Nyquist 8
1.3.4. Constelación 9
1.3.5. Codificación de Canal 9
1.3.6. Código Hamming 9
1.3.7. Códigos Golay 12
1.3.8. Modulaciones digitales 13
1.3.9. LabVIEW 14
1.4. METODOLOGÍA 15
1.4.1. Investigación y Revisión Bibliográfica 15
1.4.2. Estudio del problema 15
1.4.3. Solución al problema 16
1.4.4. Simulación 16
1.5. DESARROLLO DEL PROYECTO 17
1.6. RESULTADOS 21
1.7. CONCLUSIONES 27
CAPITULO II 31
2.1. ANTECEDENTES 31
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 32
2.3. OBJETIVOS 33
2.3.1. Objetivo General 33
2.3.2. Objetivos Específicos 34
2.4. MARCO TEORICO 34
2.4.1. Inteligencia Ambiental 34
2.4.2. Diseño de un Ambiente Inteligente 35
2.4.3. Interfaces Humanas 36
2.4.4. Etiquetas Inteligentes 36
2.4.5. Tecnologías de Transmisión y Posicionamiento 37
2.4.6. Comparación de Tecnologías de Posicionamiento 38
2.4.7. Métodos de Posicionamiento 38
2.4.8. Triangulación 39
2.4.9. Huellas de Radiofrecuencia 39
2.4.10. Proximidad 40
2.5. METODOLOGÍA 40
2.5.1. Levantamiento de información 40
2.5.2. Análisis de requerimientos de diseño 41
2.5.3. Diseño, construcción, configuración y pruebas del ambiente inteligente 41
2.6. DESARROLLO 42

2.6.1. Levantamiento de información 42
2.6.2. Análisis de requerimientos de diseño 43
2.6.3. Diseño, construcción, configuración y pruebas del ambiente inteligente 44
2.7. RESULTADOS 45
2.7.1. Diseño, construcción, configuración y pruebas del ambiente inteligente 46
2.7.2. Diseño de las Etiquetas Digitales Inteligentes 47
2.7.3. Software de Interfaz Humana 49
2.7.4. Pruebas del Ambiente Inteligente 50
2.8. CONCLUSIONES 53
CAPITULO III 55
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 55
3.2. OBJETIVOS 56
3.2.1. Objetivo General 56
3.2.2. Objetivos Específicos 56
3.3. MARCO TEORICO 57
3.3.1. Capa Física (Nivel Físico) 57
3.3.2. Capa MAC (Nivel de Enlace) 58
3.3.3. Espaciamiento Intertrama 61
3.3.4. Formato de Tramas 61
3.4. METODOLOGÍA 64
3.4.1. Proceso de Investigación y Documentación. 64
3.4.2. Delimitación del estándar. 65
3.4.3. Estudio la Plataforma PXI de National Instruments (Hardware). 65
3.4.4. Estudio la Plataforma PXI de National Instruments (Software). 66
3.4.5. Desarrollo de las rutinas de la capa física del estándar 802.11. 66
3.4.6. Desarrollo de las rutinas de la capa MAC del estándar 802.11. 67
3.5. RESULTADOS 67
3.5.1. En los casos de los protocolos CSMA/CA 67
3.5.2. Para el caso de MACAW: RTS/CTS con NAV 69
3.5.3. Descripción de las Colisiones 71
3.5.4. Formato de Tramas 71
3.6. CONCLUSIONES 73
CAPITULO IV 76
4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 76
4.2. OBJETIVOS 77
4.2.1. Objetivo General 77
4.2.2. Objetivos Específicos 77
4.3. MARCO TEORICO 77
4.3.1. Sistema de Información 77
4.3.2. Modelo en Cascada 78
4.3.3. Sistema de Posicionamiento Global (GPS): 78
4.3.4. Latitud y Longitud 78
4.3.5. Android 79
4.3.6. Base De Datos 79
4.3.7. Protocolo de Interconexión 80
4.3.8. LabVIEW 80
4.4. METODOLOGÍA 80
4.5. DESARROLLO 81
4.5.1. Fase I: Documentación 81

4.5.2. Fase II: Desarrollo de la Aplicación GPS en el Sistema Operativo Android. 82
4.5.3. Fase III: Elaboración de la Base de Datos. 83
4.5.4. Fase IV: Estudio e Implementación de Carga de Mapas en LabVIEW 84
4.5.5. Fase V: Evaluación y Selección del Protocolo que Permite el Envío de Datos Desde el Dispositivo Móvil al Computador. 84
4.5.6. Fase VI: Presentación de las Coordenadas de Ubicación de los Empleados en el Mapa Correspondientes en LabVIEW. 86
4.6. RESULTADOS 86
4.6.1. Base de Datos del Sistema Desarrollado. 87
4.6.2. Protocolo de Interconexión Seleccionado para el Envío de Coordenadas desde el Dispositivo Móvil al Computador. 88
4.6.3. Interfaz que Permite Consultar la Base de Datos que Contiene los Registros de los Empleados. 88
4.6.4. Aplicación que Muestra la Ubicación de los Dispositivos Móviles. 89
4.7. CONCLUSIONES 92
CAPITULO V 95
5.1. ANTECEDENTES 95
5.1.1. Movilcom 2003 95
5.1.2. Trabajos de Investigación Relevantes 96
5.1.3. Aplicaciones Existentes 97
5.1.4. 2G, 3G, 4G Network Monitor (I) 97
5.1.5. G-MoN 97
5.1.6. UMTS status 97
5.1.7. Open Signals Maps 98
5.2. PLANTEMAIENTO DEL PROBLEMA 98
5.3. OBJETIVOS 99
5.3.1. Objetivo General 99
5.3.2. Objetivos Específicos 100
5.4. MARCO TEORICO 100
5.4.1. Arquitectura UMTS 100
5.4.2. Equipo de usuario 101
5.4.3. Estación Base (BS, Nodo B) 101
5.4.4. Calidad UMTS 102
5.4.5. Tipos de celdas 103
5.4.6. Interferencia 103
5.4.7. Relación Portadora Interferencia(C/I) 104
5.4.8. Relación energía por bit- densidad espectral de potencia de ruido (Eb/N0) 104
5.4.9. Ganancia de procesamiento (Gp) 105
5.4.10. Modelo de cálculo de C/I en Downlink 106
5.4.11. Modelo de cálculo C/I en Uplink 109
5.4.12. Android. 110
5.5. METODOLOGÍA 111
5.5.1. Fase 1: Investigación documental 111
5.5.2. Fase 2: Identificación y recolección de información de las estaciones base. 111
5.5.3. Fase 3: Cálculo teórico de relación portadora interferencia (UMTS) 112
5.5.4. Fase 4: Simulaciones 112
5.5.5. Fase 5: Diseño y desarrollo de la aplicación 113
5.5.6. Fase 6: Pruebas de la Aplicación 113
5.6. DESARROLLO 113

5.7. RESULTADOS 116
5.8. CONCLUSIONES 118
CAPITULO VI 120
6.1. JUSTIFICACIÓN 120
6.2. MARCO TEORICO 120
6.2.1. Características: 121
6.2.2. Arquitectura de Android 121
6.2.3. Aplicaciones 122
6.2.4. Framework de Aplicaciones 122
6.2.5. Librerías 123
6.2.6. Runtime de Android 123
6.2.7. Dispositivos Android 123
6.2.8. Android SDK 124
6.2.9. Desarrollo Nativo 125
6.2.10. Eclipse 126
6.2.11. Descripción del funcionamiento del entorno de desarrollo eclipse: 127
6.2.11.1. Sección de declaración de proyectos la cual es mostrada en la figura 49. 127
6.2.11.2. Sección de DDMS (Dalvik Debug Monitor Server) será mostrada en la figura 50. 129
6.2.12. Descripción del uso del emulador mediante una sesión telnet con el mismo, la cual es mostrada en la figura 51. 130
6.3. DESARROLLO 131
6.4. RESULTADOS 135
6.4.1. Nombre de la práctica: manejo de la cámara 135
6.4.2. Nombre de la práctica: manejo Actividades 137
7. CONCLUSIONES GENERALES 139
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 141
ANEXOS 150
La evolución de las herramientas de enseñanza de las Telecomunicaciones desde el punto de vista académico. 150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de cálculos teóricos con resultados prácticos. 26
Tabla 2: Comparativa de Tecnologías de Transmisión y Posicionamiento. 46
Tabla 3: Diseños Existentes Estudiados. 46
Tabla 4: Cuadro Resumen de Protocolos de Capa de Red. 85
Tabla 5: Cuadro Resumen de Protocolos de Capa de transporte. 85
Tabla 6: Servicios Ofrecidos por UMTS. 102
Tabla 7: Valores comunes ganancia de procesamiento. 106
Tabla 8: Resultados Los Palos Grandes II. 117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Probabilidad de error por bit versus probabilidad de error del canal por símbolo. 11
Figura 2: Mapa mental explicativo de la estructura y pasos a desarrollar del proyecto. 17
Figura 3: Diagrama de bloque correspondiente al Transmisor y el Receptor inicial. 20
Figura 4: Panel frontal del Transmisor Modulación MSK, sin codificación. 22
Figura 5: Panel frontal del Receptor de Modulación MSK, sin codificación. 23
Figura 6: Panel frontal del Transmisor de Modulación MSK, con codificación. 24
Figura 7: Panel frontal del Receptor de Modulación MSK, con codificación. 25
Figura 8: Comparación de Tecnologías de Posicionamiento. 38
Figura 9: Esquema por Capas del Diseño basado en Arduino Duemilanove. 47
Figura 10: Esquema modular del Diseño basado en Arduino Duemilanove. 47
Figura 11: Módulo Bluegiga WT32 Bluetooth 2.0 con Adaptador. 48
Figura 12: Micro-controlador Arduino Duemilanove. 48
Figura 13: Arduino ProtoShield. 48
Figura 14: Batería Ión Litio (Li-Ion). 48
Figura 15: Etiqueta Digital Inteligente Ensamblada. 48
Figura 16: Pantallas de presentación y petición de autorización de conexión. 49
Figura 17: Pantallas antes y después de recibir información. 50
Figura 18: Detección Exitosa sin Transmisión (Fuera de Rango). 51
Figura 19: Detección nula. 51
Figura 20: Detección Exitosa con Transmisión Exitosa (Dentro de Rango). 52
Figura 21: Detección Exitosa sin Transmisión (Rechazada por Usuario). 52
Figura 22: Detección Exitosa sin Transmisión (Tiempo de Espera Agotado). 53
Figura 23: Operación Atómica. 60
Figura 24: Uso del Nav. 60
Figura 25: Espaciamiento intertramas. 61
Figura 26: Formato de la trama MAC. 62
Figura 27: Formato de la trama MAC. 62
Figura 28: Formato de la trama MAC. 63
Figura 29: Formato de la trama MAC. 64
Figura 30: Transmisión de Datos de la Estación 1 a la Estación 2 en CSMA/CA. 68
Figura 31: Algoritmo de Backoff. 69
Figura 32: Interfaz de usuario: CSMA/CA con RTS/CTS. 69
Figura 33: Trama CTS y Establecimiento del NAV-CTS. 70
Figura 34: Colisión entre Estación 1 y Estación 2. 71
Figura 35: Campos del Formato General de la Trama. 72
Figura 36: Formato de Tramas de Control. 73

Figura 37: Modelo en Cascada. 81
Figura 38: Base de Datos del Sistema 87
Figura 39: Interfaz de Consulta de la Base de Datos. 88
Figura 40: Interfaz de carga y desplegué de mapas 89
Figura 41: Controles e indicadores de aplicación PC-PC y su panel de control en el servidor. 90
Figura 42: Pantallas de validaciones de la aplicación. 92
Figura 43: Comunicación entre celdas 107
Figua 44: Introducción a la aplicación. 115
Figura 45: Interfaz para los nodos B. 116
Figura 46: Arquitectura del Sistema Operativo Android. 122
Figura 47: Dispositivos con sistemas operativo Android. 124
Figura 48: Entorno de desarrollo eclipse. 127
Figura 49: Sección de declaración de proyectos en eclipse. 127
Figura 50: Pantalla DDMS de eclipse. 129
Figura 51: Conexión telnet con el AVD de Android 130
Figura 52: Emulación de geo-localización utilizando el comando geo fix. 130
Figura 53: Interfaz para tomar eventos de la cámara. 136
Figura 54: Código en Java para tomar eventos de la cámara. 136
Figura 55: Código en Java para tomar eventos de la cámara y aplicación ejecutándose en el móvil. 137
Figura 56: Código en Java para el manejo de actividades y aplicación ejecutándose en el móvil. 138
Figura 57: Código en Java para el manejo de actividades y aplicación ejecutándose en el móvil. 138

INDICE DE FIGURAS EN ANEXOS

Figura 1: Arquitectura Básica del PXI 150
Figura 2 : Módulo NI PXI 5142 151
Figura 3: Equipo PXIe-1065 de NI 152
Figura 4: Tarjeta PXI 6115 de NI 153
Figura 5: Bloque TB-2708 para la tarjeta PXI-6115 de NI. 154
Figura 6: Tarjeta PXI-6225 de NI 155
Figura 7: Bloque BNC-2120 para la tarjeta PXI-6225 de NI 155
Figura 8: Tarjeta PXI-6363 de NI 156

INTRODUCCIÓN

Para dejar testimonio por escrito de cada una de las actividades en la que se involucra un profesor que hace vida académica hace falta documentar dichas actividades. Muchas veces puede pasar que, por el desconocimiento del impacto que pueda tener dicha actividad, no se le de la importancia que en realidad merece y por otra parte, porque a veces colocamos nuestra atención en una o pocas actividades, que no permiten explorar habilidades en otros campos y en la que probablemente se puedan dar aportes importantes.

Hoy en día las herramientas basadas en tecnologías de Información constituyen un pilar fundamental para el trabajo docente y de investigación. En particular el trabajo docente consiste, no solo en impartir conocimientos en áreas especificas a los futuros profesionales universitarios, también es primordial proponer y guiar trabajos especiales de grado que apoyen las investigaciones realizadas por el docente, así como proponer, preparar y dictar nuevas asignaturas electivas acordes con el avance de las tecnologías de comunicación e información, gracias a la iniciación de estudios superiores (maestrías y doctorados) por parte del mencionado docente.

Por otro lado dentro de la actividad docente-administrativa desempeñada por el autor de este trabajo en los últimos cuatro años se encuentra:

- La coordinación de los laboratorios de la Escuela de Ing. De Telecomunicaciones.
- Se han dictados las cátedras de: comunicaciones I, comunicaciones II, Laboratorio de comunicaciones y recientemente una electiva relacionada con la programación de aplicaciones bajo sistema operativo Android.

- La iniciación de estudios doctorales (doctorado en Telecomunicaciones).

Todas estas actividades han contribuido a proponer proyectos factibles que apoyen la docencia y la investigación, además de desarrollos que facilitan y promueven las actividades de laboratorio dentro de la UCAB. Asimismo la iniciación de estudios doctorales ha contribuido con la actualización del docente de manera de proponer y concretar la creación de una electiva (que se imparte por primera vez en Venezuela en una Escuela de Telecomunicaciones) de Android.

El presente libro constituye una recopilación de actividades y de trabajos especiales de grado evaluados por pares, realizadas por el autor de este trabajo, José Javier Barrios Alvarado, durante los últimos cuatro años de permanencia como profesor en la categoría de Agregado; el cual se presenta como trabajo de ascenso para ascender a la categoría de Asociado; como parte de los requisitos expresados en el Articulo 1°, Articulo 2°, y Articulo 3° del reglamento sobre trabajos de ascenso en el escalafón de los miembros ordinarios del personal docente y de investigación N°:4.02 con vigencia del mes de julio de 1998.

Para la elaboración de este trabajo se tomo una muestra de los trabajos realizados:

- DESARROLLO DE UN BANCO DE PRUEBA PARA LA TRANSMISION DE DATOS EN LA BANDA ISM UTILIZANDO CODIFICACIÓN DE CANAL PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL SISTEMA.

- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INTERFACES HUMANAS Y ETIQUETAS DIGITALES INTELIGENTES PARA LA CREACIÓN DE AMBIENTES INTELIGENTES EN MUSEOS.
- DESARROLLO DE UN BANCO DE PRUEBA QUE PERMITA DESCRIBIR, LOS PROTOCOLOS DE ACCESO AL MEDIO DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11.
- DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE LAS POSICIONES OCUPADAS POR EL PERSONAL DE LA UCAB.
- DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA LA MEDICIÓN DE LA RELACIÓN PORTADORA INTERFERENCIA PRODUCIDA EN LAS ESTACIONES BASES DE TELEFONÍA CELULAR BAJO LA TECNOLOGÍA UMTS EN LOS SECTORES LOS PALOS GRANDES Y ALTAMIRA.
- DESARROLLO Y PUESTA EN MARCHA DE LA ELECTIVA DE PROGRAMACION BAJO SISTEMA OPERATIVO ANDROID.

Los proyectos mencionados anteriormente proponen o sugieren soluciones prácticas a un determinado problema. Por lo cual se pueden enmarcar dentro de los proyectos factibles ya que se fundamentan en trabajos de campo, documentales o la combinación de ambos. Los mismos fueron realizado como parte de la labor docente y de investigación por parte del autor de este trabajo y su selección fue dada en función de sus resultados (en muchos casos han obtenido la mención publicación), y están encuadrados en las siguientes áreas dentro de las telecomunicaciones: comunicaciones y telemática (trabajos que han sido desarrollados en TEGs, pasantías) y la materia electiva especifica a la que se quiere hacer alusión es programación bajo sistema

operativo Android. Con lo cual este trabajo recoge los logros más importantes de las actividades realizadas en los últimos cuatro años, ellas son: La Investigación, La Docencia y La Extensión.

Existen muchos otros proyectos en el área docente y de investigación que fueron descartados porque harían muy extenso el desarrollo de este trabajo, es por ello que se seleccionó una muestra de los mejores trabajos hasta ahora realizados.

El esquema de este trabajo de ascenso está compuesto por cinco capítulos que estarán representados por la descripción de cada uno de los proyectos seleccionados y un sexto capítulo que estará representado por el desarrollo y la puesta en marcha de una nueva electiva llamada programación de aplicaciones móviles con sistema operativo Android. Para los capítulos relacionados con los proyectos se presentaran antecedentes (en caso de existir), planteamiento del problema, justificación e importancia del proyecto, objetivos, marco teórico, metodología, desarrollo del proyecto, resultados obtenidos con sus análisis y las conclusiones de cada proyecto.

Por último se presentan las referencias bibliográficas consultadas y los anexos.

CAPITULO I
DESARROLLO DE UN BANCO DE PRUEBA PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA BANDA ISM UTILIZANDO CODIFICACIÓN DE CANAL PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL SISTEMA.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ingeniero en Telecomunicaciones debe ser, como cualquier otro ingeniero, un profesional integral y completo con conocimientos amplios en su área, capaz de resolver problemas que se le presenten a diario, y para ello es necesario que exista un equilibrio en el manejo de las herramientas que emplee el mismo, tanto teóricas como prácticas.

En la mayoría de las ocasiones la formación práctica afecta a los ingenieros, puesto que, la enseñanza en las universidades se fundamenta básicamente en enseñanza teórica (en muchos casos por no contar con laboratorios dotados con equipos), y al momento de enfrentar el entorno laboral, netamente competitivo y muchas veces práctico, éste debe buscar la manera de sobresalir con los conocimientos adquiridos en sus estudios de pre-grado.

En el caso de la Universidad Católica Andrés Bello, el eje práctico de la carrera, se desarrolla en su mayoría en los laboratorios. Sin embargo, para el caso específico de la asignatura de Comunicaciones II, no se cuenta con una herramienta que pueda ser usada para describir los fenómenos presentados en los temas que abarca esta materia, tomando en cuenta la complejidad teórica y matemática de estos temas fue necesario desarrollar un banco de prueba para la transmisión de datos en la banda ISM utilizando codificación de canal para la mejora de la calidad en la preparación del recurso humano. Pero ¿Cómo el estudiante puede obtener una herramienta más ilustrativa de lo aprendido en las horas de teoría? Esto se tuvo que plasmar, a través del desarrollo de un banco

de pruebas utilizando el software LabView™, el cual proporcionaba una solución sencilla y demostrativa de cómo influye el uso de distintas modulaciones, codificaciones de canal, niveles de potencia, entre otros, para la mejora del sistema de transmisión de señales como imágenes, voz y datos.

Para ello se Elaboro en el Bundle de RF, PXI-1042Q, de la Universidad Católica Andrés Bello, rutinas que permitieran transmitir por un puerto la información antes mencionada, y por otro puerto la recepción de la misma, en la banda ISM, pudiendo apreciar los fenómenos reales generados en la transmisión y modificar diferentes parámetros para su posterior evaluación incrementando el nivel de conocimiento de los estudiantes desde un punto de vista más práctico.

Los Parámetros que fueron tomados en cuenta son: niveles de potencia de señal y ruido, modulaciones y diferentes métodos de codificación de canal, y comparar los datos enviados con los recibidos, para así determinar mejoras o deterioros en la transferencia de la información.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un banco de pruebas para la transmisión y recepción de datos en la banda ISM utilizando métodos para el mejoramiento y comprobación de calidad de un sistema.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Investigar la teoría y práctica de la transmisión y recepción de datos usando codificación de canal.
- Desarrollar las rutinas que permitirán demostrar la implementación de los distintos mecanismos para la mejora de la calidad de los datos enviados.

- Simular diferentes situaciones con las rutinas diseñadas en un ambiente controlado.
- Comparar los resultados de las simulaciones entre las diferentes codificaciones, modulaciones, cantidades de potencia y niveles de ruido en el canal.

1.3. MARCO TEORICO

1.3.1. Banda ISM

La banda ISM (Industrial, Scientific and medical) fue establecida por la ITU-R, con el propósito de emplearse de forma libre por el usuario para su uso no comercial, tomando el nombre de frecuencias sin regulación. Estas bandas de frecuencias necesitan ciertos mecanismos frente a interferencias y ruidos presentes en el medio ambiente que deterioran la transmisión de la información, algunos ejemplos son: codificación de canal, incremento de potencia, uso de distintas modulaciones, entre otras.

En el caso del proyecto que será desarrollado a continuación será establecida la portadora en la frecuencia de 40.68 MHz, siendo esta la onda que se encarga de fijar la frecuencia donde se trabajará la señal moduladora, realizando variaciones a los diferentes procesos que se han visto en el curso de comunicaciones digitales.

1.3.2. Ruido

El ruido en sistemas de comunicaciones se le atribuye a una señal que no posee ningún tipo de información. Un caso particular de ruido para las

telecomunicaciones es el ruido Blanco, el cual se caracteriza por estar en todas las frecuencias y por el hecho de que sus valores de señal en diferentes tiempos no guardan correlación estadística alguna. Es por esto que la Densidad Espectral de Potencia (DEP) es una constante y su gráfica es representada por una línea plana. (Tomasi, 2003, p. 36).

Por otra parte, existe un cociente de gran importancia que expresa la relación de la potencia de la señal con la potencia del ruido (1), conocida como relación señal a ruido. (Tomasi, 2003, p. 43).

$$\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n} \quad (1)$$

P_s: Potencia de la Señal
P_n: Potencia del Ruido

1.3.3. Teorema de Nyquist

(Martínez, 2007) "Desarrollado por H. Nyquist, quien afirmaba que una señal analógica puede ser reconstruida, sin error, de muestras tomadas en iguales intervalos de tiempo. La razón de muestreo debe ser igual, o mayor, al doble de su ancho de banda de la señal analógica.

La teoría del muestreo define que para una señal de ancho de banda limitado, la frecuencia de muestreo, *fm*, debe ser mayor que dos veces su ancho de banda [B] medida en Hertz [Hz] (2).

$$f_m > 2 \cdot B \quad (2)$$

La frecuencia 2.B es llamada la razón de muestreo de Nyquist. La mitad de su valor, es llamada algunas veces la frecuencia de Nyquist."

1.3.4. Constelación

Según (Pérez, 2005) "La constelación consiste en representar la señal modulada en función de una o varias funciones ortonormales (ortogonales de energía unitaria)."

Además la distancia entre los posibles valores de la señal es de gran relevancia, debido a que, mientras los símbolos estén más distanciados, será más difícil que uno se convierta o tome los valores de otro símbolo por efectos del ruido añadido en el sistema.

1.3.5. Codificación de Canal

A la salida del codificador de fuente se encuentra a continuación el codificador de canal, que se encarga de controlar la incidencia de ruido en el canal o errores en el sistema de almacenamiento, ya sea empleando un código de auto-chequeo ARQ (Automatic Repeat Request) devolviendo este al transmisor una solicitud de reenvío de la información al detectar errores, o usar técnicas de autocorrección FECC (Forward Error Correction Coding), que trata corregir o estimar cual fue la información recibida mediante un código de bloque o convolucional.

1.3.6. Código Hamming

Un tipo de código de bloque lineal es el Hamming, donde los datos codificados en Hamming pueden detectar y corregir errores en un bit. Sin embargo, no se distingue entre errores de dos bits. Lo cual significa una mejora en comparación a los códigos con bit de paridad, que pueden detectar errores en sólo un bit, pero no pueden corregirlo. Si se añaden junto al mensaje más bits detectores-correctores de error y si esos bits se pueden ordenar de modo que diferentes

bits de error producen diferentes resultados, entonces los bits erróneos podrían ser identificados.

Los códigos Hamming son la única familia de códigos de bloques perfectos de estructura elaborada. Estos códigos corrigen un único error. La forma más sencilla de generar un código Hamming (n,k) con $n = 2^r - 1$ y $k = 2^r - r - 1$ para $r \geq 3$, es mediante la matriz de comprobación de paridad, ya que ésta contiene como columnas todos los números binarios desde 1 hasta $2^r - 1$ representado en r bits. A la hora de construir la matriz H el orden de las columnas no es importante, pero si se sitúan en el mismo lugar las columnas que generan la matriz identidad de orden y después todas las demás, obtenemos una matriz de comprobación de paridad de un código sistemático. A partir de ésta podemos construir la matriz generadora del código sistemático de manera directa.

Existen diferentes tipos de código Hamming, dado el caso del (7,4) o del (15,11), donde existen 3 y 4 bits redundantes respectivamente. Dado el caso del Hamming(7,4) en un conjunto de siete bits, hay sólo siete posibles errores de bit, ya que se incluye un posible error también en los bits redundantes, por lo que con tres bits de control de error se podría especificar, además de que ocurrió un error, en qué bit fue. (Artes Rodríguez & Pérez González, 2007, p. 605).

Dado el caso del código Hamming este puede corregir cualquier error de un solo bit, pero cuando hay errores en más de un bit, la palabra transmitida se confunde con otra con error en un sólo bit, siendo corregida, pero de forma incorrecta, es decir que la palabra que se corrige es otra distinta a la original, y el mensaje final será incorrecto sin darse cuenta. (Artes Rodríguez & Pérez González, 2007, p. 605).

La probabilidad de error puede ser escrita como:

$$P_B \cong \frac{1}{n}\sum_{j=2}^{n} j \binom{n}{j} p^j (1-p)^{n-j} \quad (3)$$

Dónde P es la probabilidad de error de símbolo del canal (es la probabilidad de transición en un canal binario simétrico). En vez de la ecuación descrita anteriormente (3), se puede usar la siguiente ecuación equivalente:

$$P_B \cong p - p(1-p)^{n-1} \qquad (4)$$

La siguiente imagen (Figura 1), corresponde a una gráfica de Probabilidad de error por bit versus la probabilidad de error del canal por símbolo, ilustrando una comparación del desempeño de diferentes tipos de códigos de bloques. Para los códigos Hamming, las gráficas se muestran para $r = 3, 4\ y\ 5$, o (n, k) = (7,4), (15, 11) y (31, 26). Para un desempeño sobre un canal Gaussiano usando demodulación BPSK coherente, se puede expresar la probabilidad de error del canal (5) por símbolo en términos de/, similar a la ecuación (Sklar, 1988, p. 298):

$$p = Q\left(\sqrt{\frac{2E_c}{N_0}}\right) \quad (5)$$

Dónde Ec/No es la energía de símbolo del código por la densidad espectral del ruido.

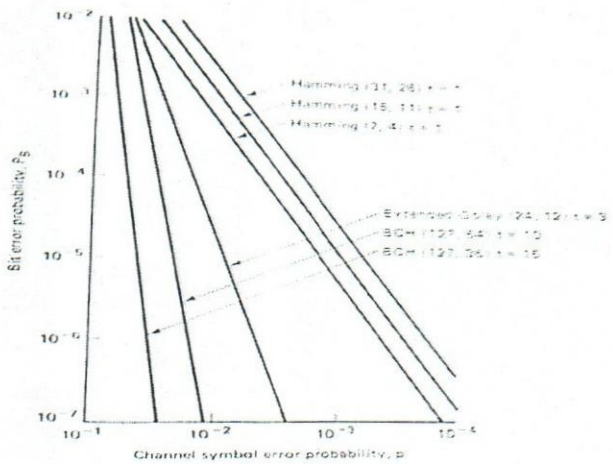


Figura 1: Probabilidad de error por bit versus probabilidad de error del canal por símbolo.

1.3.7. Códigos Golay

Uno de los códigos de bloque más útil es el binario (24,12) llamado Golay extendido, el cual se forma sumando un bit de paridad al código perfecto (23,12) conocido como código Golay. Éste bit de paridad agregado, incrementa la mínima distancia de 7 a 8 y produce una tasa de medio código, lo cual es más fácil de implementar que la tasa 12/23 del código original Golay. Los códigos Golay extendidos son considerablemente más poderosos que los códigos Hamming. El precio de un mejor desempeño radica en un decodificador más complejo, una tasa de codificación menos y por lo tanto una expansión mayor del ancho de banda.

Desde $d_{mín} = 8$ para la codificación Golay extendida, se puede observar en la siguiente ecuación $t = \frac{d_{mín}-1}{2}$, que el código está garantizado para corregir todos los errores triples. El decodificador puede adicionalmente ser diseñado para corregir algunos pero no todos los patrones de cuatro errores. Solo el 19% de los patrones de 4 errores pueden ser corregidos, el decodificador, por el bien de la simplicidad, esta usualmente diseñado para solo corregir patrones de 3 errores.
Cabe destacar que la capacidad de corregir y detectar errores de cualquier tipo de código viene determinado por la distancia mínima entre los vectores del código.
La probabilidad de error por bit para Golay extendido (6) puede ser escrita como una función de la probabilidad de error por símbolo del canal, como a continuación:

$$P_B \cong \frac{1}{24}\sum_{j=4}^{24} j\binom{24}{j}p^j(1-p)^{24-j} \quad (6)$$

1.3.8. Modulaciones digitales

Antes de enviar la señal por el canal se debe realizar el proceso de modulación, el cual consiste en variar elementos, tales como: Amplitud, fase y/o frecuencia de la señal portadora. Es menester destacar, que las modulaciones que se desarrollarán a lo largo de este trabajo de investigación serán modulaciones digitales.

El proceso de modulación es realizado, puesto que, ayuda a la propagación de la onda moduladora, debido a la fácil generación de una señal sinusoidal por parte de un circuito electrónico. Asimismo, las modulaciones ordenan el espectro radioeléctrico haciendo una distribución de canales para diferenciación de la información que es transmitida a un medio determinado, optimizando de esta manera el ancho de banda de cada canal. Otras ventajas que proporcionan las modulaciones es que evita la interferencia entre canales y protege a la información del ruido, obteniéndose de esta forma mayor calidad en el servicio prestado.

Una vez conocido que la modulación es la modificación de uno o varios parámetros en particular de la onda portadora, a continuación se expondrán, modulaciones que se encargan de modificar un sólo parámetro a la vez, ASK (Amplitude Shift Keying) modifica la amplitud de la onda sinusoidal en dos valores posibles, de manera que cada amplitud asignada; PAM (Pulse Amplitude Modulation), donde según (Haykin, 2008) dice que: "En la modulación por

amplitud de pulsos (PAM), las amplitudes de pulsos espaciados regularmente se varían en proporción a los valores de muestreo correspondientes de una señal de mensaje continua". FSK (Frequency Shift Keying) la cual varía la frecuencia de la sinusoide portadora, de manera tal que, la asignación de frecuencias conduzca a la ortogonalidad de los pulsos empleados, refiriéndose a ortogonalidad a la propiedad de no poder representar una señal a partir de la otra, para diferenciar un símbolo de otro. Una modulación relativamente parecida a FSK es MSK (Minimum Shift Keying) que busca tener una menor separación entre frecuencias, garantizando la ortogonalidad, logrando de esta forma un menor ancho de banda ocupado.

1.3.9. LabVIEW

LabVIEW es un entorno de programación gráfica usado para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. Ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual. En el caso de éste trabajo se utilizó el software en conjunto con el National Instruments Bundle de RF, para realizar una simulación práctica de Transmisión y Recepción de datos, imágenes y voz; y ver como ésta se ve afectada con el ruido y cómo influyen las diferentes técnicas de mejoramiento tales como, modulación y en especial la codificación de canal. Además, se hará uso del Modulation Toolkit, que es una extensión para el área de las telecomunicaciones de éste poderoso software. (National Instruments, 2011).

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Investigación y Revisión Bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los temas en estudio: teoría de comunicaciones digitales, muestreo, modulación, codificación de línea y canal, transmisión y recepciones de señales; con el motivo de poder realizar de forma coherente y apegada a la teoría el banco de pruebas deseado.

Asimismo, se estudiaron las diversas herramientas que ofrece el software LabView para el desarrollo de las rutinas de comunicaciones digitales. Una importante herramienta utilizada fue el Modulation ToolKit, el cual facilitó la realización de los distintos procesos necesarios para la transmisión y recepción inalámbrica de señales digitales, así como también se empleó las rutinas NI-RFSG y NI-RFSA, las cuales se encargan de la configuración de las tarjetas DAQ para el envío y recepción de las señales de forma real.

1.4.2. Estudio del problema

Se evaluaron las carencias de material práctico ilustrativo que poseía la materia de Comunicaciones II, el cual facilitase tanto a los profesores dictar la materia de una manera más efectiva, como a los alumnos la visualización y comprensión de los diversos procesos que en ella se estudian.

Además, se procedió a identificar las limitaciones del Bundle de RF (PXI-1042Q) a manera de evitar posibles inconvenientes que se pudiesen presentar al momento de simular ciertos procesos reales en el software LabView.

1.4.3. Solución al problema

Se procedió al diseño de las rutinas de manera lógica en el software LabView, para luego ser utilizadas en el Bundle de RF para la transmisión inalámbrica de las señales. Esto con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de las rutinas localmente antes de ser enviadas y recibidas en forma real.

Luego de la comprobación del correcto funcionamiento de las diferentes rutinas que corresponden a los procesos de Comunicaciones II, se diseñaron las rutinas para la correcta configuración de las tarjetas de transmisión y recepción del Bundle de RF, con el fin de lograr el envío y recepción en forma real de las señales generadas en LabView.

Por otra parte, se realizó la elección de las antenas que cumplan con los requerimientos para la transmisión y recepción de la información, es decir, que su banda de trabajo estuviese en el rango de frecuencias a utilizar en el banco de pruebas.

1.4.4. Simulación

Luego de la realización de las rutinas del banco de prueba, se procedió a la realización del montaje de las antenas para llevar a cabo la transmisión de los datos. Esto con el objeto de realizar simulaciones de prueba para comprobar la correcta funcionalidad de las rutinas y evitar posibles errores de envío o de detección que pudieron surgir luego de hacer la unión entre las subrutinas de manera local y las de transmisión de manera real.

Al haber comprobado el comportamiento deseado del sistema, se procedió a la realización de las simulaciones para la comparación de resultados, variando algunos parámetros en la transmisión relacionados con los estudios y análisis teóricos. También se verificaron los cambios a los elementos involucrados en la

transmisión, de manera tal que, sean visibles para el usuario, es decir, que causen mejoras o empeoramiento en la calidad del sistema.

1.5. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para esta parte del proyecto, se explicarán algunas de las rutinas del transmisor y receptor desarrolladas para cumplir con los objetivos planteados.

A continuación se presenta un mapa mental (figura 2) con la finalidad de ilustrar todos los aspectos que se tomaron en cuenta en la elaboración de las diferentes subrutinas.

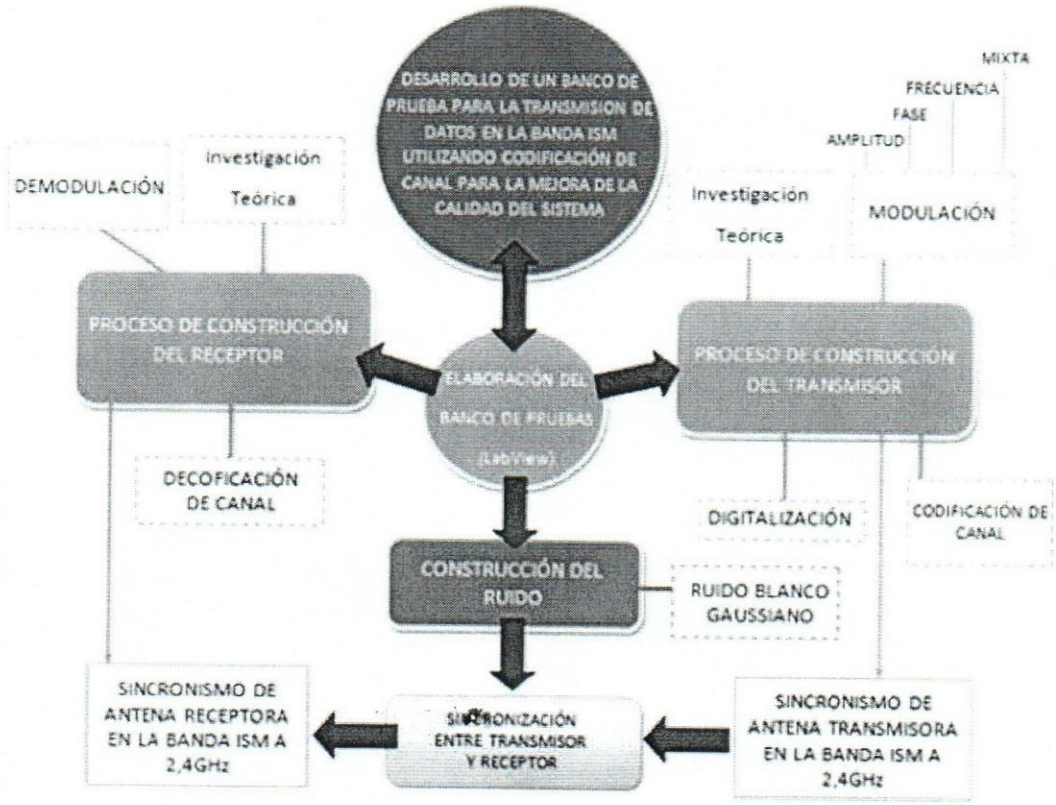


Figura 2: Mapa mental explicativo de la estructura y pasos a desarrollar del proyecto.

La elaboración de las subrutinas mediante el software LabView™ y con la ayuda de la herramienta Modulation Toolkit, el cual es una extensión que posee diferentes procesos de telecomunicaciones dentro de este programa, se basó principalmente en dos ejes, el transmisor y el receptor.

Inicialmente, para probar la funcionalidad y eficiencia de cada sub-rutina al ser construido cada proceso de modulación, codificación de canal, demodulación y decodificación, fueron realizadas en un único Virtual Instrument (VI), a manera de comprobar la interoperabilidad de cada proceso con el siguiente, para luego asociar el transmisor y el receptor a cada una de las tarjetas de Upstream y Downstream del Bundle de RF según fuese el caso. A continuación, se muestra una imagen referencial, figura, del VI principal, donde los sub-VI's remarcados en color verde corresponden al transmisor y los de color rojo al receptor.

Asimismo en la figura 3, también se pueden observar diferentes objetos, que proporcionan gráficos, indicadores, contadores y controladores, los cuales son de gran importancia para darle al usuario más información acerca del enlace realizado, tales como, BER, probabilidad de error, gráficos de constelación de las modulaciones, diagrama de ojo, gráficos de la señal antes y después de ser modulada, gráfico de PE vs Eb/No.

Al comprobar el correcto funcionamiento de la transmisión y recepción virtual con la teoría se procedió a realizar la separación del VI en dos partes, es decir, que se dividió el VI en uno para el transmisor y otro para el Receptor, para luego asociar cada uno de estos con la tarjeta que correspondiese en el Bundle de RF de National Instruments propiedad de la Universidad Católica Andrés Bello.

Es necesario recalcar, que para este proyecto se tienen una cantidad considerables de rutinas por lo cual para efecto de no hacer tan extenso este

trabajo de ascenso solo se mostrara la rutina principal del transmisor y receptor lógico. Recordando que el esquema explicativo de la estructura y pasos a desarrollados en el proyecto fue presentado en forma de un mapa mental en la figura 2.

De existir algún interés especial por parte de los lectores en visualizar el resto de las rutinas que conformaron este proyecto, el autor de este trabajo se compromete a hacerlas llegar de forma digital.

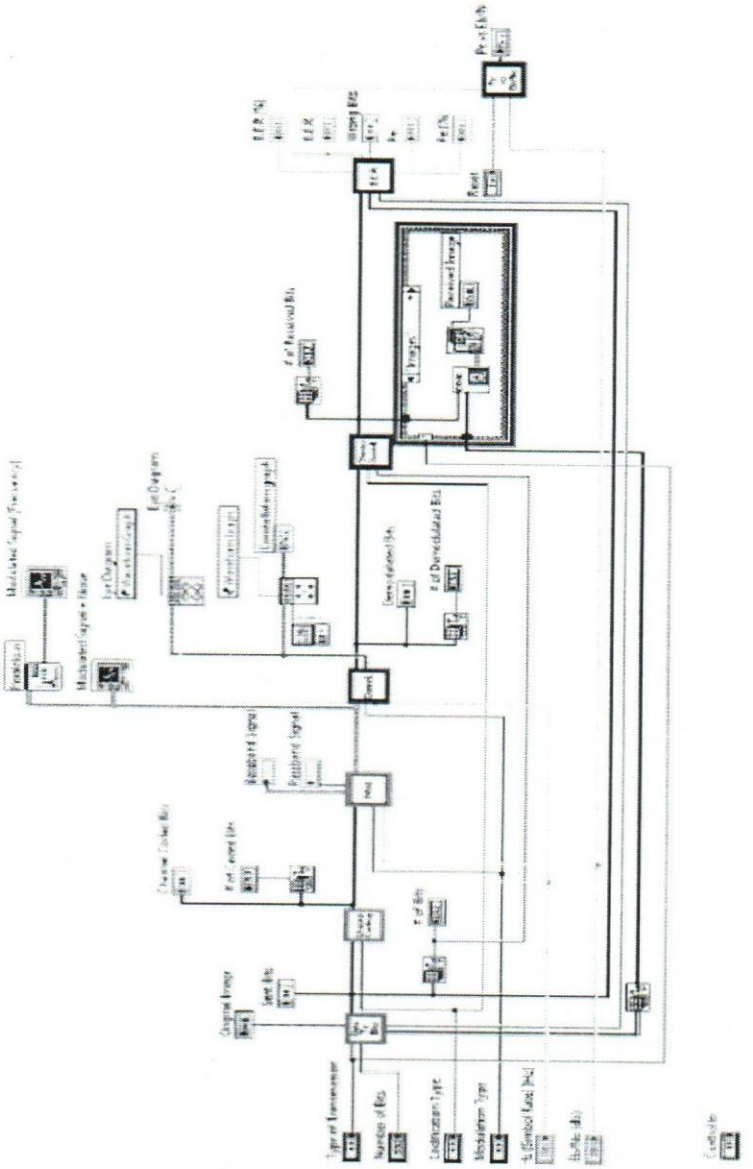


Figura 3: Diagrama de bloque correspondiente al Transmisor y el Receptor inicial.

1.6. RESULTADOS

Para efectos prácticos todas las pruebas realizadas fueron hechas en la banda de 100MHz y no a 40.68 MHz ya que esta ultima presentaba una distorsión armónica total muy elevada.

En principio se realizaron pruebas con bits aleatorios, para el cual se presentará un caso particular del banco de prueba utilizando modulación MSK con codificación de canal Hamming (15,11) y sin esta, donde se podrá observar su tasa de error, la señal modulada en frecuencia, la señal modulada en tiempo y los bits demodulados.

Cabe destacar que los resultados teóricos simulados, utilizando este tipo de modulación binaria y bajo las mismas condiciones produjeron un B.E.R. de 0% tanto para la información codificada como sin codificación, a través de los siguientes cálculos:

BW=1000Hz
Potencia=8 dbm que equivale a 6,3e-3 W

Ep=S.tb= 7,875e-6
N=DEP *Bw= 1,11e-8

Tasa de simbolo=800Hz
DEP de ruido=-80dBm/Hz
que equivale a 1,e-11 W/Hz

$$Pe = Q\left(\sqrt{\frac{2E}{n}}\right)=Q(39.67)=0.99999 \approx 100\%$$

bits sin error

La siguiente imagen (figura 4) se corresponde a los datos de transmitidos sin utilizar codificación de canal, en ella se pueden observar el número de bits a transmitir y los diferentes parámetros empleados, tales como, IQ Rate = 512k, tipo de modulación, tipo de codificación de canal, Fs (Symbol Rate = 800 Hz), potencia de transmisión o ***Power Level*** (8 dbm), número de muestras por símbolos (*Samples per Symbol* = 192), la frecuencia de la portadora teórica

(Carrier frequency = 2000Hz), la frecuencia de la portadora física (***Physical Carrier Frequency*** = 100MHz), el preámbulo (***Preamble Array***), entre otros. Estos fueron configurados con el fin de obtener una lectura acertada de la información en el receptor.

Es importante explicar la existencia de dos frecuencias de portadora, puesto que, una es para demostrar la forma de la señal modulada en frecuencia, a manera de poseer esta información general sin necesidad de equipos adicionales como analizadores de espectro o medidores de frecuencia. Luego al pasar la señal por un proceso de upconvert (conversión hacia arriba), la frecuencia central de la portadora es transformada por la tarjeta de transmisión a una real ubicada en 100MHz.

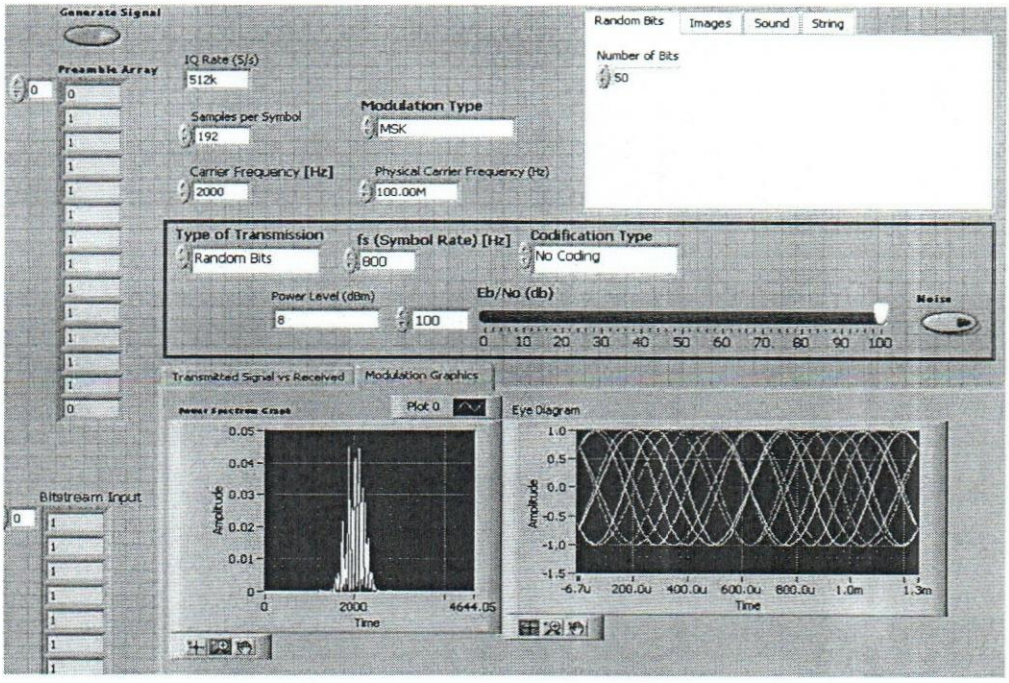


Figura 4: Panel frontal del Transmisor Modulación MSK, sin codificación.

En el caso de la recepción se puede apreciar (figura 5), se obtuvo un B.E.R de 10%, es decir que de los 50 bits que fueron enviados 5 fueron erróneos. Con respecto a las gráficas de constelación (***Constellation graph***), señal modulada en frecuencia (***Modulated Signal Frequency***) y señal modulada con ruido (***Modulated Signal + Noise***) concuerdan con la teoría. Cabe destacar que la distorsión existente alrededor de los puntos en la constelación, es causada por el bajo nivel de Eb/No, debido al alto nivel de ruido frente a la baja potencia real que pueden generar las tarjetas del PXI. El ruido se encuentra ubicado aproximadamente en -80 dbm, teniendo un nivel máximo de transmisión de 11dBm teóricos para el generador de señales.

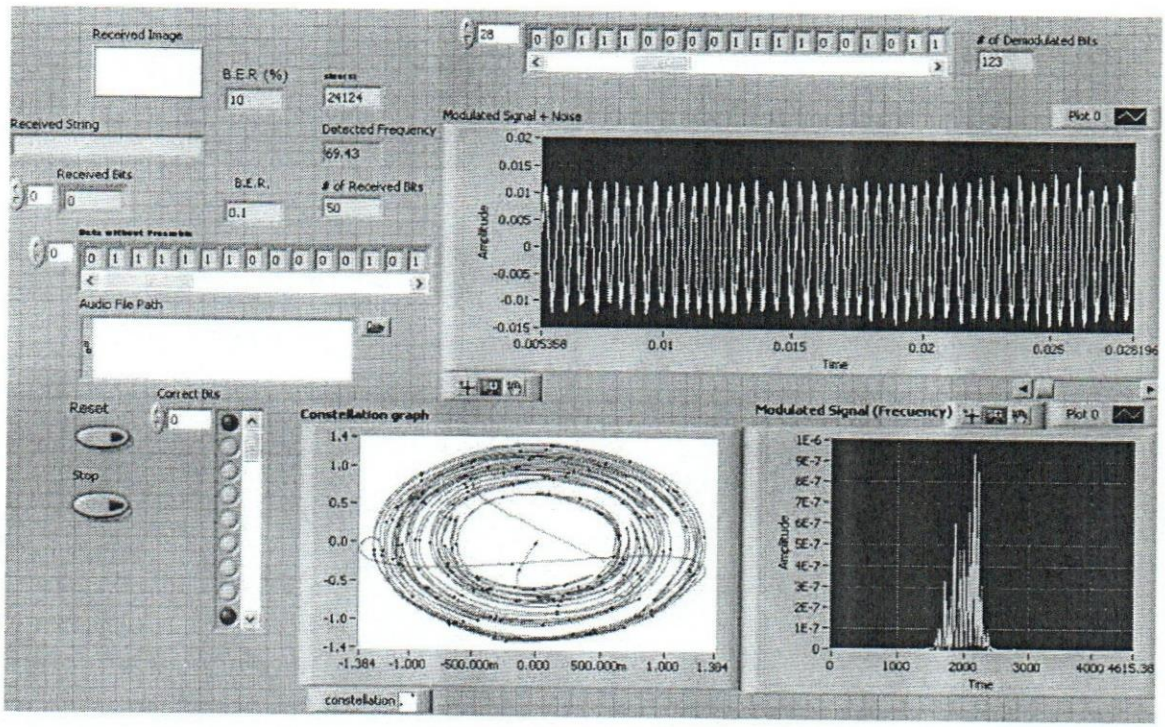


Figura 5: Panel frontal del Receptor de Modulación MSK, sin codificación.

En el caso de la transmisión de los bits aleatorios ahora con codificación Hamming (15,11) (figura 6), se modificaron los valores de IQ Rate a 4MS/s, Fs a

1000Hz y Muestras por Símbolo (***Samples per Symbol***) a 192, con el objetivo de que el receptor pueda detectar con la mayor precisión posible, ya que, al agregar codificación de canal se envían un mayor número de bits.

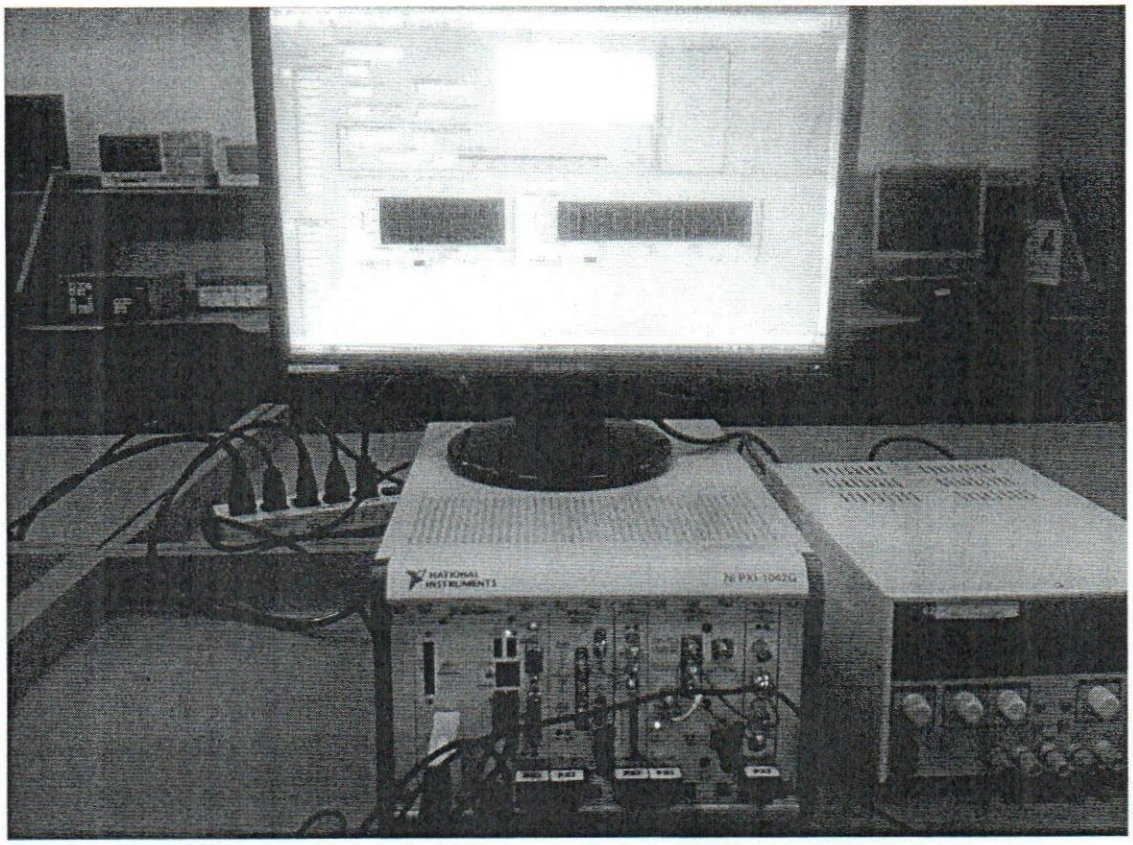


Figura 6: Panel frontal del Transmisor de Modulación MSK, con codificación.

En la recepción (figura 7), se puede observar que se obtuvo un B.E.R del 4%, lo cual significa que un 96% de los bits llegaron correctamente; al comparar esta cifra con la obtenida sin codificación de canal (B.E.R 10%), se puede notar una mejora en la recepción de la señal en un 6%, es decir, que la codificación de canal incrementó la calidad del mensaje en la recepción.

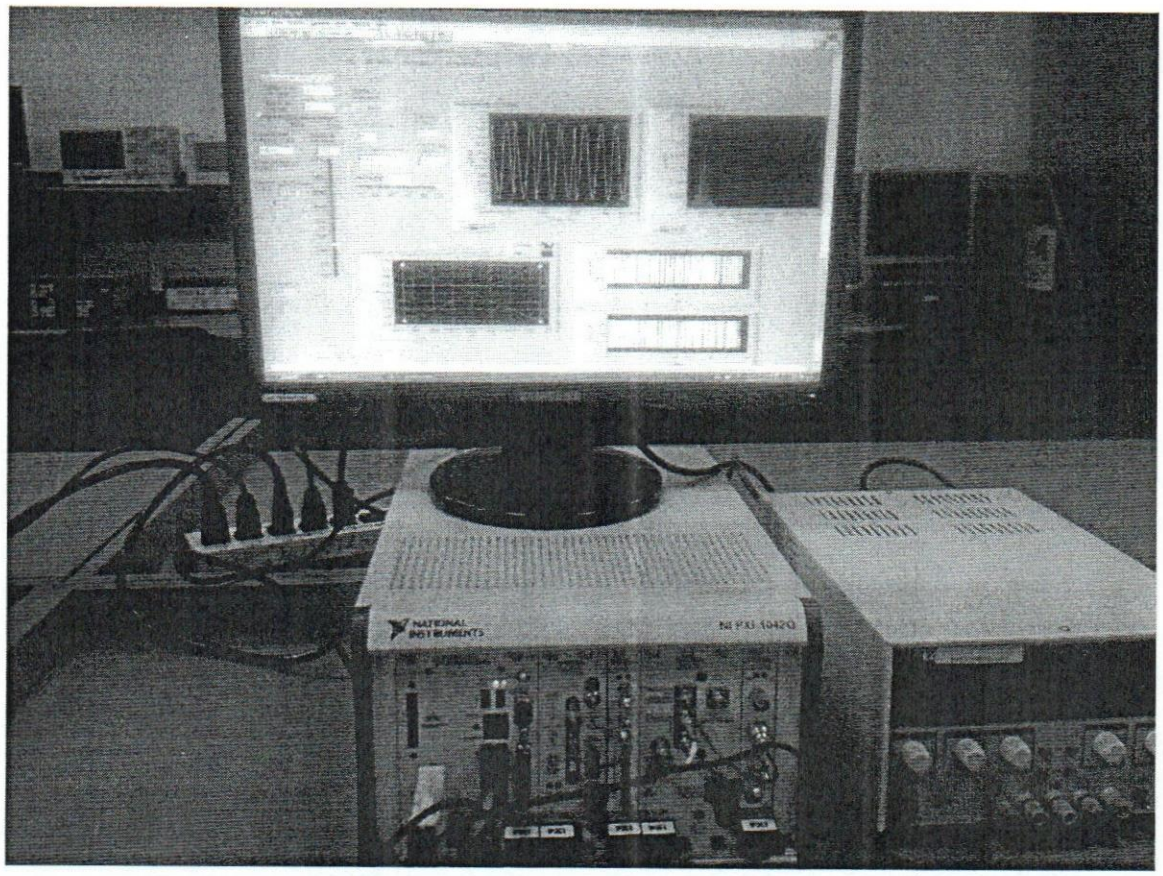


Figura 7: Panel frontal del Receptor de Modulación MSK, con codificación.

A continuación y a manera de resumen se presenta la siguiente tabla comparativa, en la cual, se puede apreciar que tanto para la parte teórica como para los resultados de las simulaciones, siempre hubo mejoría del sistema al utilizar codificación de canal. La codificación con mejor nivel de corrección teórico es el Hamming (7,4), debido a la gran cantidad de bits que añade a la cadena de bits, 3 bits de paridad por cada 4 de información, pudiendo mejorar 14,67% a un sistema de comunicaciones digitales.

	Sin Codificación de Canal (Teórico)	Con Codificación de Canal (Teórico)	Sin Codificación de Canal (Práctico)	Con Codificación de Canal (Práctico)
Bits Aleatorios Hamming (15,11)	100%	**+ 6,59%**	90%	**+10%**
Texto Hamming (7,4)	100%	**+ 14,67%**	96,15%	**+3,85%**
Audio Golay (23,12,3)	100%	**+ 12.97%**	93%	**+7%**
Imágenes Golay (24,12,3)	100%	**+12.45%**	93,15%	**+3,72%**

Tabla 1: Comparación de cálculos teóricos con resultados prácticos.

Es importante destacar que este banco de prueba permitía la transmisión de varios mensajes en diferentes formatos: bits aleatorios, texto, audio e imágenes. El resultado práctico de la codificación Hamming (7,4), Hamming (15,11) y Golay (23,12,3) fue totalmente positivo, ya que se logró corregir por completo la transmisión de los datos. El resultado de Golay (24,12,3) fue bueno, ya que logró mejorar en un 3,72% la transmisión, discrepando con su capacidad de mejora del 12,45% teórica, la cual posiblemente se debió a errores en ráfaga en varias

palabras codificadas sobrepasando los 4 errores por cada 24 bits, lo cual pudo provocar una limitación al tratar de corregirse el 3,13% restante.

Estos resultados demuestran que la mejor codificación de canal presente a nivel teórico es el Hamming (7,4), pero su efectividad proviene de su alto nivel de mejoría de un sistema, aunque posiblemente otras consideraciones se pueden estar obviando como por ejemplo la longitud de la información una vez codificada, donde Hamming (7,4) incrementa en un 57,14% la cadena de datos. Dado el caso de Hamming(15,11) que a pesar de mejorar solamente un 6,59% el sistema de recepción de bits, solamente incrementa en un 26,8% la longitud de la información, siendo este tipo de codificación la que añade menos bits de paridad de todas las utilizadas.

Las codificaciones implementadas para cada caso son todas efectivas, donde cada una presenta ventajas y desventajas sobre las otras, por lo que no se puede concluir sobre cuál es el mejor sistema de codificación de canal, lo cual puede ser objeto de otro estudio bajo otras condiciones de trabajo.

1.7. CONCLUSIONES

Al culminarse la construcción y verificación de envío de información por parte de la tarjeta transmisora (PXI-5610) del PXI-1042Q, se pudo conocer las limitaciones presentes en esa interfaz, teniendo problemas al momento de transmitir grandes cantidades de información a frecuencias superiores a los 100MHz, debido a perturbaciones en la señal ocasionando pérdidas en la información. Otro punto que se pudo conocer de este puerto inalámbrico fue su máxima capacidad de potencia hasta los 8 dBm para todas las modulaciones elaboradas.

Es necesario destacar que es importante para una comunicación digital inalámbrica el uso de un preámbulo, encargado de señalarle al receptor donde comienza la información proveniente del canal mediante una cadena de bits conocida por ambos. Si no es detectado el preámbulo en una comunicación inalámbrica, es imposible que se haga la lectura de los datos enviados, ya que en un ambiente de comunicaciones real la información es variable, por lo que se necesita de una secuencia fija que diferencie la información de lo que pudiera ser ruido en un canal.

La construcción de un preámbulo también fue fundamental para verificar el sincronismo en el proceso de comunicación, ya que una vez detectado el mismo en el receptor, se pudo garantizar que la velocidad de envío y recepción de información de las tarjetas eran las mismas ya que cada uno de los símbolos en la cadena de bits podía ser transmitido y recibido adecuadamente, sin perder alguno en la señal demodulada.

Para el caso de Hamming (7,4) ocurre un aumento en la cadena de bits transmitidos del 57.14%, tomando como ejemplo una cadena de 1000 bits de información, eso se traduce en 750 bits de paridad, aumentando la cadena de datos a 1750 bits. Como Hamming (7,4) es capaz de corregir un bit por palabra codificada de 7 bits, se puede llegar a mejorar una transmisión aproximadamente 14,67%, asumiendo que solamente hubo un único error por cada palabra de manera de corregirlo. Una vez estudiados estos valores se pudo

determinar que este tipo de codificación es efectiva para canales poco ruidosos que no produzcan el cambio de dos o más bits por palabra codificada y que el incremento aproximado del 40% en la longitud de los datos sea irrelevante.

Hamming (15,11) conserva las mismas capacidades de corrección de un bit por palabra codificada, pero la longitud de la palabra codificada varía debido a que solamente se agregan 4 bits de paridad por cada 11 de información, por lo que al llevarse a la situación de la transmisión de 1000 bits, son agregados 364 bits de paridad, obteniéndose un incremento de solamente un 26.8% en la cadena de datos. Esta codificación ofrece una mejora del 6.59% en el mejor de los casos, siendo este la situación en que un solo bit en una palabra de 15 bits codificados este errado, por lo que su implementación debe realizarse en un canal menos ruidoso que uno usado para Hamming (7,4). La ventaja de esta codificación es la reducción a menos de la mitad del tamaño de la cadena de bits en comparación con Hamming (7,4), pero siguen siendo algoritmos básicos muy sensibles a niveles altos de ruido en el canal.

El caso de Golay presentó un nivel de codificación mucho más robusto, aunque incrementando al doble el tamaño de la información enviada, siendo el caso del código extendido de Golay, que para 1000 bits de información la cadena codificada llegaba a tener 2000 bits. La ventaja de ambas codificaciones, tanto Golay (23, 12, 3) y Golay (24, 12, 3), es que lograban corregir 3 errores dentro de la palabra codificada, permitiendo de esta manera disminuir en un 12.97% y 12,45%, respectivamente, el B.E.R en el mejor de los casos.

En vista de los resultados obtenidos utilizando cada codificación de canal se puede concluir que todas las codificaciones de canal incrementan la calidad de los sistemas de comunicaciones digitales, siempre y cuando el nivel de ruido en el canal se encuentre dentro de las capacidades de corrección de cada código,

ya que un incremento en el nivel de ruido puede generar equivocaciones en la decodificación de canal cambiando bits de información posiblemente buenos debido a errores en los bits de paridad añadidos en el codificador, produciendo un aumento en el B.E.R. de la cadena de bits transmitida.

CAPITULO II
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INTERFACES HUMANAS Y ETIQUETAS DIGITALES INTELIGENTES PARA LA CREACIÓN DE AMBIENTES INTELIGENTES EN MUSEOS

2.1. ANTECEDENTES

Recientemente (Bannerjee, Pat, y otros, y otros, 2007), se han realizado extensas investigaciones para ofrecer contrapartes digitales de objetos físicos. A medida que la computación se vuelve menos costosa y más pequeña, la factibilidad de llegar a la meta de la computación ubicua se acerca cada vez más. Existen muchas investigaciones que plantean sistemas que convertirán el entorno físico en ambientes inteligentes. A continuación se presentan algunas implementaciones de sistemas que realizan esta tarea.

El grupo de proyectos de Smart-Its propone un sistema que permite que objetos físicos interactúen entre sí, creando relaciones dinámicas digitales entre ellos. Su objetivo, citado de su página Web (http://smart-its.teco.edu/), es:

"El proyecto Smart-Its está interesado en una perspectiva amplia de computación integrada al mundo. En esta perspectiva, objetos cotidianos son digitalizados como medios interactivos, capaces de establecer relaciones dinámicas digitales. En este proyecto, se hace una aproximación de esta DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INTERFACES HUMANAS Y ETIQUETAS DIGITALES INTELIGENTES PARA LA CREACIÓN DE AMBIENTES INTELIGENTES EN MUSEOS perspectiva con el desarrollo de 'Smart-Its', equipos integrados de pequeña escala que pueden ser incorporados a objetos cotidianos para digitalizarlos con sensibilidad, percepción, computación y comunicación. Se piensa que estos 'Smart-Its' habilitarán tecnología para construir y probar escenarios de computación ubicua, y se usarán para estudiar

funcionalidades emergentes y percepción contextual colectiva de artefactos de información."

Otro proyecto similar es el del asistente de compras por código de barras o por RFID. MyGrocer y Voyager son ejemplos de este tipo de sistema. La idea principal (http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx.), consiste en carritos y estantes de mercado digitalizados, que al colocar el producto dentro del carrito, lo elimina de la lista de compras y dirige a la persona hacia otro pasillo donde existan productos que todavía estén en la lista de compras y atrae la atención de la persona hacia estos productos en los estantes.

Otra área relacionada con los ambientes inteligentes trata acerca de atraer la atención de la persona hacia cosas en su entorno mediante la manifestación de información por medio de cambios en objetos (Bannerjee, Pat, y otros, y otros, 2007). Por ejemplo, una luz parpadeante podría indicar si ha llegado correspondencia o no. Estos sistemas no tratan de inferir el interés que el usuario pueda tener en la información sino que el usuario debe programarlos para que le indiquen que existe información de interés para el mismo.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando una persona está en un lugar específico, como por ejemplo: su oficina, su habitación, la sala de reuniones, la biblioteca, o su vehículo; usualmente está involucrada en actividades que se relacionan directamente con el contexto del espacio en la que está ubicada. Esta conexión entre las personas y los espacios en las que habitan durante el día, junto con todos los objetos que las acompañan dentro de estos espacios, se pensó que pueden interactuar intercambiando información acerca de los objetos, este proceso había sido desaprovechado en los últimos años.

Actualmente en Venezuela, los museos y sitios de interés cultural se destacan por su falta de modernidad en sus exhibiciones, así como también la ausencia de gestión de la información (audiovisual, textual, o interactiva) relativa a dichas exhibiciones. Es por esto que la utilización de la conexión tácita entre las personas, los espacios, y los objetos pertenecientes a estos espacios presenta una alternativa para realzar la experiencia de los visitantes de los museos y, por lo tanto, mejorar la calidad del servicio ofrecido en estos.

Con este trabajo se aprovecharon las herramientas de las telecomunicaciones, en este caso presentes en la conexión entre usuario y espacio o usuario y objeto, para diseñar las interfaces humanas y etiquetas digitales inteligentes necesarias para la creación y desarrollo de ambientes completamente inteligentes que interactúen con las personas; es decir, que detecten la presencia de las mismas en un espacio físico donde se encuentren (haciendo uso de las tecnologías de transmisión de datos) y le brinden información, de tipo audiovisual o textual, relacionada a las exhibiciones de museo presentes en su entorno para realzar su experiencia.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

Diseñar y construir las etiquetas digitales inteligentes y las interfaces humanas necesarias para crear un ambiente inteligente que sea capaz de manejar y presentar la información de una exhibición de museo.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Investigar acerca de los requerimientos técnicos necesarios para la construcción de un dispositivo que sea capaz de transmitir la información de una exhibición a la interfaz humana.
- Investigar acerca de los requerimientos técnicos necesarios de un dispositivo portátil que funcione como interfaz humana para la gestión y presentación de distintos tipos de información, y la interconexión con una etiqueta digital inteligente.
- Definir y seleccionar los componentes electrónicos y la tecnología de transmisión de datos para la construcción de una etiqueta digital inteligente.
- Seleccionar un dispositivo portátil que funcione como interfaz humana.
- Programar y configurar un software de interfaz humana para el dispositivo portátil seleccionado.
- Verificar que la etiqueta digital inteligente y la interfaz humana funcionen correcta y simultáneamente.

2.4. MARCO TEORICO

2.4.1. Inteligencia Ambiental

El término Inteligencia Ambiental (***Ambient Intelligence***, en inglés) se refiere a ambientes electrónicos que son sensibles y responsivos a la presencia de personas (Aarts, Emile, Harwig, Rick y Schuurmans, 2002). En un mundo de inteligencia ambiental, los dispositivos trabajan en conjunto, utilizando información que está almacenada en la red que los interconecta, para dar soporte a las personas en actividades de la vida cotidiana de manera fácil y

natural (Damiani, Ernesto y Jeong, Jechang, 2009). A medida que estos aparatos se vuelven más pequeños, más interconectados y más integrados a nuestro entorno, la tecnología se fusiona a nuestro ambiente hasta que solo la interfaz humana es perceptible por los usuarios.

El paradigma de los ambientes inteligentes se fundamenta en la computación ubicua (ubiquitous computing, en inglés), que se refiere a la computación integrada a actividades y objetos cotidianos; y el diseño de interacción computacional orientada a humanos (Aarts, Emile, Harwig, Rick y Schuurmans, 2002), y se caracteriza por contener sistemas que son:

- Integrados
- Sensibles al contexto
- Personalizables
- Adaptables
- Predictivos

2.4.2. Diseño de un Ambiente Inteligente

Un ambiente inteligente, como todo sistema, está conformado por diferentes componentes que trabajan en conjunto; y en el caso específico de un ambiente inteligente, le brindan al usuario una experiencia homogénea y más profunda que la experiencia normal.

A pesar que no existe un patrón universal a seguir para el diseño de un ambiente inteligente, se puede decir que sus componentes fundamentales son:

2.4.3. Interfaces Humanas

Dado a la naturaleza orientada al usuario de los ambientes inteligentes, es fundamental que exista alguna manera de que el sistema se comunique con el usuario, brindándole así información pertinente al contexto en el cual se encuentra para permitirle tomar decisiones o profundizar su experiencia. A este nodo externo del sistema que servirá como canal de comunicación con el usuario se le llamará "interfaz humana".

Las interfaces humanas, usualmente llamadas terminales, deben ser un dispositivo que el usuario mantenga con él durante toda su experiencia dentro del ambiente inteligente, ya que sin este no existiría manera de enriquecer dicha experiencia de manera interactiva; o en su defecto, un dispositivo nativo del sistema que permita al usuario interactuar con dicho ambiente.

La tecnología que constituye las interfaces humanas dentro un ambiente inteligente varía enormemente dependiendo del enfoque que se le quiera dar al sistema que conforma a dicho ambiente; es decir, una interfaz humana puede ser desde un actuador hasta un dispositivo móvil o portátil.

2.4.4. Etiquetas Inteligentes

En el mundo de los ambientes inteligentes, también existen dispositivos encargados de detectar y procesar la presencia del usuario, establecer una conexión con la interfaz humana, y proporcionar a dicha interfaz con la información necesaria para enriquecer su experiencia, brindándole información relacionada con su entorno a través de texto, imágenes, audio y/o video. A los dispositivos o nodos internos encargados de realizar dichas funciones se le llamará "etiquetas inteligentes".

Estas etiquetas inteligentes pueden estar conformadas por diferentes tecnologías, desde dispositivos de conexión infrarroja hasta identificadores de radiofrecuencia (Radio Frequency ID, o RFID, por sus siglas en inglés), entre otros. Esto implica que las etiquetas inteligentes conforman el sistema de identificación de un ambiente inteligente, es decir, son los elementos del ambiente inteligente responsables de brindar información relacionada a un objeto específico dentro del mismo.

Como consecuencia de lo anteriormente mencionado, también se debe resaltar la asociación inherente que tienen dichas etiquetas con cada uno de los objetos pertenecientes a un ambiente inteligente; ya que, sin estas, dichos objetos no tendrían la capacidad de detectar al usuario e interconectarse con él para enriquecer su experiencia.

2.4.5. Tecnologías de Transmisión y Posicionamiento

Debido a la naturaleza ubicua de transmitir información a un usuario de un ambiente inteligente, surge la necesidad de buscar tecnologías de transmisión de datos que tengan la capacidad tanto de detectar al usuario dentro de un espacio físico, como de enviar a dicho usuario información relacionada con su entorno. Algunas tecnologías que califican dentro de este nicho son las siguientes:

- Ultrasonido
- Luz Infrarroja
- RFID (Activos y Pasivos)
- Bluetooth (IEEE 802.15)
- WLAN (IEEE 802.11 a/b/g/n)
- Banda Ultra Ancha (UWB).

2.4.6. Comparación de Tecnologías de Posicionamiento

Al analizar las ventajas y desventajas de las tecnologías expuestas en la sección anterior, se puede tener una idea general de la escalabilidad que estas tienen con respecto a su precisión, haciendo unas más atractivas que otras en el mundo de los ambientes inteligentes.

Los criterios generalmente utilizados para comparar estas tecnologías son (Bannerjee, Pat, 2007): precisión, confiabilidad, disponibilidad, escalabilidad, robustez y costo. Para efectos de este proyecto solo se tomarán en cuenta tres: precisión, escalabilidad y disponibilidad. En la Figura 8 se presenta una pequeña gráfica que pretende visualizar la relación entre escalabilidad y precisión de las tecnologías de posicionamiento mencionadas anteriormente.

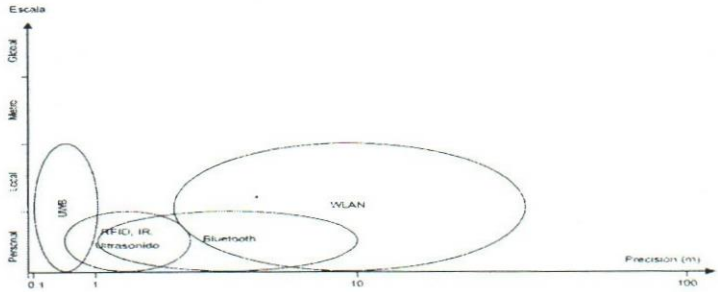


Figura 8: Comparación de Tecnologías de Posicionamiento.

2.4.7. Métodos de Posicionamiento

Es muy difícil modelar de manera eficiente la propagación de las señales de radiofrecuencia en espacios cerrados debido a efectos como la multitrayectoria, la baja probabilidad de línea de vista y otros factores como la distribución de los espacios, el movimiento de los usuarios y/u objetos, y la presencia de superficies reflexivas. Pero al utilizar más de uno de los siguientes algoritmos de posicionamiento, diseñados para

diferentes aplicaciones o servicios, se puede obtener un resultado más preciso en las mediciones inherentes al posicionamiento.
A continuación se presentan los diferentes métodos que se utilizan en el posicionamiento de usuarios/objetos en un ambiente inteligente:

2.4.8. Triangulación

La triangulación, como su nombre lo implica, utiliza las propiedades geométricas de los triángulos para estimar la posición del objeto.
Los tipos de triangulación son:

- Lateración
- Tiempo de Llegada (TOA)
- Diferencia de Tiempo de Llegada (TDOA)
- Potencia de la Señal Recibida (RSS)
- Tiempo de Vuelo Bidireccional (RTOF)
- Anulación
- Ángulo de Llegada (AOA)

2.4.9. Huellas de Radiofrecuencia

Este método de posicionamiento consiste en la recolección previa de huellas o escenarios de radiofrecuencia para poder estimar la posición de un objeto o persona por comparación con esta información.
Los algoritmos de este método son:

- Métodos Probabilísticos
- k-ésimo Vecino más Cercano
- Redes Neurales

- Máquina de Vector Soporte (SVM)
- Polígono de M-vértices Mínimo

2.4.10. Proximidad

Los algoritmos de proximidad (Massa, Donald P, 2011) proveen una información simbólica de la posición relativa del usuario y/u objeto con respecto a una red abundante de antenas. Este método consiste en la asociación del usuario y/u objeto en cuestión a el área de cobertura de la antena que lo detecta; en el caso que más de una antena detecte al usuario, prevalece aquella cuya potencia de la señal recibida (RSS) sea mayor.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Levantamiento de información

Se efectuó una detallada investigación sobre los fundamentos y antecedentes de los ambientes inteligentes, así como su utilidad en museos y otros sitios de interés cultural; donde se examinaron los diseños y modelos actualmente implementados en otros países.

Además, se investigaron las diferentes tecnologías de transmisión de datos como Luz infrarroja, RFID, Bluetooth, WLAN, entre otras; y se documentaron los requerimientos de software implicados en el desarrollo del programa para la interfaz humana y las especificaciones técnicas de los distintos componentes electrónicos.

2.5.2. Análisis de requerimientos de diseño

Luego se procedió al estudio de los requerimientos de diseño de un ambiente inteligente; desde la gestión y presentación de la información existente en los distintos tipos de exhibiciones de un museo, hasta la configuración utilizada, los componentes y sus características técnicas, el tipo de información exhibida, las limitaciones que presenta el diseño actual, y las nuevas necesidades que se puedan satisfacer.

2.5.3. Diseño, construcción, configuración y pruebas del ambiente inteligente

Una vez estudiado los requerimientos de diseño de un ambiente inteligente, se inició la elaboración del diseño preliminar de sus partes, detallando la topología a ser utilizada, los componentes que formarán parte de las etiquetas digitales inteligentes y las interfaces humanas, la información contenida en las etiquetas, el modo de operación de las interfaces humanas y el software a emplearse en estas últimas.

Al concluir el diseño preliminar de cada una de las partes del ambiente inteligente, se construyeron las mismas y se verificó que tanto los dispositivos seleccionados como la configuración de los mismos, funcionaran de manera correcta.

2.6. DESARROLLO

2.6.1. Levantamiento de información

Esta fase tuvo como fin recolectar información referente a los fundamentos, tecnologías y diseños usados en el desarrollo y construcción de un ambiente inteligente. Para ello se realizaron las actividades mencionadas dentro de esta sección.

- Documentación de fundamentos teóricos de los ambientes inteligentes: Esta actividad permitió estudiar y documentar los fundamentos teóricos para el diseño, construcción y operación de un ambiente inteligente para así basar el diseño y la construcción del ambiente inteligente de demostración para la presentación del proyecto.
- Documentación de tecnologías disponibles para el diseño y la construcción de ambientes inteligentes: Esta actividad permitió estudiar y documentar las tecnologías disponibles (Bluetooth, WLAN, UWB, etc.) para el diseño y construcción de un ambiente inteligente, basándose en los fundamentos teóricos documentados en la actividad anterior, para usarlos en el diseño y construcción de un ambiente inteligente de demostración para la presentación del proyecto.
- Documentación de diseños existentes de ambientes inteligentes: Esta actividad permitió estudiar y documentar diseños de ambientes inteligentes existentes, comparando sus características con los fundamentos teóricos estudiados y documentados, para

usarlos como ejemplos en el diseño y la construcción del ambiente inteligente de demostración para la presentación del proyecto.

2.6.2. Análisis de requerimientos de diseño

Durante esta fase se tomaron los requerimientos de diseño recolectados en la fase anterior y se analizaron con el fin de ajustar el diseño y la construcción del ambiente inteligente a las necesidades de contexto e interacción presentes en un museo. Se realizaron las siguientes actividades para completar esta fase:

- Análisis de datos de contexto de museos: Esta actividad consistió en el análisis de los requerimientos de diseño recolectados en la fase de levantamiento de información para ajustar el diseño del ambiente inteligente a las necesidades de contexto de un museo; es decir, tipos de información, contenidos y contextos presentes en las exhibiciones de un museo; para lo cual se tomó la decisión de utilizar Bluetooth como tecnología de posicionamiento y transmisión de datos, ya que esta tecnología es ampliamente disponible en los equipos portátiles actuales y además se puede utilizar simultáneamente en la detección e interacción con el usuario.

- Análisis de datos de interacción de museos: Esta actividad, consistió en el análisis de los requerimientos de diseño recolectados en la fase de levantamiento de información para ajustar el diseño del ambiente inteligente a los diferentes tipos de interacción presentes en las exhibiciones de un museo, en particular las diferentes maneras de interacción, existentes y en progreso, para los diferentes tipos de información presentes en museos actuales (texto, imágenes, audio y/o video, exhibiciones animadas y/o robóticas, etc.).

2.6.3. Diseño, construcción, configuración y pruebas del ambiente inteligente

La realización de esta fase tuvo como fin diseñar, construir, configurar y probar los diferentes componentes de un ambiente inteligente para luego analizar los resultados de su funcionamiento. Para ello fue necesario realizar las siguientes actividades:

- Diseño y construcción de componentes del ambiente inteligente: Durante esta actividad se diseñaron y construyeron los componentes fundamentales del ambiente inteligente, es decir, las etiquetas digitales inteligentes y la interfaz humana. Además, se escogió un diseño de en etiquetas inteligentes basadas en el micro-controlador Arduino Duemilanove, con módulos Bluetooth Bluegiga WT32 y batería que le permitiera comunicarse con el usuario vía Bluetooth y al mismo tiempo independencia eléctrica. Para las interfaces humanas se decidió utilizar teléfonos celulares que vinieran equipados con Bluetooth y soportaran Java Edición Micro (o Java Micro Edition, en inglés).

- Configuración de componentes del ambiente inteligente: Durante esta actividad se realizaron labores de programación del software presente en las etiquetas inteligentes en el lenguaje nativo del micro-controlador Arduino Duemilanove, C++; mientras que la programación del software para las interfaces humanas se hizo en Java. La idea principal de esta actividad fue programar las etiquetas digitales inteligentes y el software de interfaz humana para que detectaran al usuario (utilizando los indicadores RSSI nativos del estándar Bluetooth) y se comunicaran con él para transmitirle información relativa a la exhibición respectiva a cada etiqueta.

- Pruebas del ambiente inteligente: En esta actividad se experimentó con las etiquetas digitales inteligentes y la interfaz humana del ambiente inteligente para comprobar que funcionaran de acuerdo al diseño seleccionado y cumplieran con las necesidades de interacción y contexto definidas en fases anteriores; por lo cual se establecieron los rango de los indicadores RSSI para la detección y transmisión entre –120 y 0 dBm, y entre –65 y 0 dBm, respectivamente.

2.7. RESULTADOS

En la Tabla 2 se expone el resultado de la comparación de las tecnologías estudiadas disponibles para el diseño y la construcción de un ambiente inteligente. Esta comparación se realizó utilizando y calificando los criterios de disponibilidad en dispositivos portátiles existentes, escalabilidad y precisión de cada una de estas tecnologías.

Tecnología	Disponibilidad	Escalabilidad	Precisión	Calificación
Luz Infrarroja	2/5	1/5	4/5	7/15
Ultrasonido	1/5	1/5	4/5	6/15
RFID	2/5	2/5	4/5	8/15
Bluetooth	5/5	2/5	3/5	10/15
WLAN	4/5	3/5	2/5	9/15
UWB	1/5	3/5	5/5	9/15

Tabla 2: Comparativa de Tecnologías de Transmisión y Posicionamiento.

Por otro lado en la tabla 3 se muestran los diseños estudiados con sus respectivas precisiones y tecnologías y algoritmos de posicionamiento:

Diseño	Tecnología de Posicionamiento	Algoritmo de Posicionamiento	Precisión
IRIS LPS	Infrarrojo	Triangulación (AOA)	16 cm
Active Bat	Ultrasonido	Triangulación (TOA)	3 cm
TOPAZ	Bluetooth	Proximidad (RSS)	2 m
Ekahau	WLAN	Escenarios de Radiofrecuencia	1 m

Tabla 3: Diseños Existentes Estudiados.

2.7.1. Diseño, construcción, configuración y pruebas del ambiente inteligente

Los resultados de esta fase se obtuvieron principalmente de las pruebas realizadas con las etiquetas inteligentes y el software de interfaz humana utilizando los componentes electrónicos, la tecnología de transmisión de datos y el dispositivo portátil. Estos resultados verifican y demuestran que las etiquetas inteligentes y el software de interfaz humana funcionaron de forma correcta y simultáneamente, satisfaciendo así los requerimientos de diseño de un ambiente inteligente orientado a museos.

2.7.2. Diseño de las Etiquetas Digitales Inteligentes

Las siguientes figuras describen las distintas etapas (figura 9) en que se baso diseño y construcción de las etiquetas digitales inteligentes, desde su conceptualización hasta el ensamblaje de sus partes (figura 10).

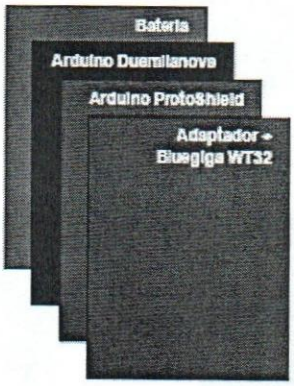


Figura 9: Esquema por Capas del Diseño basado en Arduino Duemilanove.

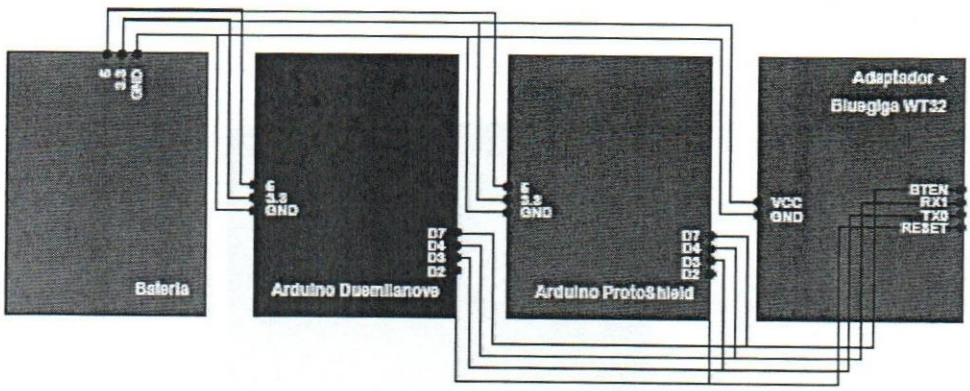


Figura 10: Esquema modular del Diseño basado en Arduino Duemilanove.

A continuación se presentara imágenes el esquema de los módulos del Arduino Duemilanove y su ensamblaje final (figuras 11,12,13,14,15).

2.7.3. Software de Interfaz Humana

En las diferentes figuras que se mostraran a continuación se presentan las pantallas y el monitoreo del software de interfaz humana, simulado utilizando el Wireless Toolkit de Java, y diseñado para recibir información relevante desde la exhibición en forma de texto mediante el modo de transmisión serial de Bluetooth.

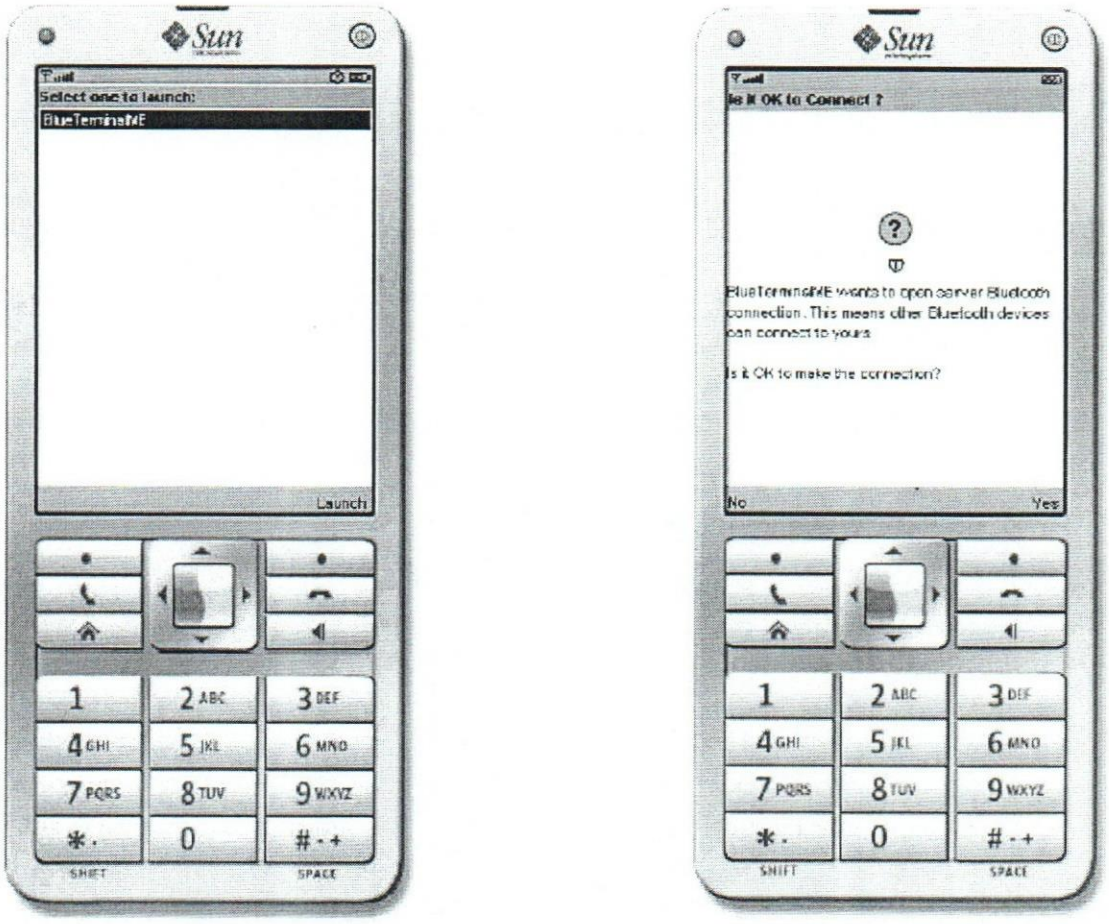


Figura 16: Pantallas de presentación y petición de autorización de conexión.

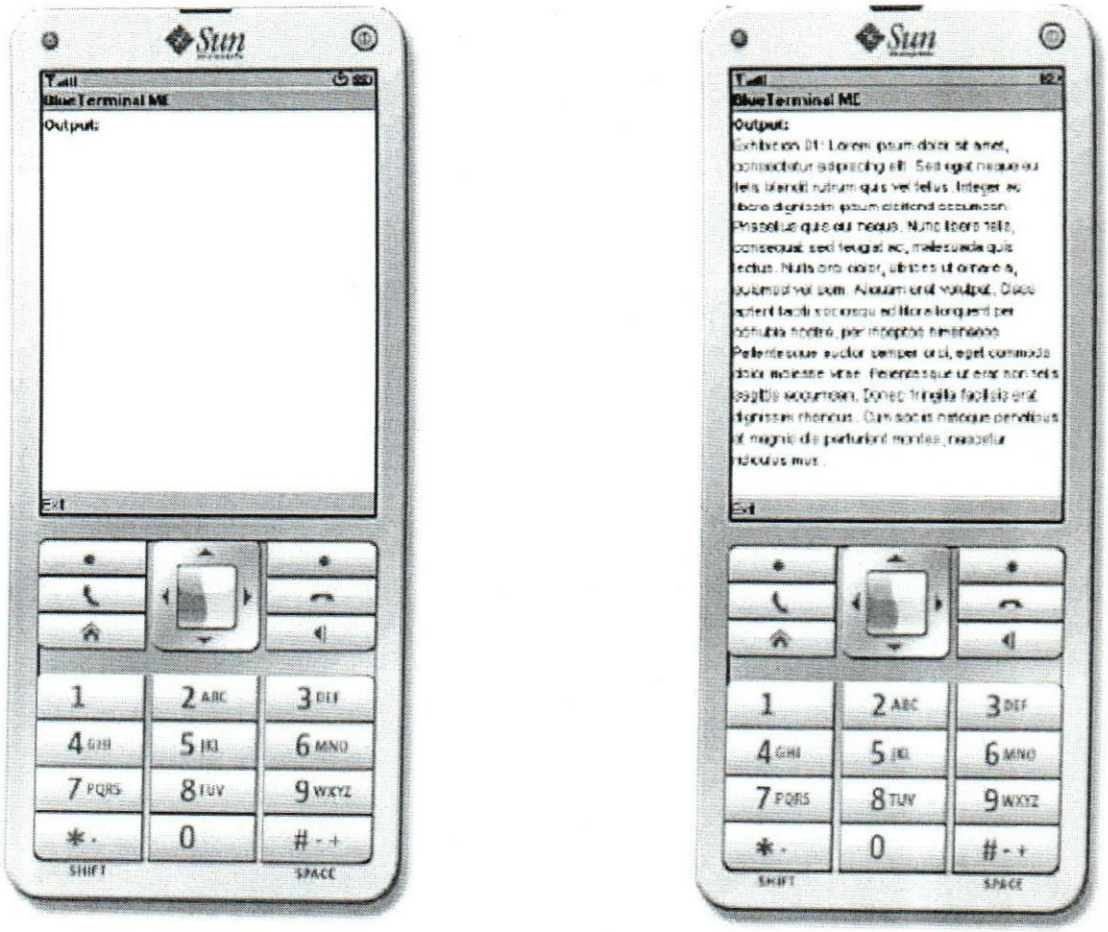


Figura 17: Pantallas antes y después de recibir información.

2.7.4. Pruebas del Ambiente Inteligente

En esta sección se pretende describir el funcionamiento interno de una etiqueta digital inteligente en diferentes casos de detección y transmisión desde una interfaz humana. Estas imágenes (figuras 18.19, 20,21) son el resultado de un proceso de monitoreo de una etiqueta digital inteligente conectada a una computadora mediante un cable USB y IDE de programación de Arduino.

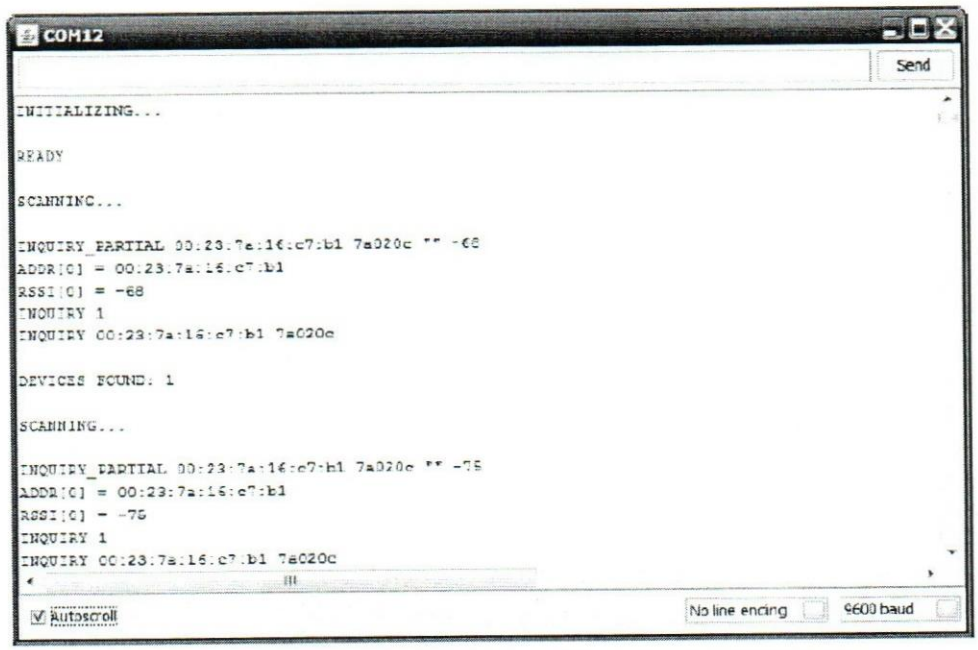


Figura 18: Detección Exitosa sin Transmisión (Fuera de Rango).

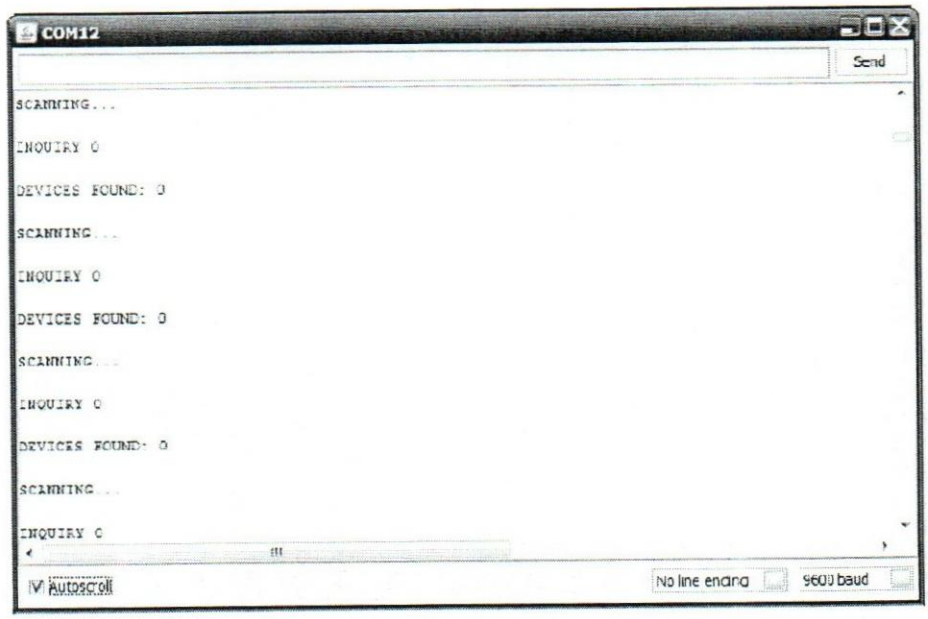


Figura 19: Detección nula.

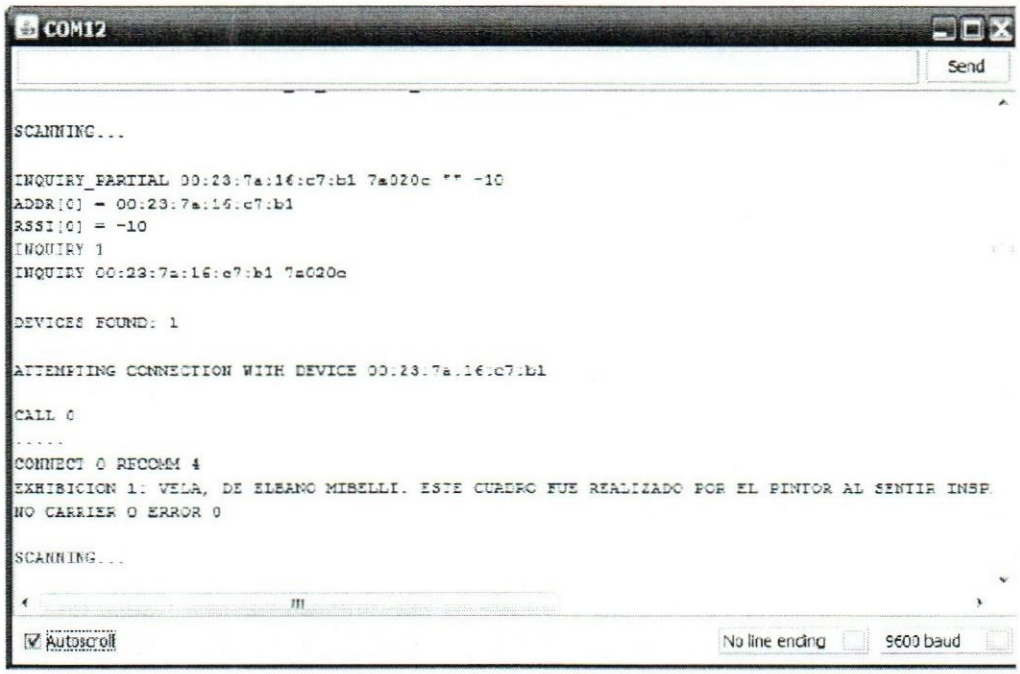


Figura 20: Detección Exitosa con Transmisión Exitosa (Dentro de Rango).

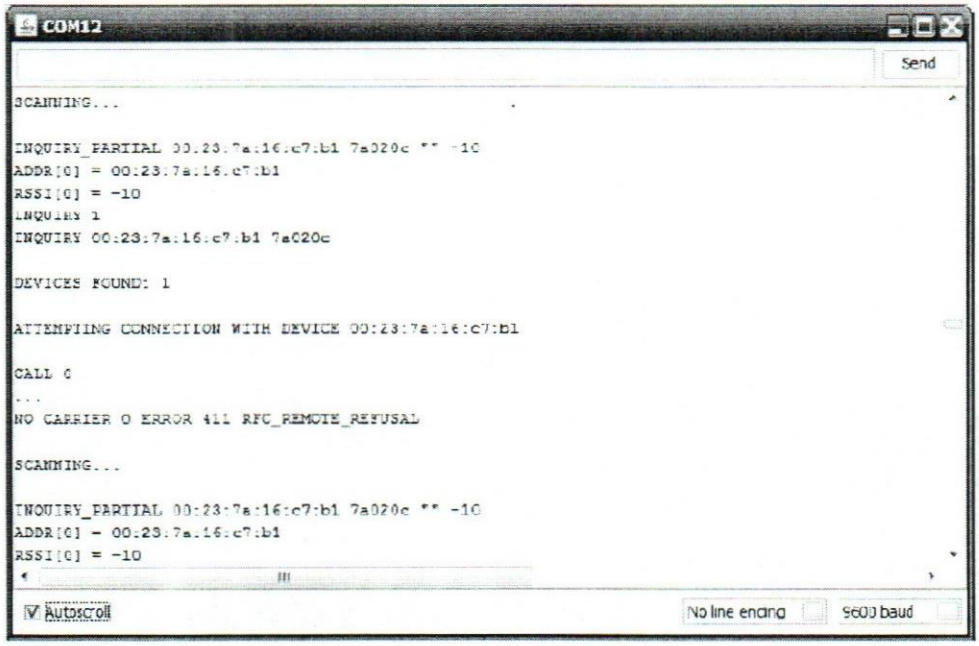


Figura 21: Detección Exitosa sin Transmisión (Rechazada por Usuario).

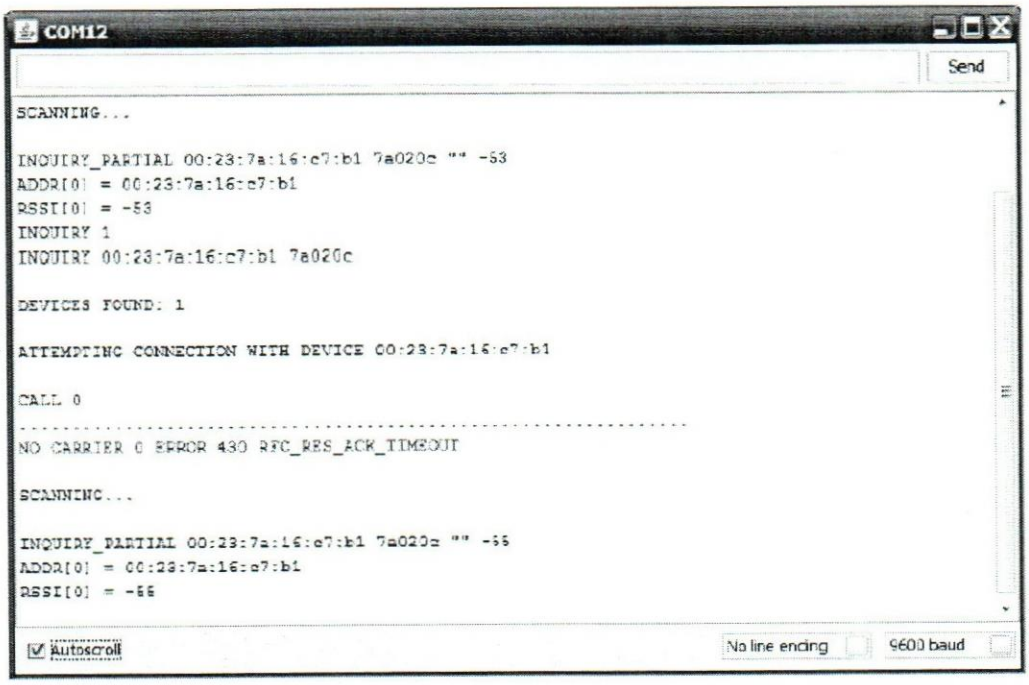


Figura 22: Detección Exitosa sin Transmisión (Tiempo de Espera Agotado).

2.8. CONCLUSIONES

Los ambientes inteligentes forman parte de una tendencia emergente en el mundo de hoy en día, y a medida que nuevas tecnologías vayan surgiendo y se vuelvan mucho más ubicuas, los ambientes inteligentes irán evolucionando hasta que eventualmente sean parte integral de la vida cotidiana.

Una vez dicho esto, se debe tomar en cuenta que no todas las tecnologías de transmisión son adecuadas para satisfacer las necesidades de un ambiente inteligente, ya que varían en escalabilidad y precisión; y en la actualidad, no todas son ampliamente disponibles.

Por otro lado, en el contexto de los ambientes inteligentes orientados a museos, se puede decir que Bluetooth es la tecnología más adecuada en términos de

precisión, complejidad y escalabilidad, ya que es una tecnología altamente presente en los dispositivos móviles de hoy en día, además de poder funcionar como tecnología de posicionamiento y transmisión de datos simultáneamente.

En cuanto a las etiquetas digitales inteligentes, se puede destacar que la utilización de los micro-controladores Arduino Duemilanove en conjunto con el módulo Bluetooth Bluegiga WT32 y la batería de ión litio son una alternativa relativamente sencilla para la construcción de un dispositivo autónomo que sea capaz de detectar y comunicarse con un usuario del ambiente inteligente.

CAPITULO III

DESARROLLO DE UN BANCO DE PRUEBA QUE PERMITA DESCRIBIR LOS PROTOCOLOS DE ACCESO AL MEDIO DE ESTANDAR 802.11

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe un protocolo llamado IEEE 802.11 el cual es un estándar de comunicaciones que define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos, *Open System Interconnection*) capa física y capa de enlace de datos, especificando las normas de funcionamiento para la comunicación de datos entre equipos situados dentro de una misma área de cobertura.

Dentro de las distintas revisiones de esta norma 802.11 se encuentran variaciones en ciertas características que la definen funcionalmente como: Métodos de capa física, gestión de la transmisión y recepción de datos, frecuencia de los canales, acceso al medio, entre otros.

La tecnología que hay detrás del estándar IEEE WLAN 802.11b es muy sofisticada, lo que se traduce que una red W-iFi sea una red muy compleja, tanto para diseñar como para dimensionar, implantar y posteriormente optimizar para operar, de manera de obtener el máximo rendimiento de la misma.

Es por ello que el recurso humano debe interactuar con una herramienta que describa y modele un sistema inalámbrico de área local basado en el estándar IEEE WLAN 802.11b, ya que esto contribuye a obtener un mejor análisis y comprensión de una serie de conceptos y procesos de gran complejidad en los sistemas de telecomunicaciones actuales y futuros, lo cual impulsa a usar métodos diferentes a la implementación para el estudio de los mismos.

Actualmente, en el laboratorio de Telemática I de la Universidad Católica Andrés Bello, no cuenta con una herramienta que represente un modelo descriptivo y práctico, donde se puedan apreciar en tiempo real los procesos relacionados con la capa física y la capa de enlace de datos (según el modelo de referencia OSI) para protocolos a nivel de enlace, también conocidos como protocolos de capa 2.

De manera tal que de los argumentos anteriormente descritos surgió la siguiente interrogante: ¿Cómo desarrollar un banco de prueba que permita describir los protocolos de acceso al medio del estándar IEEE 802.11?

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo General

Desarrollar un banco de prueba que permita describir los protocolos de acceso al medio del estándar IEEE 802.11.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características de las distintas revisiones del estándar IEEE 802.11 a nivel de capa física y capa MAC del modelo OSI.
- Diseñar las rutinas que permitan describir los procesos asociados a la capa física y la capa MAC a través de los protocolos de acceso al medio CSMA/CA y MACAW sobre el estándar escogido, en el lenguaje de programación LabView.
- Estudiar las características de la Plataforma PXI (PCI eXtension for Instrumentation) de NATIONAL INSTRUMENT.
- Acoplar las rutinas obtenidas de capa física y capa de enlace a la plataforma PXI.
- Realizar las pruebas pertinentes del prototipo con las condiciones necesarias para mostrar los procesos anteriormente descritos.

3.3. MARCO TEORICO

El estándar de IEEE 802.11 especifica la capa física (PHY) y la capa de control de acceso al medio (MAC) como dos capas que permiten hacer una separación funcional del estándar y, lo que es más importante, hace posible que un único protocolo de datos pueda usarse con distintos métodos de transmisión en radiofrecuencia (RF)(F López, 2010).

La capa PHY selecciona el esquema de modulación más apropiado, dadas las condiciones del canal, y provee el ancho de banda necesario, mientras que la capa MAC decide en forma distribuida como el ancho de banda es compartido; además dicha capa también opera en diversas especificaciones de la capa física (PHY) basándose en el modelo de referencia ISO (*Open System Interconnection*- Sistema de Interconexión Abierto) con la finalidad de que se logre la comunicación inalámbrica y establecer la compatibilidad entre equipos que pueden implementarse dentro de la WLAN.

3.3.1. Capa Física (Nivel Físico)

La capa física representa una de las partes del sistema donde se define el tipo de modulación a emplear y la gestión tanto de la transmisión como de la recepción de los datos. El estándar IEEE 802.11 define tres posibles opciones para la elección de la capa física, es decir, diferentes técnicas de transmisión como lo son:

- DSSS (Espectro expandido por secuencia directa, *Direct Sequence Spread Spectrum*).
- FHSS (Espectro expandido por salto de frecuencias, *Frecuency Hopping Spread Spectrum*)

- Luz infrarroja en banda base (sin modular).

3.3.2. Capa MAC (Nivel de Enlace)

Los diferentes métodos de acceso del IEEE 802.11 están diseñados según el modelo OSI y se encuentran ubicados y en la parte inferior del nivel de enlace o subnivel MAC. La capa de gestión MAC controlará aspectos como sincronización y los algoritmos del sistema de distribución, que se define como el conjunto de servicios que precisa o propone el modo infraestructura.

La capa MAC, además de la funcionalidad típica de estas capas, realiza funciones que normalmente se implementan en capas superiores: fragmentación, retransmisión de paquetes, y reconocimientos (ACKs). El método de acceso es CSMA/CA (*Carrier Sense Múltiple Access with Collision Avoidance*), similar al popular CSMA/CD pero que no detecta colisiones.

El acceso al medio inalámbrico es contralado entonces por las siguientes funciones de coordinación:

- **DCF (*Distributed Coordination Function*):** No utiliza ningún tipo de control central, similar al acceso Ethernet. Es la base del estándar CSMA/CA, que antes de transmitir verifica que el medio no esté ocupado.

  Para evitar colisiones, utiliza *"backoff"* aleatorio después de cada trama; también en algunas circunstancias puede utilizar CTS/RTS para reducir aún más la probabilidad de colisión. Proporciona un servicio de acceso al medio basado en contención que permite a las estaciones interactuar sin necesidad de un control central. Adicionalmente ofrece un proceso de recuperación de errores.

Para determinar la disponibilidad del medio, este mecanismo emplea dos tipos de detección de portadora: la detección física y la detección virtual. A continuación se describen cada uno de estos mecanismos:

1. **Detección Física:** Es provista por la capa PHY, depende del medio y del tipo de modulación. Cuando una estación desea transmitir, escucha el canal y transmite si éste se encuentra inactivo; no escucha el canal mientras transmite, pero emite toda su trama la cual podría ser destruida debido a interferencia en el receptor. En caso de que encuentre que el canal está ocupado, el transmisor espera hasta que esté libre para comenzar a transmitir. Si ocurre una colisión, las estaciones involucradas esperan un tiempo aleatorio y vuelven a intentar.
2. **Detección Virtual:** El método se basa en el protocolo MACAW (*Multiple Access wir Collision Avoidance for Wireless*) la detección es provista por el NAV (Vector de Ocupación de Red - Network Allocation Vector) que representa un campo de la trama que corresponde a un contador que indica el tiempo de reserva del canal; al llegar a cero, quiere decir que el medio está disponible. Este vector asegura que las operaciones atómicas (Figura 23) no sean interrumpidas (V Gómez, 2010); cuando la barra de NAV está presente las estaciones deben diferir el acceso al medio como se muestra en la (Figura 24)

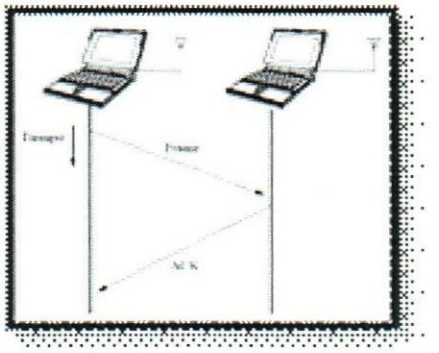


Figura 23: Operación Atómica.

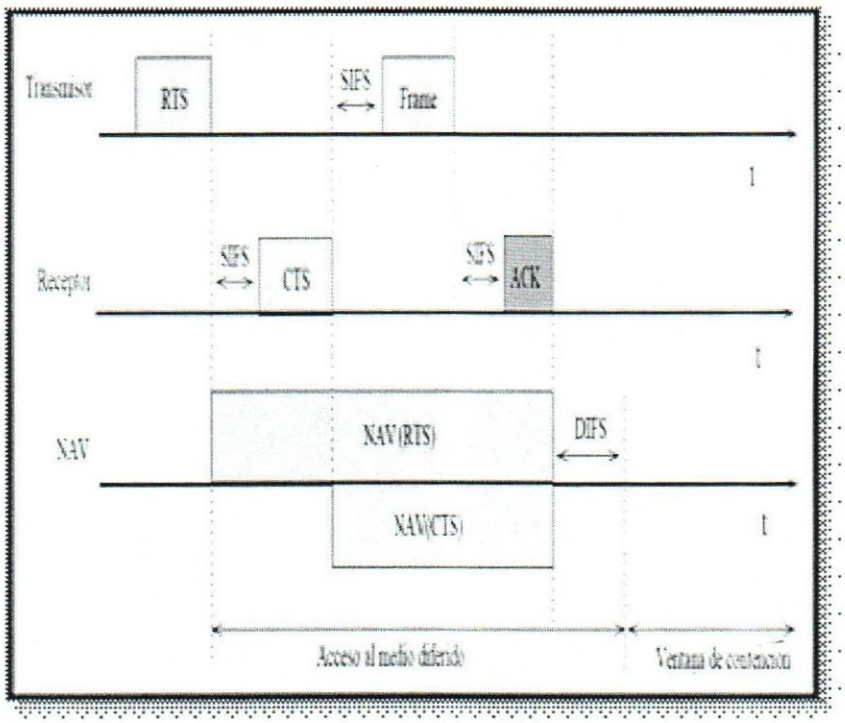


Figura 24: Uso del Nav.

3.3.3. Espaciamiento Intertrama

El espaciamiento intertrama (M Gast, 2002) juega un rol fundamental en la coordinación del acceso al medio de transmisión. En la Figura 25 se muestra la relación entre el SIFS (*Short InterFrame Space*), PIFS (*PCF InterFrame Spacing*) y DIFS (*DCF InterFrame Spacing*) , los cuales representan tiempos fijos para que las distintas estaciones puedan interoperar.

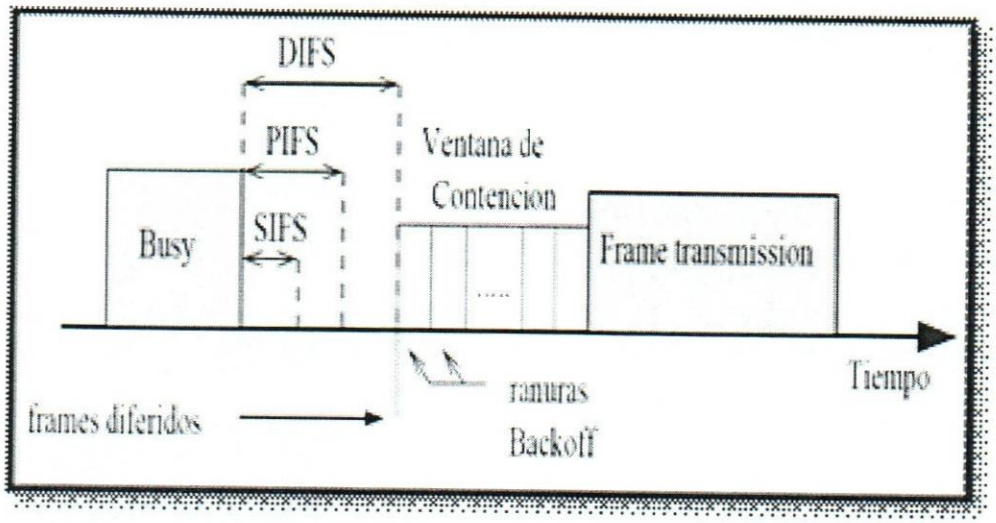


Figura 25: Espaciamiento intertramas.

3.3.4. Formato de Tramas

El PDU de la capa MAC es la trama (figura 26), describiéndose como una secuencia de campos en orden especifico. De izquierda a derecha será el orden en cómo los campos pasaran a la capa física y el bit más significativo de cada campo aparece al final. Esta trama se encuentra constituida por:

- **Cabecera Mac:** Se encuentra conformada por los campos de control, duración, dirección y el de control de secuencia de información.
- **Cuerpo de longitud variable:** contiene información sobre el tipo y el subtipo de trama.
- **FCS (*Frame Check Sequence*):** Se encarga de manejar todo lo referente al IEEE 32-bit CRC (M Gast, 2002).

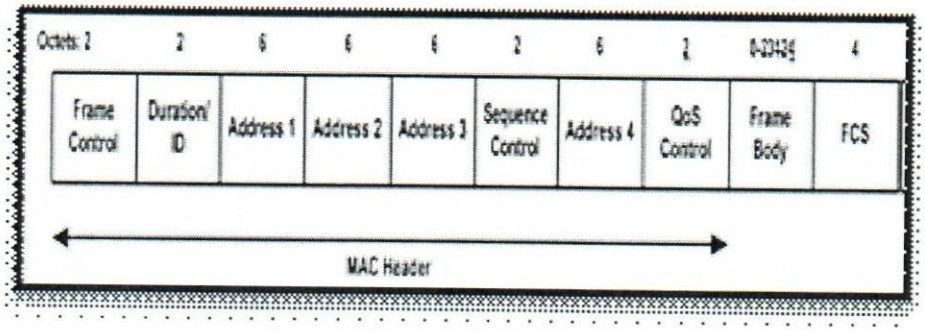


Figura 26: Formato de la trama MAC.

Formato de tramas RTS: El formato de las tramas de petición de transmisión o RTS (*Request To Send*) se muestra en la Figura 27.

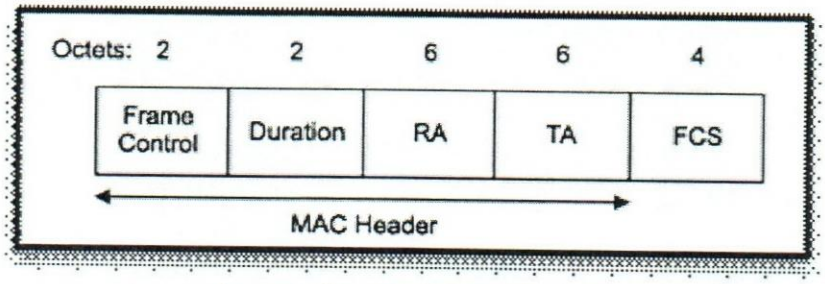


Figura 27: Formato de la trama MAC.

Formato de tramas CTS: La Figura 28 representa la forma en que se define la trama CTS. Cuando una trama CTS sigue a una trama RTS, el campo RA copia el campo TA de la trama RTS inmediatamente antes de responderle con la trama CTS. Cuando la trama CTS es la primera en ser transmitida, el valor RA se configura con la dirección MAC de la estación transmisora. Para todas las tramas CTS que dan respuesta a tramas RTS, el campo de duración, es el valor obtenido del campo de duración de la trama RTS, menos el tiempo, en microsegundos, requerido para transmitir la trama CTS y el intervalo SIFS.

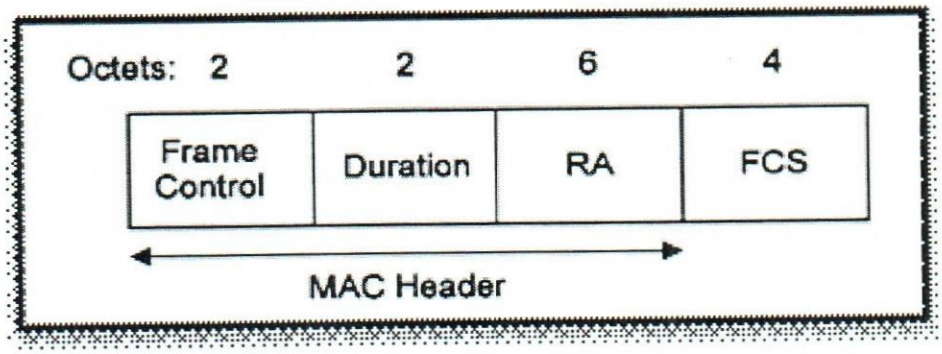


Figura 28: Formato de la trama MAC.

Formato de la Trama ACK: El formato de la trama ACK se presenta en Figura 29. El campo "RA" copia la dirección 2 de la trama de datos, o de control, según sea el caso. La duración toma el valor en microsegundos de los campos de duración de las tramas de administración o de datos, según sea el caso, menos, el tiempo requerido para transmitir la trama ACK y un intervalo SIFS (M Gast, 2002).

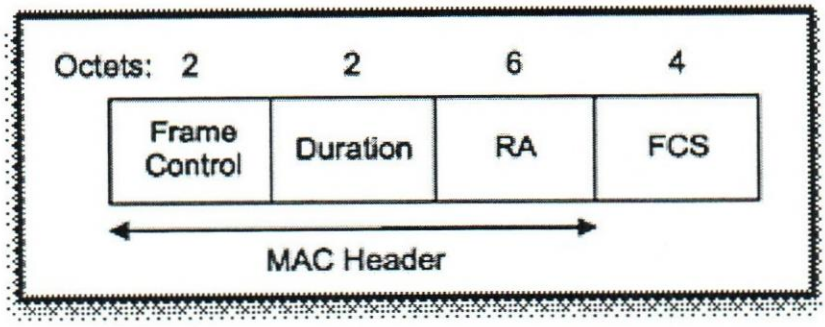


Figura 29: Formato de la trama MAC.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Proceso de Investigación y Documentación.

Para desarrollar el modelo y poder simular un sistema de comunicación, se requiere entender cada uno de los subsistemas que lo conforman; comprendiendo en detalle su función específica y como trabajan en conjunto todos estos subsistemas dentro del complejo sistema.

En primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica acerca de las Redes WLAN, destacando sus características más resaltantes: El estándar por el cual se rigen este tipo de redes, ventajas, desventajas, tipos de configuración, así como servicios y aplicaciones.

Además se realizó una revisión bibliográfica sobre el estándar IEEE 802.11 y sus diversas extensiones, lo que permitió tener una clara idea de la forma en que se comportan cada una de las tecnologías, dónde se pueden aplicar, cuál es mejor y en qué casos; basándonos en el número de canales, la velocidad de transmisión, las técnicas de modulación, entre otras características.

También, se estudiaron las características fundamentales de la capa física (PHY) en función de los tipos que se pueden implementar, así como

los tipos de modulación que la caracterizaban, entre otras. A través de una investigación exhaustiva, fueron obtenidas las principales características del nivel de acceso al medio (MAC) a través de los protocolos de acceso CSMA/CA y MACAW, así como su arquitectura en función de coordinación distribuida (DFC) a nivel de servicios con contienda (colisiones).

3.4.2. Delimitación del estándar.

Una vez consultada la opinión de los expertos, y habiendo obtenido la revisión del estándar para proceder a la implementación de su capa física y capa de enlace, fueron extraídas sus características más esenciales que harían posible su configuración en de la herramienta de programación. Esto constituyó la recopilación de datos para la elaboración del estándar (en forma simplificada), tales como: el formato de las tramas, la administración de las capas, los procesos de comunicación entre ellas, anchos de banda, frecuencias, tipos de modulación, etc.

3.4.3. Estudio la Plataforma PXI de National Instruments (Hardware).

Se revisaron los manuales, así como de múltiples herramientas y ejemplos disponibles en los foros de la pagina web de NI para comprender el funcionamiento de los módulos del PXI que permitieron el desarrollo del sistema, que se encuentra basado en un simulador programable a fin de emular los procesos de capa física y capa MAC de la revisión del estándar 802.11 luego de su simplificación.

3.4.4. Estudio la Plataforma PXI de National Instruments (Software).

Fueron evaluados los lenguajes de desarrollo disponibles dentro de la plataforma, tales como NI LabView, LabWindows™/CVI, Measurement Studio; Visual Basic y Visual C/C++; todo esto para utilizar una herramienta que permitiría validar el modelo a desarrollar, basado en su capacidad de procesamiento, versatilidad, manejo de las interfaces y la secuencialidad en la programación.

Una vez escogido el lenguaje de desarrollo, se procedió a la recopilación de información sobre su utilización y funcionamiento.

3.4.5. Desarrollo de las rutinas de la capa física del estándar 802.11.

Con la simplificación del protocolo, se hizo posible la emulación de la capa física del estándar 802.11 escogido. Se desarrolló un preámbulo para la capa física con el mapeo de las tramas en el medio PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) y su cabecera, estableciendo sus valores de acuerdo a las especificaciones; obteniendo una forma simplificada del nivel físico.

Se realizó la programación dentro del lenguaje de desarrollo del PXI de las rutinas de modulación correspondientes al estándar, tratando las cadenas de bits de la cabecera y el preámbulo PLCP, para ser transmitidos a través del espacio libre. Además, fueron obtenidos parámetros adicionales y característicos del proceso físico tales como el espectro de potencia de la seña, su diagrama de constelación, entre otros.

3.4.6. Desarrollo de las rutinas de la capa MAC del estándar 802.11.

Las rutinas que describen los procesos asociados a la capa MAC, fueron programadas a fin de definir las interfaces entre el bus del equipo y la capa física (Nivel de enlace) aplicando las características esenciales de los protocolos de control de acceso al medio CSMA/CA y MACAW. A modo demostrativo, también fueron elaboradas las tramas y la respectiva especificación de los campos a utilizar.

3.5. RESULTADOS

3.5.1. En los casos de los protocolos CSMA/CA

El proceso inicia con el tiempo intertrama *DIFS* antes de realizar una transmisión para asegurar que el medio no se encuentra ocupado. Luego, se inicia (a través de los indicadores gráficos) la transmisión de la data de la estación 1 a la estación 2 (figura 30). En esta etapa, mientras se percibe este hecho, ocurre simultáneamente el proceso real de transmisión y recepción de datos con el equipo NI-PXI, con lo cual se observa el acceso al medio inalámbrico por parte de la estación 1.

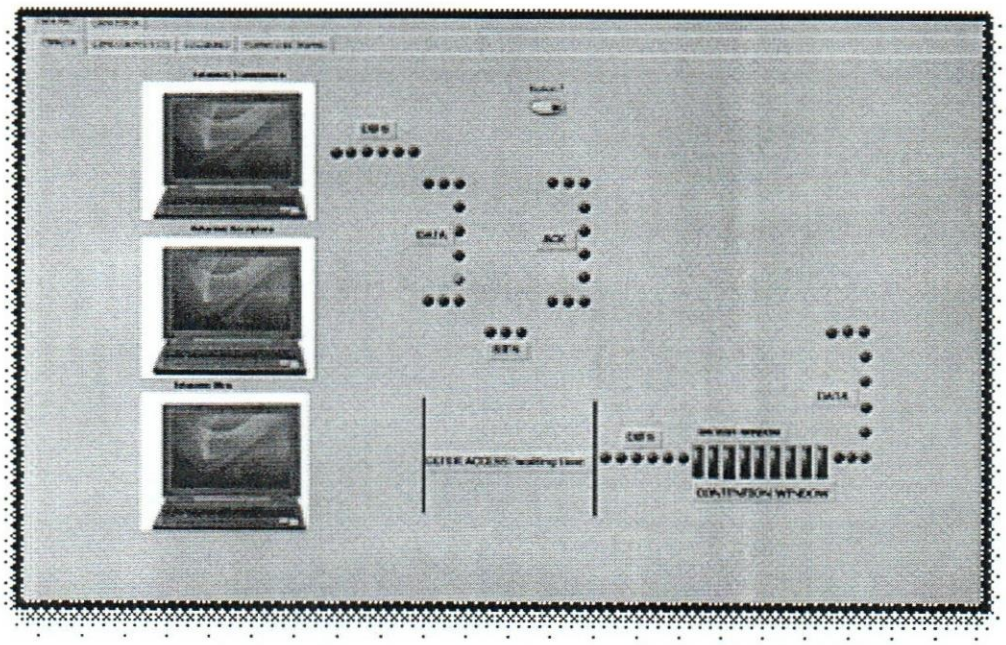


Figura 30: Transmisión de Datos de la Estación 1 a la Estación 2 en CSMA/CA.

Una vez que concluye la transmisión de los datos por parte de la estación 1, se apreció como transcurría el tiempo *SIFS*, mediante la activación de sus indicadores visuales. El envió de la confirmación positiva *ACK* de la estación 2 a la estación 1, como se dijo anteriormente, esta trama de control asegura que los datos fueron recibidos, en este caso, por la estación 2; este proceso se puede apreciar en la interfaz gráfica de forma análoga como ocurrió con la trama de datos.

Al terminar la transmisión de datos entre la estación 1 y la estación 2, la estación 3 al querer acceder al medio para transmitir sus datos, espera un tiempo *DIFS* para asegurar que el medio este libre, y comienza un periodo de *Backoff* donde la estación selecciona aleatoriamente un tiempo de espera para el acceso al medio, dentro de una ventana de contención. Una vez finalizado el periodo de *Backoff*, la estación procede a enviar los datos. Ver Figura 31.

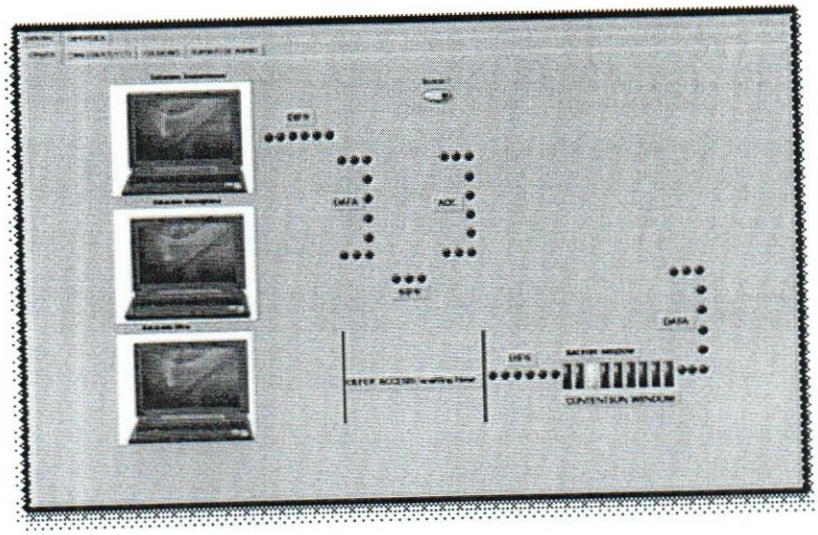


Figura 31: Algoritmo de Backoff.

3.5.2. Para el caso de MACAW: RTS/CTS con NAV

Se implementaron rutinas diseñadas para emular el protocolo *CSMA/CA*, esta vez a través de detección virtual haciendo uso del tiempo *NAV* y las tramas de control (Figura 32).

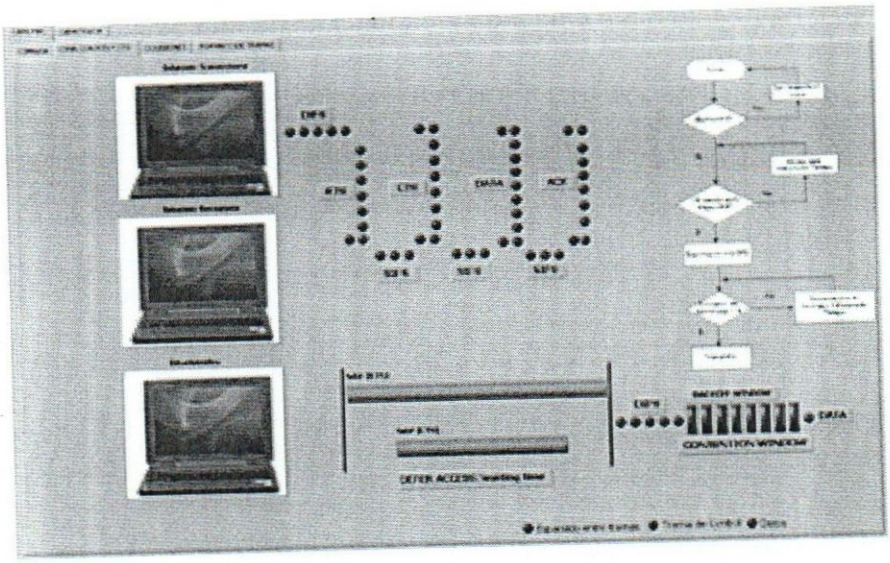


Figura 32: Interfaz de usuario: CSMA/CA con RTS/CTS.

Una vez implementado el *NAV*, como una duración en tiempo, a través de un indicador, se aseguró que las tramas de control *RTS* y *CTS* no fueran interrumpidas por otras estaciones de trabajo, sino que estas debían diferir el acceso al medio. Cuando era enviada la trama *RTS*, se hacía una reserva del canal durante un período de tiempo; en el momento que la otra estación enviara la trama *CTS* como respuesta, se estableció otro contador *NAV*, el cual sería menor que el *NAV* enviado por el *RTS* (Figura 33) esto se debe a que se previene que las otras estaciones que acceden al medio antes que la transmisión se complete, ya que no todas las estaciones escuchan la trama *RTS*.

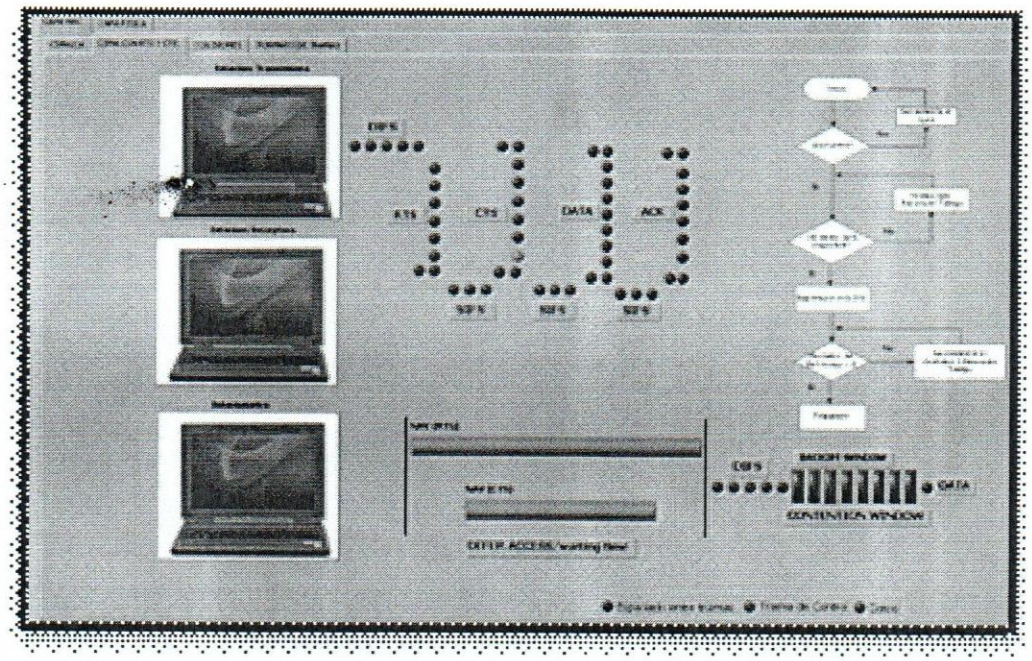


Figura 33: Trama CTS y Establecimiento del NAV-CTS.

3.5.3. Descripción de las Colisiones

Esta rutina se puede apreciar en la interfaz de la Figura 34 donde se ocasiona una colisión a partir de transmisiones en simultáneo de más de una estación. Es importante señalar, que esta transmisión se ve limitada por el Hardware, ya que solo permite la transmisión de un solo paquete de datos, debido a que solo se contaba con un canal. Adicionalmente, cuando se genera la colisión, se muestra una advertencia de manera de notificarle al usuario, también se despliega un cuadro explicativo con la definición de una colisión entre tramas, y el proceso que siguen las estaciones una vez que se han originado.

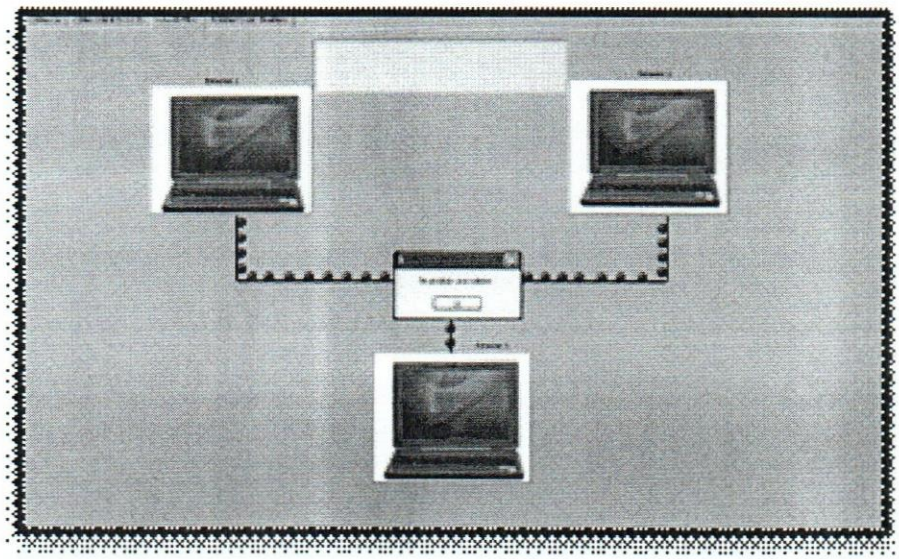


Figura 34: Colisión entre Estación 1 y Estación 2.

3.5.4. Formato de Tramas

En este módulo, se obtienen como resultados los campos de tipos y subtipos de las tramas que se generan en la capa *MAC*, que pueden ser observados y analizados por un usuario y hacer la correspondencia con el tipo de transmisión,

según la tipología usada y el mecanismo de acceso que se esté implementando. La Figura 35 describe la interfaz que reúne los indicadores representativos a los campos de una trama *MAC*.

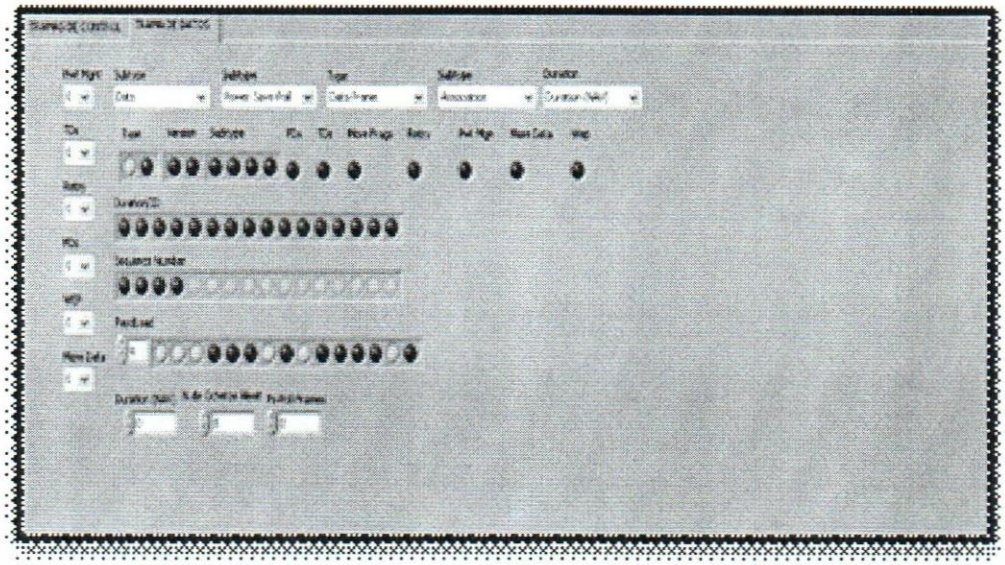


Figura 35: Campos del Formato General de la Trama.

Las tramas de control, están asociadas a las tramas de datos para realizar las funciones de reservación del canal, entre otras cosas. El resultado mostrado en la Figura 36, describe una interfaz con el formato de cada una de las tramas de control, donde los campos de la misma son representados a través de indicadores tipo *LED*. Estos se activan o des-activan según la configuración de la transmisión que se vaya a desarrollar. Además se muestra, la conversión a bit, de los campos que se activan, que son aquellos que se van a proceder a transmitir a nivel de capa física, dentro de la cabecera, en el modulo de generación de datos.

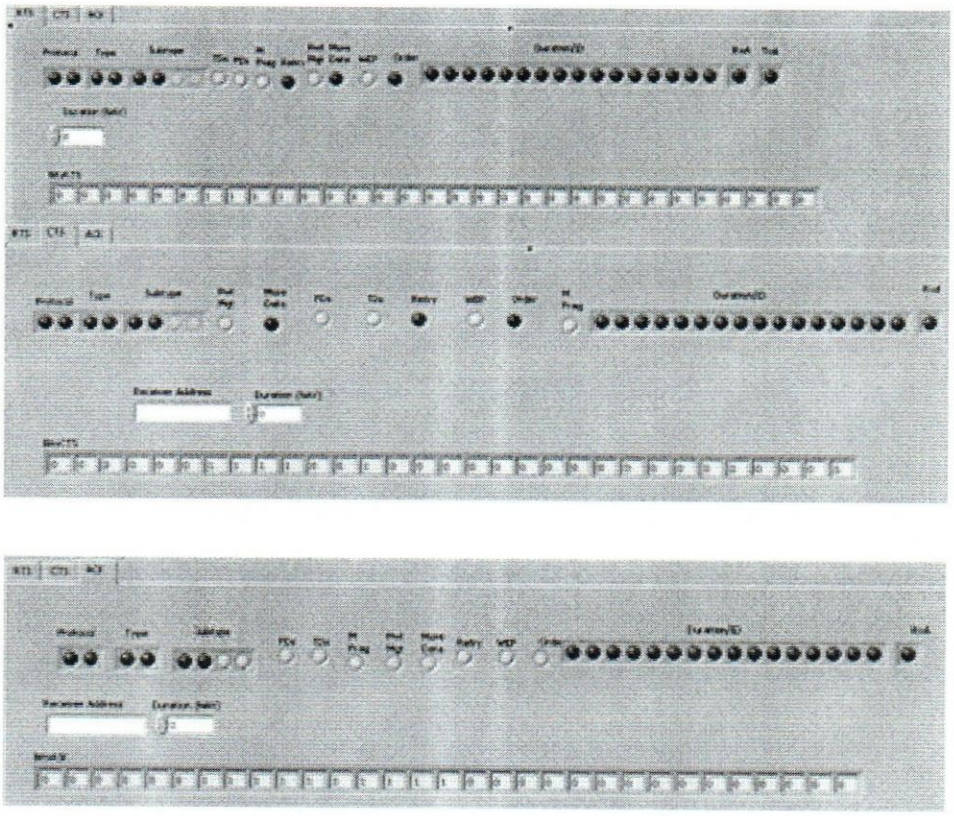


Figura 36: Formato de Tramas de Control.

3.6. CONCLUSIONES

En la banda ISM (industrial -scientific -medical) de 2.4 GHz operan los dispositivos 802.11. El uso libre y público produce un gran beneficio para la emulación de la capa física y la capa MAC.

A través de la comparación entre las distintas revisiones, se concluye que la "b", fue una elección acertada, ya que presenta los rangos de frecuencia, velocidades de transmisión y técnicas de modulación, que pueden ser adaptadas a la plataforma de NI-PXI de NATIONAL INSTRUMENT.

Realizar este tipo de emulaciones sobre hardware, muestran los procesos en tiempo real, y ofrecen una alternativa para desarrollar sistemas de pruebas sobre nuevos estándares.

Se obtuvo una interfaz amigable, donde se describe el funcionamiento de la capa física y la capa de enlace, permitiendo ser una herramienta de apoyo pedagógico a las bases teóricas impartidas en las cátedras. Como valor agregado, se creó este instrumento, para proveer pedagogía, investigación y fundamentos básicos, a estudiante e ingenieros, proporcionando criterios para la planificación y gestión de una red de área local con tecnología inalámbrica

Mediante un estudio exhaustivo, se llevo a cabo la transmisión y recepción, pudiendo obtener integridad de la información que se transmite, verificada en el receptor

Mediante un estudio exhaustivo, se implementó y comprobó que la sincronización es de vital importancia en la recepción y detección de los datos, como proceso que realiza la capa física.

Se obtuvo un modelo analítico de capa física que presenta de forma explícita, los parámetros que mejor se adaptan a las condiciones y a los recursos disponibles (frecuencia de portadora en 5M Hz, Tasa de Bits en 500 Hz, Numero de Bits enviados 1014), mostrando el mejor desempeño y eficiencia para la transmisión y recepción de señales.

Es importante tener en cuenta, el establecimiento de los parámetros en los que interviene el muestreo de las tarjetas, en un margen inferior antes los máximos valores que puede soportar, debido a que dichos módulos generan calor que, entonces debe ser compensado.

El modulo de generación de señales arbitrarias es tolerante a muchos esquemas de modulación, y se pueden adaptar a las diferentes variables que intervienen en

la creación de formas de ondas de RF, como, frecuencia central, tasas de símbolos, tasas de muestreo entre otras.

A través de las herramientas que posee el software de simulación Labview, se obtuvo la forma de poder describir la ventana de contención y el algoritmo de retroceso que realiza la capa MAC. Además, se pudo mostrar la transmisión de las tramas y el tiempo de separación que existe entre ellas. Se destaca a nivel informativo los campos de las tramas, la longitud en bits que ocupa la configuración según sea el tipo y subtipo de trama que se esté generando en una estación.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DE LAS POSICIONES OCUPADAS POR EL PERSONAL DE LA UCAB.

4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas constituyen agentes económicos capaces de tomar decisiones en torno sus procesos funcionales y productivos; el ejercicio de sus funciones está relacionado con procesos de planificación estratégicas empresariales, motivo por el cual resulta de gran importancia la capacidad crítica de sus dirigentes para evaluar las limitaciones, debilidades, fortalezas y amenazas que puedan atentar contra el éxito de la operatividad de las organizaciones. Dicho éxito depende de la combinación efectiva de múltiples factores que interactúan en conjunto, entre los cuales se puede mencionar uno como lo es la productividad, pues establece una relación entre lo producido y el esfuerzo o trabajo invertido en dicha producción, en la medida que estos factores tengan un comportamiento cónsono representará para las empresas ganancias o pérdidas, según sea el caso.

En atención a lo antes descrito, se planteo la necesidad realizar un control de las horas reales que laboran los empleados de la UCAB, pues el incumplimiento del promedio estimado de horas laborables se traduce en escaso rendimiento que impacta en la calidad del servicio prestado (en el caso donde fue realizado este trabajo que fue en la UCAB, la baja calidad seria del servicio académico-administrativo) y retraso en el cumplimiento de las metas propuestas, entre otros. En tal sentido, se plantea la necesidad de realizar un monitoreo de la ubicación geográfica del trabajador, en virtud de ello el propósito de este

proyecto fue ofrecer un sistema al mercado empresarial, que permita de forma conjunta con futuras estrategias perfeccionar sus mecanismos de control y garantizar niveles de productividad y rendimiento cada vez más exitosos.

4.2. OBJETIVOS

4.2.1. Objetivo General

Desarrollar un Sistema de Información para el Monitoreo y Registro de las Posiciones Ocupadas por el Personal de la UCAB.

4.2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar la base de datos con la cual trabaja el sistema desarrollado.
- Analizar protocolos de interconexión para el envío de coordenadas, desde el dispositivo móvil al computador, con el objeto de seleccionar el protocolo adecuado a los fines deseados.
- Diseñar la interfaz que permita consultar la base de datos que contiene los registros de los empleados
- Mostrar a través de una aplicación la ubicación de los dispositivos móviles.
- Integrar las aplicaciones individuales a fin de presentar un sistema de información amigable.

4.3. MARCO TEORICO

4.3.1. Sistema de Información

(Montilva, 1992) citado por (Fundación Escuela de Gerencia, 2005) señala "(Un sistema de información) es un conjunto organizado de hombres,

máquinas, programas y procedimientos para llevar a cabo unas funciones que cumplan unos objetivos deseados".

4.3.2. Modelo en Cascada

Existe variedad de modelos de desarrollo de software que pretenden guiar su elaboración, entre los cuales se encuentra el modelo en cascada, (Cruz, 2007) lo define: "Llamado también Lineal secuencial. Proporciona una simple visión del desarrollo del Software. A los procesos los representa como fases separadas y secuenciales en tiempo. Antes de codificar debemos diseñar el software, además probarlo antes de construirlo y ponerlo en operación".

4.3.3. Sistema de Posicionamiento Global (GPS):

(Pozo, Ribeiro, M., D., & F.) indican: Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre.

4.3.4. Latitud y Longitud

La localización de un punto sobre la superficie terrestre usualmente se realiza mediante coordenadas, las cuales reciben el nombre de Latitud y Longitud.

(Stern, 2003) define Latitud y Longitud como: "dos ángulos, medidos en grados, minutos de arco y segundos de arco". Los cuales permiten especificar una posición en el mapa.

4.3.5. Android

(Nieto, 2011) señala: Android es un sistema operativo inicialmente pensado para teléfonos móviles(...). Lo que lo hace diferente es que está basado en Linux, un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma.

El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono (como el GPS, las llamadas, la agenda, etc.) de una forma muy sencilla en un lenguaje de programación muy conocido como es Java.

4.3.6. Base De Datos

(Ramez & Shamkant, 2007) señalan que "una base de datos es una colección de datos relacionados. Con la palabra datos nos referimos a los hechos (datos) conocidos que se pueden grabar y que tiene un significado implícito". A grandes rasgos una base de datos está asociada al registro sistemático de determinada información en algún medio de almacenamiento.

4.3.7. Protocolo de Interconexión

Toda interacción entre dos o más dispositivos requiere de la utilización de un protocolo. (Kioskea, 2008) define protocolo como: "método estándar que permite la comunicación entre procesos (que potencialmente se ejecutan en diferentes equipos), es decir, es un conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red".

4.3.8. LabVIEW

(National Instruments) conceptualiza LabVIEW como: Es un entorno de programación gráfica usado por miles de ingenieros e investigadores para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. Ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual.

4.4. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se basa en la ejecución de 8 fases que en conjunto condujeron a alcanzar el objetivo general del proyecto, las cuales se enumeran a continuación:

- Fase I: Documentación.
- Fase II: Desarrollo de la aplicación GPS en el sistema operativo Android.

- Fase III: Elaboración de la Base de Datos.
- Fase IV: Estudio e implementación de carga de mapas en LABVIEW.
- Fase V: Evaluación y selección del protocolo que permite el envío de datos desde el dispositivo móvil al computador.
- Fase VI: Presentación de las coordenadas de ubicación de los empleados en el mapa correspondientes en LABVIEW.

Se estima pertinente señalar que dado a las características particulares del proyecto, el modelo de desarrollo de software denimonado modelo en cascada (Recaredo & Trujillo, 2010), se ajusta adecuadamente a los fines deseados. En virtud de ello se decidió su implementación, motivo por el cual la ejecución de las fases 2 a 6, se realizó bajo esta figura. En Figura 37 se reseña las seis etapas que lo constituye:

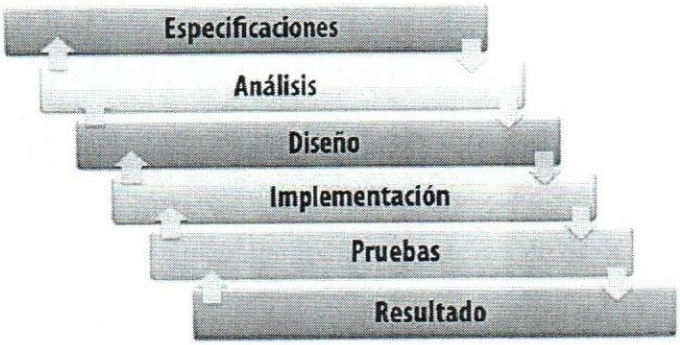


Figura 37: Modelo en Cascada.

4.5. DESARROLLO

4.5.1. Fase I: Documentación.

Se realizó la revisión de material bibliográfico tales como: libros, documentos electrónicos y Artículos digitales, entre otros. Ello permitió

principalmente la obtención de la información fiable y elemental para la generación del marco teórico del proyecto, lo que constituye el producto final de esta fase.

4.5.2. Fase II: Desarrollo de la Aplicación GPS en el Sistema Operativo Android.

La elaboración de la aplicación consistió en la generación del código correspondiente, para lo cual se realizó la edición del fichero GPSActivity.java en el cual se implementó el método capaz de adquirir las coordenadas correspondiente a la ubicación, mediante los atributos que brinda el dispositivo móvil, así como la capacidad de mostrarlas mediante un mensaje de advertencia; de igual modo ofrece la opción de poder salir y finalizar la aplicación, por medio de un botón. Esto sumado a la edición del archivo main.xml, en este se creó la interfaz de interacción con el usuario del dispositivo móvil. Finalmente se manipuló el AndroidManifest.xml en el cual se conceden los permisos de uso para las opciones de GPS ofrecidas por el dispositivo móvil.

El funcionamiento de la aplicación consiste en: toda vez que la aplicación es activada en el dispositivo móvil y se solicita la ubicación de posición actual, se realiza una conexión con el GPS del móvil, luego del correspondiente proceso de sincronización, se muestra en pantalla las coordenadas de ubicación (latitud y longitud).

4.5.3. Fase III: Elaboración de la Base de Datos.

El proceso de elaboración de la base de datos requirió del diseño de tres modelos:

- Modelo conceptual, reflejó dos entidades: Profesor e Histórico de Posición. La entidad Profesor cuenta con dos atributos: nombre y cédula. Mientras que la entidad Histórico de Posición obtuvo como atributos: fecha y hora, latitud, longitud y ubicación.

- Modelo lógico, se llevó a estructura de tablas el modelo anterior, con ello se generó dos tablas, correspondientes a cada entidad: Profesor e Histórico de Posición. No obstante resulta necesario señalar, que en aras de agilizar el proceso de generación de informes, disminuir la demanda de recursos, tanto de la base de datos como del resto de las aplicaciones que integran al sistema, y motivado a que no se corre riesgo de duplicación datos, se decidió recurrir a la desnormalización de tablas, se obtuvo finalmente un modelo lógico compuesto por una única tabla denominada Histórico de Posición que fusiona las dos entidades y sus atributos, establecidas inicialmente.

- El modelo físico resultó de la materialización de los modelos anteriores, se llevó a código la estructura establecida previamente, para lo cual se seleccionó el sistema de gestión ORACLE.

4.5.4. Fase IV: Estudio e Implementación de Carga de Mapas en LabVIEW.

Se realizó la edición de un mapa extraído del portal oficial de la Universidad Católica Andrés Bello, el cual contiene una representación próxima a la realidad de su infraestructura. Se superpuso un indicador compuesto por una imagen sobre cada área relevante del campus, en total se generaron 3 mapas, con extensión JPEG.

Posteriormente se diseñó un instrumento virtual (programa) en LabVIEW constituido por una secuencia de componentes que permiten mostrar imágenes en formato JPEG. La aplicación envía una solicitud al dispositivo móvil luego de la sincronización correspondiente con las aplicaciones respectivas (GPS y TCP/IP), ejecuta una comparación de las coordenadas y en función al rango en el que se encuentre, revela en el mapa la ubicación correspondiente a dichas coordenadas, al mismo tiempo muestra mediante indicadores las coordenadas obtenidas.

4.5.5. Fase V: Evaluación y Selección del Protocolo que Permite el Envío de Datos Desde el Dispositivo Móvil al Computador.

Con la consulta bibliográfica ejecutada, se obtuvo información de características tales como fiabilidad, orientado o no a conexión, entre otros, con lo cual se elaboraron cuadros resumen de los protocolos consultados, finalmente de acuerdo a los hallazgos obtenidos de la revisión bibliográfica y el estudio de las ventajas ofrecidas por cada uno, se definió el protocolo de interconexión de conveniencia, compatible con el resto de los procedimientos empleados.

Los cuadros resumen de protocolos de capa de red y capa de transporte se reseñan en Tabla Nº 4 y Tabla Nº 5 respectivamente.

Protocolo	Característica de Selección o Descarte	Decisión
X.25	La característica orientado a conexión basada en circuitos virtuales, le quita recursos a los routers para el establecimiento del enlace ocasionando retardos y pérdida de recursos a la red.	Descartado
IPX	Al ser un protocolo no orientado a conexión basado en el concepto de datagramas, permite que los paquetes se distribuyan independientemente, sin la necesidad de una conexión previa entre el origen y el destino.	Candidato
IP	Cuenta con características de gran similitud a IPX, pero con mayor fiabilidad.	Seleccionado

Tabla 4: Cuadro Resumen de Protocolos de Capa de Red.

Protocolo	Característica de Selección o Descarte	Decisión
SPX	IPX/SPX opera bajo el sistema operativo de Red Novell NetWare, el cual no está contemplado para la implementación de este trabajo de grado.	Descartado
UDP	Este protocolo tiene su fuerte en la transmisión de voz y video; ya que el mismo no tiene confirmación ni control de flujo, por ende no es un protocolo fiable para la implementación a realizar.	Descartado
TCP	Este protocolo ofrece gran seguridad en cuanto a la entrega de datagramas; mediante el control de envío de paquetes y mecanismos de control de errores, lo que permite la comunicación entre dos sistemas sin errores y ni pérdidas.	Seleccionado

Tabla 5: Cuadro Resumen de Protocolos de Capa de transporte.

4.5.6. Fase VI: Presentación de las Coordenadas de Ubicación de los Empleados en el Mapa Correspondientes en LabVIEW.

Esta fase conduce a la integración de las aplicaciones individuales que forman parte del Sistema de Información, por lo que para su cumplimiento fue necesario haber logrado: aplicación de GPS en Android, aplicación de carga de mapas en LabVIEW y comunicación dispositivo móvil- PC y viceversa; estos elementos fueron agrupados en una aplicación elaborada en LabVIEW, se ofrece una interfaz que brinda la posibilidad ejecutar tres operaciones: consulta de base de datos, consulta de mapa de ubicación y borrar registro de histórico; para lo cual se creó un diagrama de bloques compuesto por: subrutinas de elementos destinados a ejecutar las aplicaciones antes citadas.

A grandes rasgos, está conformado por dos módulos: comunicación TCP/IP y módulo de comparación y generación del mapa de ubicación; ambos módulos tienen asociados indicadores y controladores que permiten activar y comprobar el funcionamiento del sistema.

4.6. RESULTADOS

En este proyecto se logró obtener como resultado final, un Sistema de Información modelado en un Software de Usuario, que ofrece al usuario la oportunidad de consultar la posición de un individuo, para el caso de este proyecto de los profesores a tiempo completo de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), en un instante dado y dentro del campus universitario, específicamente en tres áreas representativas como lo son: Edificio Laboratorios, Edificio de Aulas y Edificio Cincuentenario. Dicha posición es visualizada en un mapa de vista real. Además permite almacenar en una base de datos el histórico de las posiciones

registradas, por lo que finalmente representa una herramienta de consulta de las posiciones que el personal ha ocupado dentro del recinto universitario, en un intervalo de tiempo determinado.

4.6.1. Base de Datos del Sistema Desarrollado.

La elaboración de la base de datos estuvo basada en tres modelos: conceptual, lógico y físico. El producto final obtenido en este proyecto lo constituye el modelo físico, compuesto por una base de datos en ORACLE, que está conformada por una tabla denominada Histórico de Posición, con dos entidades: Profesor (cuyos atributos son nombre y cédula), e Histórico de Posición (con latitud, longitud, ubicación y fecha-hora como atributos). En Figura 38 se describe el modelo físico de la base de datos.

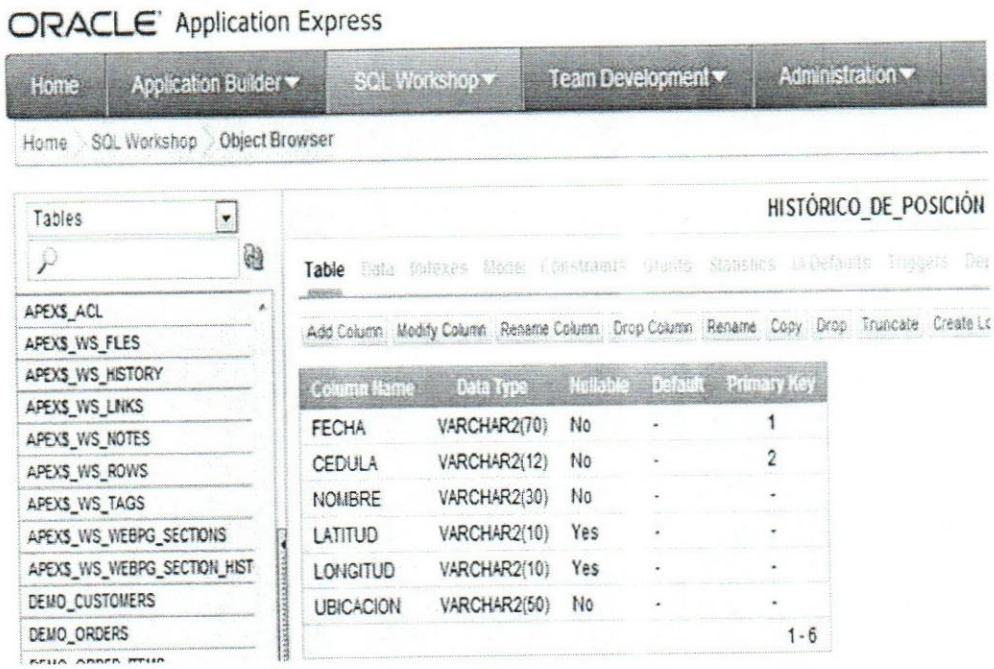


Figura 38: Base de Datos del Sistema.

4.6.2. Protocolo de Interconexión Seleccionado para el Envío de Coordenadas desde el Dispositivo Móvil al Computador.

Para este proyecto se empleo el protocolo *TCP/IP* (capa4/capa3) para la interconexión entre el dispositivo móvil y el *PC*, esto motivado a que *TCP* resulta un protocolo fiable, capaz de ofrecer una transmisión sin errores, apoyado además en las características funcionales del protocolo IP en cuanto a la transmisión rápida de datos, flexibilidad, enrutamiento.

4.6.3. Interfaz que Permite Consultar la Base de Datos que Contiene los Registros de los Empleados.

La interfaz gráfica en fue desarrollada en LabVIEW (ver figura 39), la cual permite consultar la base de datos. El panel frontal de dicha aplicación contiene una pestaña denominada histórico, donde se muestra las consultas realizadas, en formato de arreglos, en otra pestaña se ubican los controles e indicadores de la aplicación, cuenta con un selector que permite seleccionar la acción a realizar, consulta de: ubicación, consulta de base de datos y limpieza del histórico.

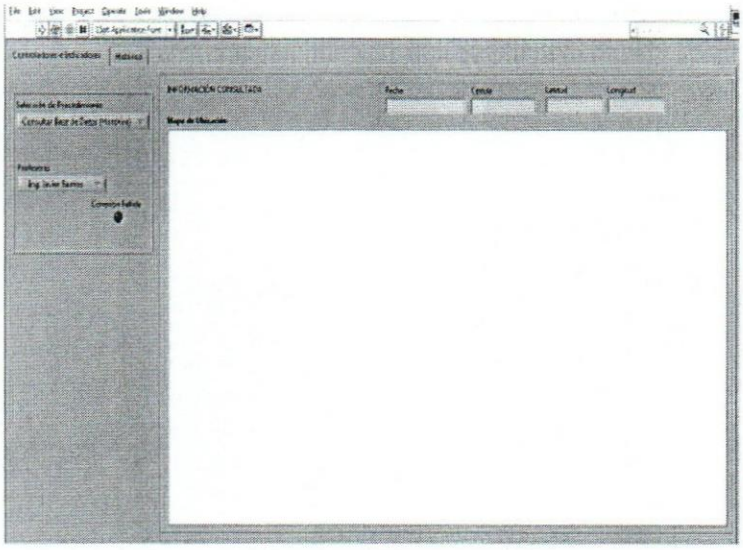


Figura 39: Interfaz de Consulta de la Base de Datos.

4.6.4. Aplicación que Muestra la Ubicación de los Dispositivos Móviles.

En principio, fue necesaria la carga de mapas en LabVIEW (ver figura 40). La correspondiente programación permitió obtener un panel con dos vistas, en la primera se ubican los controles e indicadores necesarios para el funcionamiento de la aplicación, en este caso el control es un valor introducido por el usuario, que representa una posición, luego de la comparación respectiva en la segunda vista se despliega el mapa que muestra la posición del individuo.

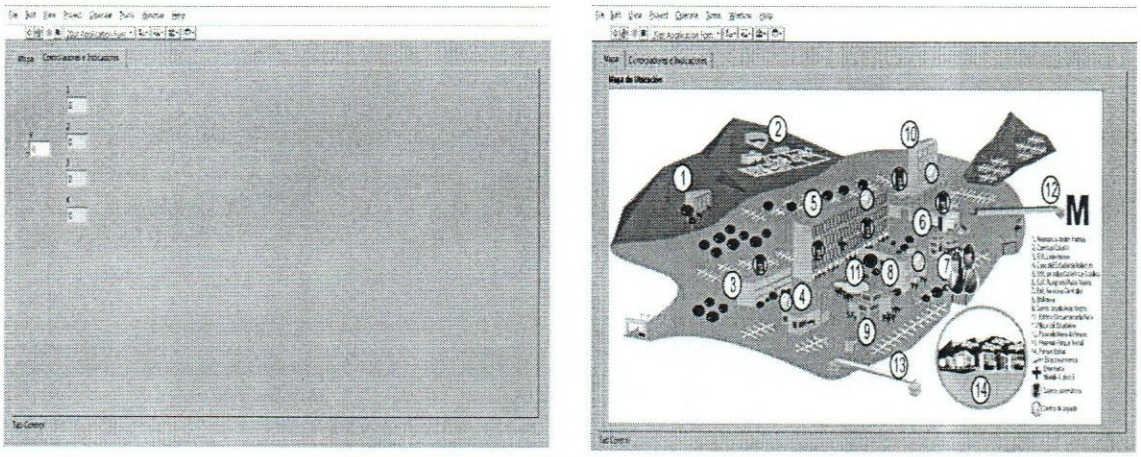


Figura 40: Interfaz de carga y desplegué de mapas.

Luego se procedió a establecer la comunicación PC a PC, para lo cual, sobre la base de la arquitectura servidor/cliente, se programaron dos aplicaciones de comunicación bidireccional en la que ambas máquinas escuchan y responden en diferentes tiempos, una de las máquinas ejerció la función de cliente, mientras que la otra representó al dispositivo móvil.

Del lado del cliente la aplicación está compuesta por dos vistas: en la primera se ubican los controles e indicadores necesarios para el funcionamiento de la

aplicación, en este caso el control es la dirección IP del ordenador que ocupa el papel del dispositivo móvil, esta aplicación se fusionó con la aplicación de carga de mapas por lo que en la segunda vista se despliega el mapa que muestra la posición del individuo; mientras que del lado del servidor la interfaz es una única vista cuyo controlador es un valor que simula la posición. En ambos casos los indicadores permiten monitorear el proceso de comunicación y su información tales como puertos direcciones IP, entre otros (ver figura 41).

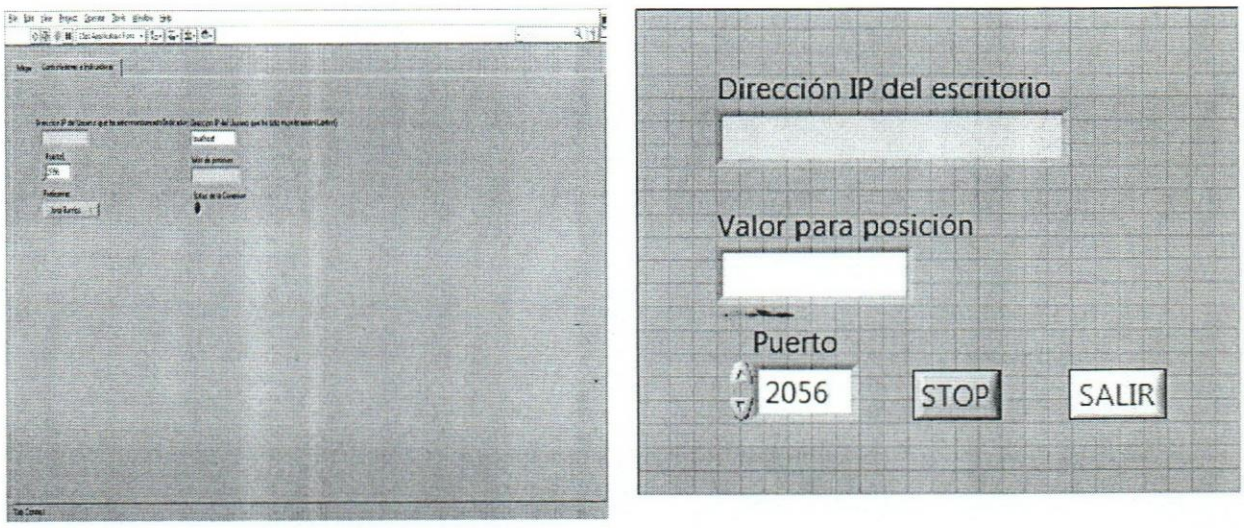
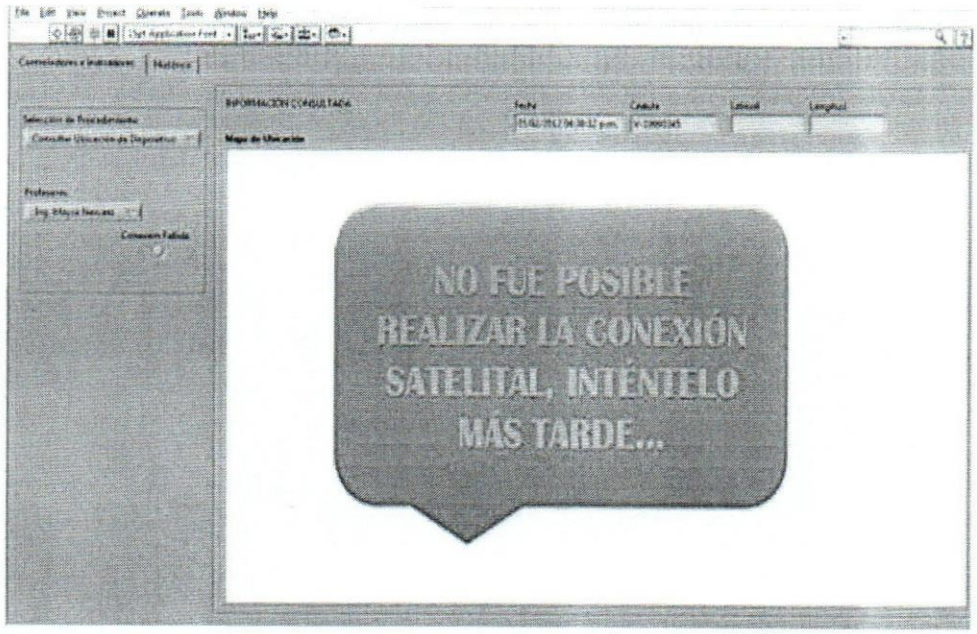


Figura 41: Controles e indicadores de aplicación PC-PC y su panel de control en el servidor.

La aplicación cuenta con procesos de validación; desplegando un mensaje que indica la ocurrencia de alguna de las situaciones siguientes:

- El dispositivo no ha sido localizado dentro de la red UCAB (ver Figura 42).
- No ha sido posible la conexión satelital (ver Figura 42).
- Las coordenadas obtenidas no correspondan a los rangos contemplados (ver Figura 43).

EL DISPOSITIVO CONSULTADO, EN ESTE MOMENTO NO PUEDE SER LOCALIZADO


NO FUE POSIBLE REALIZAR LA CONEXIÓN SATELITAL, INTÉNTELO MÁS TARDE...

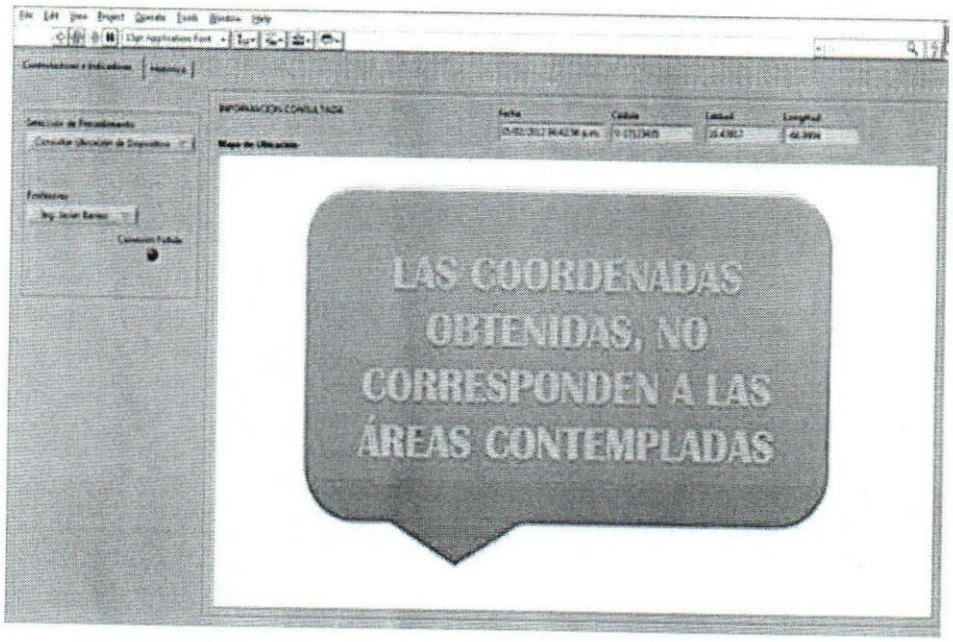


Figura 42: Pantallas de validaciones de la aplicación.

4.7. CONCLUSIONES

A nivel mundial el sector empresarial a lo largo del tiempo ha enfrentado problemas asociados a su rendimiento económico, en virtud de lo cual se ha pretendido establecer acciones para afrontar tal situación, ello conduce a la búsqueda de herramientas que permitan determinar el motivo de esta problemática y a su vez facilite el proceso de toma de decisiones en torno a esto.

Lo antes descrito a la elaboración de un sistema para atender a tal necesidad, el cual constituye una herramienta que permite al usuario realizar el monitoreo de las posiciones ocupadas por el empleado en su lugar de trabajo, además de

hacer posible el registro y almacenamiento de la ubicación del personal consultado.

En atención a lo anterior se estableció un total de cinco objetivos específicos, asociados en su mayoría a actividades individuales tales como: programación de aplicaciones de geo-posicionamiento, manejo de protocolos de interconexión, diseño de interfaces de usuario, construcción de bases de datos, entre otras, que en conjunto permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto.

En este mismo orden de ideas, se considera relevante indicar, que el sistema de información elaborado es resultado de los productos obtenidos de las aplicaciones individuales generadas, que en síntesis son: aplicación TCP/IP que hace posible la conexión entre el dispositivo móvil y el ordenador para el intercambio de datos (latitud, longitud); base de datos capaz de almacenar las coordenadas extraídas del dispositivo móvil, con su respectiva interfaz de consulta; finalmente la aplicación capaz de desplegar el mapa correspondiente a las coordenadas otorgadas por el dispositivo móvil.

Es oportuno señalar que este sistema de información fue modelado en software de usuario lo que conllevó a la implementación del modelo en cascada para desarrollo de software, hecho que enmarcó la estructuración del proyecto y a rasgos generales sintetiza la metodología empleada, el cumplimiento de las seis fases que dicho modelo, precisó el diseño organizado del sistema.

Así mismo, la posibilidad de contar con un mecanismo de control que permita la supervisión remota y brinde al usuario información valiosa que inste a la ejecución de cambios beneficiosos en las técnicas orientadas a promover principios de motivación, responsabilidad, entre otros, en busca de mejoras en el rendimiento laboral, constituye el principal aporte del proyecto desarrollado. Por lo que se puede afirmar que el empresario constituye el primer beneficiario, pues

este sistema autónomo, además de brindar un mecanismo de supervisión, ofrece la alternativa de eliminar un recurso humano únicamente dedicado a la supervisión sumado al material físico que ello requiere.

Al igual que las sociedades el ámbito laboral está sujeto a permanentes innovaciones, la Ingeniería en Telecomunicaciones ofrece la posibilidad de crear sistemas tecnológicos que faciliten el desarrollo y la implementación de nuevas técnicas, que fortalezcan el crecimiento y la producción de las empresas, donde la supervisión y motivación del recurso humano cobran gran significación, para lo cual los responsables del proyecto consideran que esta herramienta les será de gran utilidad.

CAPITULO V
DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL QUE PERMITA LA MEDICIÓN DE LA RELACIÓN PORTADORA INTERFERENCIA PRODUCIDA EN LAS ESTACIONES BASES DE TELEFONÍA CELULAR BAJO LA TECNOLOGÍA UMTS EN LOS SECTORES LOS PALOS GRANDES Y ALTAMIRA

5.1. ANTECEDENTES

Para la realización de este proyecto se han tomado en consideración los siguientes trabajos de investigación y las aplicaciones existentes entre otros.

5.1.1. Movilcom 2003

El proyecto Movilcom 2003 nació en la Universidad Politécnica de Madrid en el Departamento de Señales Sistemas y Radiocomunicaciones de la ETS de ingenieros de Telecomunicación, realizado por Antonio Ignacio Colmenar y José María Hernando Rábanos. Movilcom 2003 es una herramienta informática con objetivos didácticos. Se basa en aspectos generales de las radiocomunicaciones. Los temas tratados se centran en comunicaciones móviles. La aplicación cuenta con herramientas que permiten el análisis y dimensionamiento de sistemas UMTS Y GPRS; adicionalmente permite calcular la interferencia presente en los enlaces (Uplink y Downlink) y la determinación de la capacidad de tráfico desde el punto de vista del número de canales disponibles en cada caso, así como la relación portadora interferencia. La herramienta Movilcom 2003 representa un recurso determinante para la realización de este proyecto ya que permite simular las redes UMTS obteniendo valores que permiten compararlos con los de la aplicación desarrollada.

(MOVILCOM 003,http://www.grc.ssr.upm.es/programas/Movilcom/Movilcom.htm)

5.1.2. Trabajos de Investigación Relevantes

El más reciente tomado en cuenta fue el realizado por Máximo Morales Céspedes en Octubre de 2010, titulado "Gestión de Interferencias en Sistemas Femtocelda" y tenía como objetivo principal el resumir de forma concisa el origen y futuro de las femtoceldas, así como la problemática que surge de su utilización. Cabe señalar que a pesar que la gestión de interferencias fue la parte central del proyecto, no se trabajó directamente con macroceldas, sin embargo se utilizó técnicas de gestión de interferencias, que fueron de gran utilidad en nuestro proyecto.

El segundo trabajo de grado tomado en consideración, fue realizado por Luis A. Ugalde V. en el año 2001, titulado "Diseño y Planificación de una Microcelda en el centro comercial Mall del Sol", el cual tenía como objetivo principal implementar una microcelda en un centro comercial, así como estudiar la interferencia que se podría producir entre las otras celdas adyacentes al sitio.

El siguiente trabajo incluido en la investigación fue realizado por Jesús López García; se titula "Simulación de tramas de comunicación para UMTS" y tenía como objetivo principal crear una simulación de las tramas de comunicación para UMTS. Esta tesis ayudó de gran manera en muchos aspectos relacionados a la parte teórica del sistema UMTS, por lo que representó un gran aporte.

El cuarto trabajo tiene como título "Esquema eficiente de administración de la calidad de servicio para el sistema de telecomunicaciones móviles universales" realizado por Efraín Zaleta Alejandro, que si bien no va ligado directamente con nuestro tema toca puntos teóricos importantes sobre UMTS que sirven de apoyo a la investigación.

5.1.3. Aplicaciones Existentes

Actualmente en el abanico de aplicaciones móviles existentes, podemos contemplar varias que tratan puntos importantes en UMTS; sin embargo, ninguna realiza cálculos de la relación portadora interferencia, por lo que el presente proyecto representa un avance en el área móvil. A continuación las aplicaciones móviles existentes en el mercado Android.

5.1.4. 2G, 3G, 4G Network Monitor (I)

Aplicación desarrollada por Michal S. para la plataforma Android; la misma cuenta con diversas características pero básicamente se centra en el monitoreo de la red, mostrando un contador de tráfico de datos móviles y Wi-Fi así como la notificación cuando se pierde la señal del móvil.

(MichalS, https://play.google.com/store/apps/details?id=msd.n2g.n3g&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsIm1zZC5uMmcubjNnIl0.)

5.1.5. G-MoN

Aplicación desarrollada por C. Knuetter orientada al drive Testing en 2G, 3G y 4G que permite observar todas las características más importantes de las celdas alrededor del móvil, como lo son la distancia, CID, LAC.

(C.Knuetter, https://play.google.com/store/apps/details?id=de.carknue.gmon2&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsImRlLmNhcmtudWUuZ21vbjliXQ..)

5.1.6. UMTS status

Aplicación desarrollada por estudiantes de la INSA en Toulouse, Francia. Muestra el radio de cobertura de la celda UMTS. Adicionalmente se pueden observar las 6 radio bases más cercanas al equipo móvil. Por otra parte se puede observar el handover, todo esto en una interfaz gráfica de Google maps.

(INSA,
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.insa.android_projet&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsImNvbS5pbnNhLmFuZHJvaWRfcHJvamV0Il0.)

5.1.7. Open Signals Maps

Sin duda alguna es la aplicación más completa que se encuentra en el mercado en este momento sobre el tema de UMTS, desarrollada por Staircase 3, Inc. Dicha aplicación cuenta con varias características útiles como lo son, la dirección de la señal recibida, el grafico de la señal, vistas de mapa y radar de las radio bases y routers de la zona, datos de intensidad de señal detallados, historial de las lecturas de la señal realizadas entre otras funcionalidades, que permiten obtener daros de relevancia en el ámbito de UMTS.

(Staircase3,
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.staircase3.opensignal&feature=search_result#?t=W251bGwsMSwxLDEsImNvbS5zdGFpcmNhc2UzLm9wZW5zaWduYWwiXQ.)

5.2. PLANTEMAIENTO DEL PROBLEMA

La telefonía celular en los últimos años habría sufrido un incremento masivo de usuarios en la zona metropolitana de Caracas, debido a la necesidad que tienen las personas de poder movilizarse y al mismo tiempo mantenerse comunicadas.
Por otro lado, el modelo en el cual se basan los sistemas celulares, consiste en subdividir las zonas de cobertura, alrededor de un territorio en celdas; estas a su vez se subdividen en macroceldas, microceldas, picoceldas y femtoceldas y dependiendo de la zona geográfica específica de cobertura se debería utilizar la más adecuada.
Es importante destacar que para las operadoras de telefonía móvil es de gran importancia ofrecer un servicio de calidad en todo el territorio al que le dan

cobertura, así como ir evolucionando tecnológicamente a los requerimientos de los usuarios, de manera de cubrir todas sus necesidades y manejar el tráfico de datos que, con el pasar de los años crece de manera exponencial. Es por ello que fue importante estudiar los fenómenos de interferencia que afectan las comunicaciones y buscar soluciones que permitieran mejorarlas.

Las Interferencias que afectan las comunicaciones son inevitables, sin embargo estas se pueden atenuar o disminuir en términos de incidencia, buscando así aumentar la calidad del servicio, una mejor cobertura y además evitar la desconexión de datos, ya que esto representa molestias para el usuario y perjudica algunas zonas específicas del país, que no tienen la cobertura adecuada debido al alto nivel de interferencia.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, fue necesario desarrollar una herramienta de señalización de la relación portadora interferencia (C/I) así como la relación señal a ruido (S/N), en áreas específicas, dirigida en primer lugar a los usuarios del sistema de telefonía celular y al mismo tiempo que sirviese de soporte a las compañías que ofrecen los servicios de telefonía, para motivarlas a la búsqueda de una solución práctica a las interferencias, sin que se requiera una inversión de grandes magnitudes.

5.3. OBJETIVOS

5.3.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación que permita medir la relación portadora interferencia (C/I) en los enlaces Uplink y Downlink entre el usuario y las estaciones bases ubicadas en los sectores de los Palos Grandes y Altamira, Caracas-Venezuela.

5.3.2. Objetivos Específicos

- Ubicar geográficamente las estaciones base en los sectores de Los Palos Grandes y Altamira que soporten UMTS.
- Calcular teóricamente la relación portadora interferencia para casos puntuales de estudio.
- Mediante el uso de un simulador, verificar los cálculos teóricos.
- Recolectar la información necesaria para el desarrollo del algoritmo que permita la realización de los cálculos prácticos de la aplicación.
- Diseñar un mapa cartográfico basado en Google Maps en el cual se indique mediante coordenadas las estaciones bases a utilizar.
- Desarrollar una aplicación empleando un sistema operativo amigable que permita la medición de la relación portadora interferencia y relación señal a ruido.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación en el ambiente de trabajo.

5.4. MARCO TEORICO

5.4.1. Arquitectura UMTS

El sistema UMTS se compone de dos grandes bloques, el bloque UTRAN que engloba todas las funcionalidades relativas a los aspectos radio del sistema, y el bloque CN encargado de las funcionalidades de red fija. El bloque UTRAN corresponde a una nueva tecnología de acceso radio completamente diferente a la de su antecesor, el sistema GSM. Por el contrario, el bloque CN se plantea como una adaptación del bloque de red fija del sistema GSM, con intención de re aprovechar los elementos de red y sus funcionalidades en la medida de lo posible.

5.4.2. Equipo de usuario

El equipo de usuario o UE, también llamado móvil, es el equipo que el usuario trae consigo para lograr la comunicación con una estación base en el momento que lo desee y en el lugar en donde exista cobertura. Este puede variar en su tamaño y forma, sin embargo debe estar preparado para soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. Por ejemplo, si un móvil trabaja bajo el sistema UMTS, debe ser capaz de acceder a la red UTRAN mediante la tecnología de WCDMA para lograr la comunicación con otro móvil.

5.4.3. Estación Base (BS, Nodo B)

Este se conecta al usuario por medio de la interfaz aérea Uu (W-CDMA), y su principal función es la de convertir en ambos sentidos de esta interfaz. El proceso interno de este elemento incluye la transferencia de información de los canales de transporte en la interfaz Iub a los canales físicos de la interfaz Uu. Además incluye corrección de errores, la modulación por medio de QPSK, el spreading y unspreading de W-CDMA, así como el ajuste de la tasa de transmisión. Mide la calidad y fuerza de la señal y manda ésta información al RNC para el proceso de handover y la combinación de macro diversidad. Tiene funciones para estimación de tráfico en la celda y control de acceso de ser requerido por el RNC.

5.4.4. Calidad UMTS.

UMTS ofrece distintos tipo de servicios que cumplen con ciertos requisitos de control de calidad, las diferencias más marcadas en estos valores vienen dadas por la sensibilidad al retraso, la probabilidad de bloqueo y el throughput (*Rendimiento final de una conexión. Volumen de datos que una conexión brinda como resultante de la suma de su capacidad y la resta de los factores que reducen su rendimiento.*) usuario. Estos valores son fijados por el operador de servicios así como los valores de porcentaje de cobertura.

Se muestra en tabla 6, los valores estándares que posee la red UMTS para cada tipo de servicio, tanto en la interfaz área como en el equipo receptor del usuario.

Servicio	Clase de Servicio	Rb (Kbps)	VTx Radio (Kbps)	SP
Voz	Conversacional	12.2	60	128
Video-Conferencia	CS64	64	240	32
Navegación Web	*Background*	64 *Subida* 384 *Bajada*	240 960	32 8

Tabla 6: Servicios Ofrecidos por UMTS.

5.4.5. Tipos de celdas

Existen celdas de distintos tamaños (macroceldas, microceldas, picoceldas, además de la cobertura vía satélite). Las macroceldas son celdas grandes donde el radio mínimo es de 1km, asociadas a entornos exteriores con velocidades altas en los móviles. Las microceldas tienen una distancia de cobertura de unos 200 a 400 m (pueden alcanzar hasta 1 Km) y su ámbito de aplicación son los entornos urbanos. Las picoceldas se asocian a entornos interiores con alta demanda de tráfico, tienen un radio pequeño que es entre 70 a 80 m, pudiendo alcanzar un máximo de cobertura de 100m. Es en estas picoceldas en las que se puede alcanzar la tasa de bit de 2048 Kbps En general se propone el despliegue de la red siguiendo una estructura celular jerárquica, con las celdas de menor tamaño dando servicios a las zonas de mayor demanda de tráfico.

5.4.6. Interferencia

Interferir quiere decir estar en oposición. La interferencia de ondas de radio se produce siempre que se combinan dos o más ondas electromagnéticas de tal manera que se degrada o mejora según el caso el funcionamiento de un sistema.

La interferencia constructiva es un aumento de la amplitud total de la onda, ocurre cuando los picos de una onda coinciden con los de las otras. Si las ondas son de radiación electromagnética, la amplitud incrementada corresponde a un aumento en la intensidad de la radiación, ya que la intensidad de una onda electromagnética es proporcional al cuadrado de la amplitud de la onda. La interferencia destructiva por su parte es una disminución de la amplitud total de la onda y ocurre cuando, los máximos

de una onda coincide con los valles de la otra teniendo como resultado una disminución de la intensidad. (Tomasí, 2003)

5.4.7. Relación Portadora Interferencia(C/I).

La relación generalmente expresada en decibelios, es la potencia de la portadora de una señal deseada y la potencia de una señal interferente evaluada en unas condiciones determinadas, estas potencias están consideradas a la entrada del receptor. En presencia de varias señales interferentes independientes, se debe considerar la suma de sus potencias. Las condiciones determinadas comprenden entre otras la naturaleza y características de la señal interferente, las características del receptor y de la antena, en particular la anchura de banda. (UIT, Recomendación UIT V.573-5).

5.4.8. Relación energía por bit- densidad espectral de potencia de ruido (Eb/N0)

Eb/N0 es un parámetro importante en comunicaciones digitales y transmisión de datos. Es una medida de la SNR (relación señal a ruido) normalizada, y también se conoce como "SNR por bit". Es especialmente útil cuando se comparan las BER (bit error ratio) de distintos esquemas de modulación digitales, sin tener en cuenta el ancho de banda. Es una magnitud adimensional. (UIT, Recomendación UIT V.573-5).

5.4.9. Ganancia de procesamiento (Gp)

También conocida como ganancia de expansión, puede definirse igual a la expansión del ancho de banda que, para el espectro expandido de secuencia directa, también es igual a la razón de segmentos y los bits de información.

$$Gp = \frac{Rc}{Rb} \qquad (7)$$

La ecuación anterior modela la ganancia de procesamiento del sistema. En UMTS Ganancia de procesamiento (Gp) es 3.84 megachips por segundo (Rc) / velocidad de la señal a transmitir (Rb), dependiendo del servicio que se esté prestando, esta ganancia de procesamiento cambia. A continuación se presentan los valores de ganancia de procesamiento para servicios comunes en UMTS. (Blake, 2004)

A continuación (ver tabla 7) los valores comunes de la Spreding Factor (Gp) por servicio.

Servicio	Spreading Factor (Gp)
Voz	128
Video Conferencia	32
Navegación Web Uplink	32
Navegación Web Downlink	8

Tabla 7: Valores comunes ganancia de procesamiento.

5.4.10. Modelo de cálculo de C/I en Downlink

La solución en los sistemas celulares es reutilizar las frecuencias, las ventajas de este método es que admite interferencia pero controlada, para realizar esta operación, se calcula la potencia útil e interferente que llega a un punto de la celda, y luego se impone que esté por encima de la relación de protección (*Es el valor mínimo de calidad que debe tener el sistema para garantizar un buen funcionamiento de los servicios prestados*). (Fuentes, 2008)

$$c = P_r = \frac{P_t \cdot Gt \cdot Gr}{k.d_c{}^n} = \frac{P_t \cdot Gt \cdot Gr}{Lb_{Tx-Rx}}$$

$$\boldsymbol{i = \frac{P_t \cdot Gt \cdot Gr(\forall_{Txi-Rxi})}{k.d_i{}^n} = \frac{P_t \cdot Gt \cdot Gr(\forall_{Txi-Rxi})}{Lb_{Txi-Rx}}} \quad (8)$$

En la figura 43 se muestra un punto aleatorio donde el usuario se encuentra a una distancia dc de la BTS a la cual está conectado y a una distancia di de una BTS Interferente.

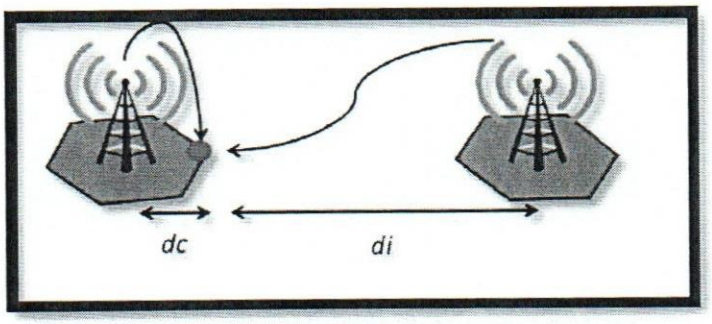


Figura 43: Comunicación entre celdas.

Y sus respectivas ecuaciones:

$$c = P_r = \frac{P_t}{k.d^n} \qquad i = \frac{P_t}{k * (D - R)^n}$$

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-n}}{\sum_m Di^{-n}} = (\frac{D - R}{R})^n = (\frac{D}{R} - 1)^n \qquad (9)$$

Donde se muestra el cálculo de la portadora y de la inferencia en términos de la distancia entre celdas.

El significado de cada uno de los parámetros de cada ecuación es mostrado en la siguiente lista:

- Dc Distancia desde el transmisor al punto de la celda donde se mide la potencia transmitida
- di Distancia desde el punto dc hasta la celda interferente
- k Función que depende de la frecuencia, altura móvil, altura estación base, según el modelo de propagación
- .
- N Constante que depende de la propagación. En Celdas urbanas n=2.7 a 5
- Pt Potencia Transmitida
- Gt Ganancia de transmisión
- Gr Ganancia de recepción
- Gr(□_(Txi-Rx)) Ganancia de recepción en función de la Bts Interferente.
- Lb□_(Tx-Rx) Atenuación espacio libre Transmisor-Receptor
- Lb□_(Txi-Rx) Atenuación espacio libre Transmisor Interferente-Receptor
- c Potencia recibida
- i Potencia interferente
- D Distancia entre celdas
- R Radio de la celda
- m Número de estaciones bases contribuyentes

5.4.11. Modelo de cálculo C/I en Uplink

Para el Modelado de interferencia en el enlace de subida se utilizó la siguiente formula (Díez, 2009)

$$\frac{C}{I} = \frac{Pi}{No.\frac{1}{Tc} + [Pr - Pi]} \frac{Eb}{No} = \qquad (10)$$

$$\frac{C}{I}.SF_i \geq \left(\frac{Eb}{No}\right)_{Target} \qquad Pr = \sum_{I=1}^{M+K} Pi$$

Como se puede observar la fórmula depende de la potencia interferente y la potencia recibida en el terminal móvil así como el número de usuarios máximo por celda (M).

Debido a que el terminal móvil no posee la misma potencia que la estación base, el valor de interferencia en el enlace de subida siempre tiende a ser mayor que al enlace de bajada. (Díez, 2009)

A partir de la ganancia de procesamiento se puede calcular la relación E/n.

$$\frac{Eb}{No} = \frac{C/Rb}{\mathrm{I/Rc}} \frac{Eb}{No} = Gp * \frac{C}{I} \qquad (11)$$

El significado de cada uno de los parámetros de cada ecuación es mostrado en la siguiente lista:

- C/I Relación Portadora Interferencia
- Pr Potencia de Recepción
- Pi Potencia Interferente
- Tc Tiempo de chip
- M Número Máximo de usuarios por celda
- Gp Ganancia de Procesamiento también llamada SFi
- Rc Velocidad del código de expansión (Kcps)
- Rb Velocidad Binaria del Servicio (Kbps)
- Rp Relación de Protección
- K Usuarios de celdas Vecinas

5.4.12. Android.

En los últimos años desde la aparición del sistema operativo Android se han venido desarrollando distintos proyectos y aplicaciones relacionadas con el sector de las comunicaciones que sirven de soporte para el proyecto a realizar, así mismo en las distintas universidades del mundo se han realizado trabajos de grado relacionados con la interferencia entre celdas.

El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik (*es la máquina virtual que se utiliza para la plataforma de dispositivos móviles con sistema operativo Android.*). El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono (como el GPS (*Global Positioning System (Sistema de posicionamiento global). Este sistema permite localizar a nivel global objetos, personas u vehículos con gran precisión hasta de centímetros.*), las llamadas, la agenda, etc. de una forma muy sencilla en un lenguaje de programación muy conocido como es Java.

5.5. METODOLOGÍA

5.5.1. Fase 1: Investigación documental

Tuvo como finalidad recopilar información perteneciente a investigaciones, artículos y trabajos de grado que permitieron establecer un marco teórico, contribuyendo así a una óptima implementación práctica del proyecto que se llevó a cabo. Adicionalmente se identificaron las aplicaciones bajo la plataforma de Android que se encuentran actualmente en el mercado relacionadas con UMTS. Finalmente se identificaron proyectos pilares para el desarrollo de esta investigación como lo es MOVILCOM 2003.

5.5.2. Fase 2: Identificación y recolección de información de las estaciones base.

Se ubicaron las celdas en los sectores a estudiar. Para dicha actividad, se realizó un recorrido por las principales compañías de telefonía móvil con la finalidad de recolectar información que nos permitió ubicarlas geográficamente, así como recolectar información técnica de las estaciones bases ubicadas en los sectores de Los Palos Grandes y Altamira, Caracas- Venezuela; y zonas de cobertura de las mismas que contribuyeron con los cálculos. Adicionalmente se hizo un recorrido a cada una de las estaciones base para recolectar información práctica necesaria para realizar los cálculos requeridos por la aplicación. Una vez obtenida toda la información necesaria se procedió a plasmar las coordenadas en Google Maps y el resto de la información depurarla para ajustarla a las necesidades.

5.5.3. Fase 3: Cálculo teórico de relación portadora interferencia (UMTS)

Fase fundamental en este proyecto, con apoyo de las bases teóricas de los modelos de cálculo de la relación portadora interferencia. Para la realización de dichos cálculos se procedió a trabajar con la data recolectada en la fase anterior y paulatinamente se fue documentando. Primeramente se trabajó con el Uplink siguiendo los modelos correspondientes, posteriormente se trabajó con el Downlink, ambos enlaces se calcularon en las zonas de los Palos grandes y Altamira. Tanto en el enlace Uplink como en el Downlink se utilizó data confidencial proporcionada por empresas colaboradoras en el proyecto, por lo que su uso es netamente con fines educativo e investigativos.

5.5.4. Fase 4: Simulaciones

En esta fase de procedió a comprobar que todo lo realizado en la fase 3 fuera correcto. Es en esta fase donde el software MOVILCOM 2003 toma mayor importancia, ya que gracias a él se pudo simular ambos enlaces tanto el Uplink como el Downlink, comprobando los valores de relación portadora interferencia en UMTS, dicho software cuenta con el respaldo de la Universidad Politécnica de Madrid por lo que se puede considerar que su funcionamiento es óptimo, y sus bases teóricas confiables. Las simulaciones realizadas se hicieron suponiendo condiciones óptimas en ambos enlaces.

5.5.5. Fase 5: Diseño y desarrollo de la aplicación

En esta fase se partió de los datos recolectados en las fases 3 y 4. En esta etapa se buscó integrar todos los componentes necesarios en una interfaz amigable para el usuario en este caso S.O Android, que facilitó la visualización de las estaciones base haciendo uso del script de Google maps. Una vez ubicadas las estaciones base se desarrolló el algoritmo necesario para el cálculo de la relación portadora interferencia en ambos enlaces Uplink y Downlink, posteriormente se desarrolló en la aplicación una opción para simular el enlace Uplink. Por otra parte se agregaron diversas opciones en el menú así como configuraciones que permiten al usuario una mejor experiencia con la aplicación.

5.5.6. Fase 6: Pruebas de la Aplicación

Etapa final de comprobación de la aplicación. Se realizaron recorridos por las áreas de trabajo en las cuales la aplicación se desarrolla como lo son Los Palos Grandes y Altamira, comprobando el correcto funcionamiento de cada una de sus opciones y valores arrojados por la misma. Todos los valores se comprobaron con los teóricos y con los simulados para corroborar que los mismos eran los correctos y proporcionarle al usuario final una información confiable.

5.6. DESARROLLO

Para la realización de este proyecto fue necesario el amplio estudio de UMTS, desde su estructura hasta sus avances en el ámbito de las aplicaciones móviles actuales. Debido a que el proyecto está orientado a la interferencia y la relación que existe de la misma con la portadora, la investigación documental se enfocó en gran parte en ese sector.

Se realizó un estudio a fondo del software de simulación (MOLVICOM 2003) seleccionado para entender su funcionamiento y algoritmos utilizados para posteriormente realizar las simulaciones necesarias y obtener resultados satisfactorios.

Estas simulaciones se realizaron tanto en el Downlink como en el Uplink. En el caso del Downlink los valores obtenidos no son comparados ya que la distribución de estaciones bases en la simulación es ideal mientras que en la práctica no, por lo que los valores obtenidos son distintos, sin embargo los valores son cercanos. En el caso del Uplink los valores son muy cercanos a los teóricos lo que confirma la veracidad del modelo utilizado para el cálculo de la relación C/I.

Para la realización de este proyecto se quiso desarrollar la aplicación bajo un sistema operativo que abarcara la mayor cantidad de dispositivos móviles en el mercado, así mismo un sistema operativo que permitiera el libre desarrollo de aplicaciones, por lo que haciendo un análisis comparativo de las plataformas actuales en el mercado Android fue la más adecuada a los requerimientos.

Una vez seleccionado el sistema operativo Android para el desarrollo se procedió a la selección de la versión del mismo, siguiendo la premisa de ofrecer compatibilidad a la mayor cantidad de móviles en el mercado.

Para iniciar el proceso de diseño y desarrollo de la interfaz gráfica (ver figura 44) de la aplicación, se pensó en las necesidades y comodidad del usuario final principalmente, sin embargo debido a la naturaleza de la aplicación el diseño apuntaba principalmente al uso de un MapView 5 lo que no permite muchos cambios en el diseño. Se decidió llamar a la aplicación "UMTS Interference".

Figua 44: Introducción a la aplicación.

Para el desarrollo del cálculo de C/I en ambos enlaces, se procedió en el caso del Uplink a realizar una comparación entre el ID de la estación base manejado por la configuración del teléfono y el ID registrado en la base de datos de la aplicación, de esta forma la aplicación sabe a qué estación base está conectado el terminal móvil, para posteriormente dibujar sobre el MapView la línea de conexión. Para el caso del Downlink se utilizó un modelo de cálculo de C/I de mayor complejidad debido a la naturaleza del enlace, en este caso se trabajó con cada una de las distancias de las estaciones bases al equipo de usuario. En la figura 45 se puede observar la interfaz gráfica de ambos enlaces.

Figura 45: Interfaz para los nodos B.

5.7. RESULTADOS

Para comenzar con el proceso de mediciones se ubicaron las estaciones bases identificadas, luego se calculo teóricamente la relación portadora interferencia y la relación señal a ruido.

Luego se procedió a verificar la información obtenida teóricamente mediante el simulador seleccionado MOVILCOM 2003, para poder así desarrollar los algoritmos de cálculo de las relaciones, mediante la información recolectada.

Todos los resultados que serán presentados a continuación son el producto de mediciones realizadas en siete (7) puntos aleatorios con la aplicación final denominada *UMTS INTERFERENCE* en las distintas estaciones bases que funcionan bajo la tecnología UMTS.

A continuación se mostrará por no hacer el documento más largo, solo uno de los siete puntos (Tabla 8) en donde se encuentra los resultados obtenidos con la aplicación y posteriormente el análisis de los mismos los cuales son válidos para todo el proyecto.

Estación Base Los Palos Grandes II			
Servicio	Voz	Video Conferencia	Navegación Web
BTSID	89	89	89
Distancia desde UE hasta Nodo B conectado (m)	435	435	435
C/I Downlink (dB)	3,72	3,72	3,72
C/I Uplink (dB)	-10,75	-10,75	-10,75
Eb/No Downlink (dB)	28,72	21,50	13,72
Eb/No Uplink (dB)	14,24	7,024	7,024
Día/Hora	Domingo/11:57	Domingo/11:57	Domingo/11:57
Número de usuarios	2		

Tabla 8: Resultados Los Palos Grandes II.

En esta parte se presentan los valores de C/I tanto en el ***Uplink*** como en el ***Downlink*** y los mismos se encuentran dentro del rango aceptable para la recuperación satisfactoria de la señal enviada. En los casos en los que el usuario se encontraba cercano a la estación base, los valores de C/I obtenidos han sido mayores, debido a que se cumple la premisa de mientras más cerca se encuentre el usuario de la estación base, mayor será la potencia de recepción en el equipo. Por otra parte se pudo observar que en el momento en que el usuario se encuentra muy cercano a dos estaciones bases simultáneamente el C/I tiende a disminuir.

Por otro lado la relación Eb/No sus resultados obtenidos se encuentran dentro del margen aceptable para el tipo de servicio ofrecido, es decir cómo se comentó anteriormente son señales altamente recuperables por el equipo móvil.

En el caso del *Uplink*, mientras sea mayor la cantidad de usuarios se encuentren conectados a la estación base, menor será la relación portadora interferencia (C/I), disminuyendo proporcionalmente la relación señal a ruido.

Es importante destacar que el servicio que cuenta con mayor relación Eb/No es el de voz, debido a que la misma cuenta con mayor ganancia de procesamiento.

5.8. CONCLUSIONES

Las tecnologías de comunicaciones móviles avanzan a grandes pasos, cada una de ellas contando con distintas ventajas y desventajas que durante la realización del proyecto se pudieron observar. UMTS es la tecnología de comunicación móvil base para los dispositivos de tercera generación (3G) los cuales tienen una presencia predominante en el mercado Venezolano. La mayor limitante de dicha tecnología es la interferencia la cual impide un óptimo desenvolvimiento de la red.

Luego de alcanzar todos los objetivos planteados en este proyecto, se pudieron determinar diversos factores concluyentes sobre la tecnología y el Sistema Operativo involucrado: Android y UMTS.

Android, como plataforma de código abierto permitió desarrollar la aplicación cumpliendo con sus objetivos y metas propuestas desde sus inicios. Se logró aprovechar al máximo las funcionalidades que ofrece dicha plataforma como el sistema de posicionamiento global, Google Maps, datos varios relacionados con la conexión a redes 3G, y estas permitieron desarrollar complejos algoritmos de cálculo de la relación portadora interferencia y señal a ruido, posicionamiento en tiempo real del usuario, conexión en tiempo real con las estaciones base involucradas en el estudio. La aplicación logró integrar las funcionalidades antes mencionadas haciendo uso de las capacidades en cuanto a la interfaz gráfica de la plataforma Android, logrando así cumplir el objetivo general del proyecto:

Desarrollar una aplicación móvil que calcule la relación portadora interferencia en la zona de los Palos grandes y Altamira.

En cuanto a los conceptos de la tecnología UMTS implantados en la aplicación se pudo determinar que las redes actuales pertenecientes a la misma, cuentan con una buena planificación, dejando al sector de estudio con unos valores de la relación portadora interferencia y relación señal a ruido aceptable en todos los servicios ofrecidos al usuario.

Según los datos arrojados por la aplicación se puede decir que si se obtiene un valor aceptable de la relación portadora interferencia en el enlace de subida, se garantiza que el valor de la misma en el Downlink será aceptable y mayor a esta.

La aplicación representa un gran avance en el ámbito de medición portadora interferencia en UMTS, ya que actualmente es la única en el mercado oficial de aplicaciones Android (Google Play), que ofrece un soporte a los interesados en el área.

CAPITULO VI
CREACIÓN DE LA ELECTIVA DE PROGRAMACION BAJO AMBIENTE ANDROID

6.1. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el teléfono móvil se ha convertido en una necesidad fundamental para las personas. Los llamados teléfonos inteligentes han revolucionado el mercado de las comunicaciones móviles con aplicaciones que facilitan algunos procesos que normalmente se hacían en computadores personales como el acceso a internet, la geo-localizacion, el reconocimiento de imágenes y voz, entre algunas cosas. El desarrollo de esta electiva se basa en cómo desarrollar estas aplicaciones en un ambiente de programación amigable y sencillo, explotando al máximo las funcionalidades del lenguaje de programación y del sistema operativo.

6.2. MARCO TEORICO

Android es una pila de software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, un middleware y aplicaciones. Android está basado en el sistema operativo Linux orientado a dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tabletas. El SDK de Android provee las herramientas y APIs para empezar a desarrollar aplicaciones en la plataforma Android usando el lenguaje de programación Java. (Ableson, 2010).

Inicialmente, Android fue desarrollada por Google Inc. aunque poco después se unió Open Handset Alliance, un consorcio de 48 compañías

de Hardware, Software y telecomunicaciones, las cuales llegaron a un acuerdo para promocionar los estándares de códigos abiertos para dispositivos móviles.

Google sin embargo, ha sido quien ha publicado la mayoría del código fuente de Android bajo la licencia de Software Apache, una licencia de software libre y de código abierto a cualquier desarrollador.

6.2.1. Características:

- Framework de aplicaciones: permite el reemplazo y la reutilización de los componentes.
- Navegador integrado: basado en el motor open Source Webkit.
- SQlite: base de datos para almacenamiento estructurado que se integra directamente con las aplicaciones.
- Multimedia: Soporte para medios con formatos comunes de audio, video e imágenes planas (MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, PNG, GIF).
- Máquina virtual Dalvik: Base de llamadas de instancias muy similar a Java.
- Telefonía GSM: dependiente del terminal.
- Bluetooth, EDGE, 3g y Wifi: dependiente del terminal.
- Cámara, GPS, brújula y acelerómetro: Dependiente del terminal.
- Pantalla Táctil.

6.2.2. Arquitectura de Android

La arquitectura interna de la plataforma Android (ver figura 46), está básicamente formada por 4 componentes:

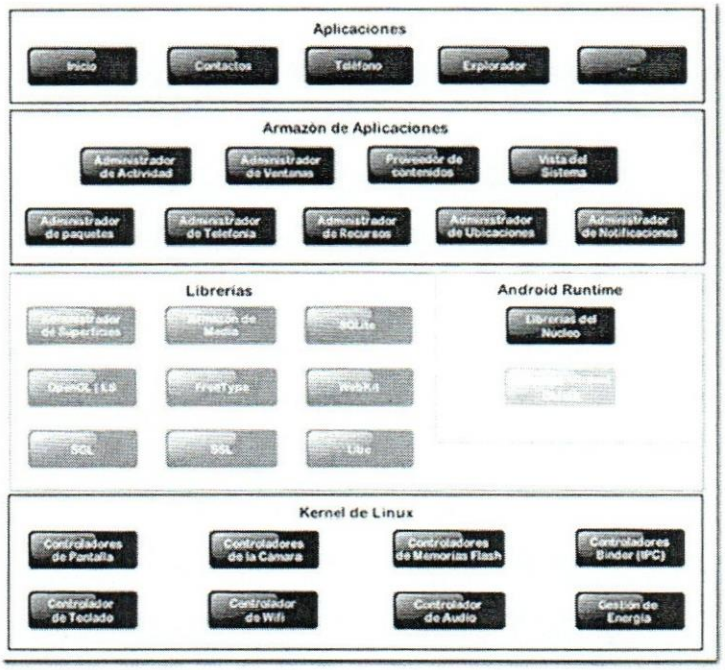


Figura 46: Arquitectura del Sistema Operativo Android.

6.2.3. Aplicaciones

Todas las aplicaciones creadas con la plataforma Android, incluirán como base un cliente de email (correo electrónico), calendario, programa de SMS, mapas, navegador, contactos, y algunos otros servicios mínimos. Todas ellas escritas en el lenguaje de programación Java.

6.2.4. Framework de Aplicaciones

Todos los desarrolladores de aplicaciones Android, tienen acceso total al código fuente usado en las aplicaciones base. Esto ha sido diseñado de esta forma, para que no se generen cientos de componentes de aplicaciones distintas, que respondan a la misma acción, dando la posibilidad de que los programas sean modificados o reemplazados por

cualquier usuario sin tener que empezar a programar sus aplicaciones desde el principio.

6.2.5. Librerías

Android incluye en su base de datos un set de librerías C/C++ , que son expuestas a todos los desarrolladores a través del framework de las aplicaciones Android System C library, librerías de medios, librerías de gráficos, 3D, SQlite, etc.

6.2.6. Runtime de Android

Android incorpora un set de librerías que aportan la mayor parte de las funcionalidades disponibles en las librerías base del lenguaje de programación Java. La Máquina Virtual está basada en registros, y corre clases compiladas por el compilador de Java que anteriormente han sido transformadas al formato .dex (Dalvik Executable) por la herramienta "dx".

6.2.7. Dispositivos Android

De momento, el Sistema Operativo Android sigue en proceso de fabricación, aunque ya se han lanzado algunos terminales que funcionan bajo esta plataforma.

El primer modelo lanzado al mercado bajo esta plataforma fue el xxxHTC Dreamxx, comercializado en EEUU y Reino Unido bajo la marca T-Mobile G1. Aunque ya podemos disponer de él, a través de un contrato con la operadora Movistar. En la figura 47 se muestra algunos de estos dispositivos.

Figura 47: Dispositivos con sistemas operativo Android.

6.2.8. Android SDK

El SDK (***Software Development Kit***) de Android, incluye un conjunto de herramientas de desarrollo.5 Comprende un depurador de código, biblioteca, un simulador de teléfono basado en QEMU, documentación, ejemplos de código y tutoriales. Las plataformas de desarrollo soportadas incluyen Linux (cualquier distribución moderna), Max OS X 10.4.9 o posterior, y Windows XP o posterior. La plataforma integral de desarrollo (IDE, Integrated Development Environment) soportada oficialmente es Eclipse junto con el complemento ADT (Android Development Tools plugin), aunque también puede utilizarse un editor de texto para escribir ficheros Java y Xml y utilizar comandos en un terminal (se necesitan los paquetes JDK, Java Development Kit y Apache Ant) para crear y depurar aplicaciones. Además, pueden controlarse dispositivos Android que estén conectados (e.g. reiniciarlos, instalar aplicaciones en remoto).

Las Actualizaciones del SDK están coordinadas con el desarrollo general de Android. El SDK soporta también versiones antiguas de Android, por si

los programadores necesitan instalar aplicaciones en dispositivos ya obsoletos o más antiguos. Las herramientas de desarrollo son componentes descargables, de modo que una vez instalada la última versión, pueden instalarse versiones anteriores y hacer pruebas de compatibilidad.

Una aplicación Android está compuesta por un conjunto de ficheros empaquetados en formato .apk y guardada en el directorio /data/app del sistema operativo Android (este directorio necesita permisos de superusuario , root, por razones de seguridad). Un paquete APK incluye ficheros .dex (ejecutables Dalvik, un código intermedio compilado), recursos, etc.

6.2.9. Desarrollo Nativo

El NDK permite instalar bibliotecas escritas en C y otros lenguajes, una vez compiladas para ARM o código x86 nativo. Los programas Java corriendo en la máquina virtual Dalvik (Dalvik VM) pueden llamar a clases nativas por medio de la función System.loadLibrary, que forma parte de las clases estándar Java en Android.

Se pueden compilar e instalar aplicaciones completas utilizando las herramientas de desarrollo habituales. El depurador ADB proporciona un shell root en el Simulador de Android que permite cargar y ejecutar código nativo ARM o x86. Este código puede compilarse con GCC en un ordenador normal. La ejecución de código nativo es difícil porque Android utiliza una biblioteca de C propia (libc, llamada Bionic). Se accede al dispositivo gráfico como un framebuffer disponible en /dev/graphics/fb0. La biblioteca gráfica que utiliza Android para controlar el acceso a este

dispositivo se llama Skia Graphics Library (SGL), disponible con licencia de código abierto. Skia tiene implementaciones en win32 y Unix, permitiendo el desarrollo cruzado de aplicaciones, y es el motor de gráficos que soporta al navegador web Google Chrome.

6.2.10. Eclipse

Eclipse es un entorno de desarrollo integrado de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama "Aplicaciones de Cliente Enriquecido", opuesto a las aplicaciones "Cliente-liviano" basadas en navegadores. Esta plataforma, típicamente ha sido usada para desarrollar entornos de desarrollo integrados (del inglés IDE), como el IDE de Java llamado ***Java Development Toolkit*** (JDT) y el compilador (ECJ) que se entrega como parte de Eclipse (y que son usados también para desarrollar el mismo Eclipse). Sin embargo, también se puede usar para otros tipos de aplicaciones cliente, como BitTorrent o Azureus.

Eclipse es también una comunidad de usuarios, extendiendo constantemente las áreas de aplicación cubiertas. Un ejemplo es el recientemente creado Eclipse ***Modeling Project***, cubriendo casi todas las áreas de ***Model Driven Engineering***.

Eclipse fue desarrollado originalmente por IBM como el sucesor de su familia de herramientas para VisualAge. Eclipse es ahora desarrollado por la Fundación Eclipse, una organización independiente sin ánimo de lucro que fomenta una comunidad de código abierto y un conjunto de productos complementarios, capacidades y servicios.

Eclipse fue liberado originalmente bajo la ***Common Public License***, pero después fue re-licenciado bajo la Eclipse ***Public License***. La ***Free***

Software Foundation ha dicho que ambas licencias son licencias de software libre, pero son incompatibles con Licencia pública general de GNU (GNU GPL).3 (ver figura 48)

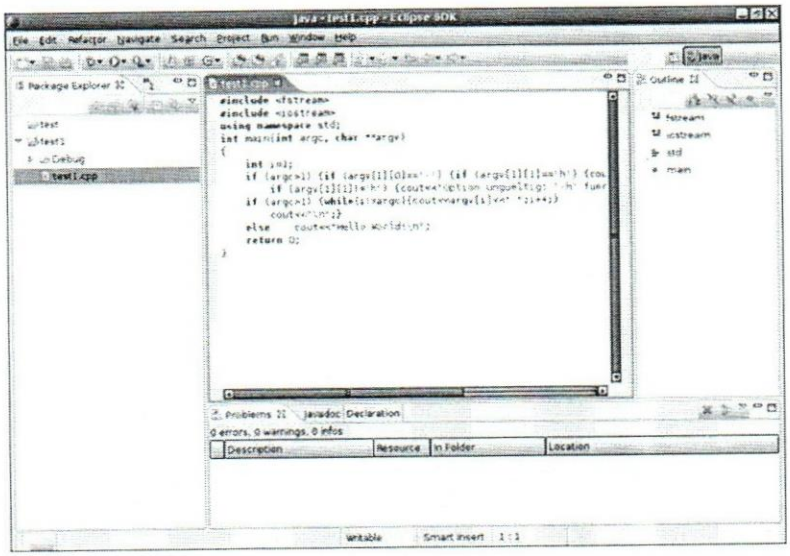


Figura 48: Entorno de desarrollo eclipse.

6.2.11. Descripción del funcionamiento del entorno de desarrollo eclipse:

6.2.11.1. Sección de declaración de proyectos la cual es mostrada en la figura 49.

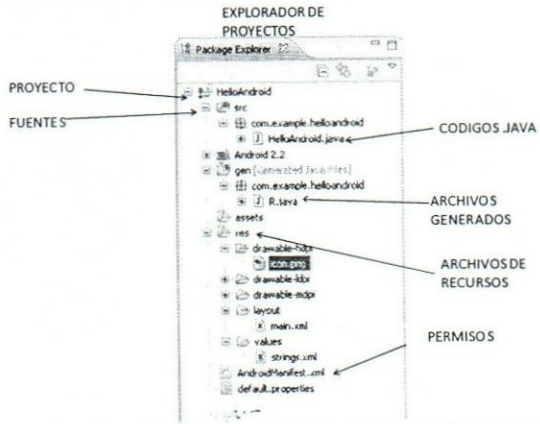


Figura 49: Sección de declaración de proyectos en eclipse.

- FUENTES: carpeta donde se almacena todas las actividades y clases principales en archivos .java.
- ARCHIVOS GENERADOS: son archivos que se generan por si solos al interpretar en lenguaje de java los archivos .XML que representan la parte de grafica del entorno de programación en android.
- ARCHIVOS DE RECURSOS: son todas las carpetas destinadas a almacenar archivos de figuras para los iconos, para presentar imágenes, además de contener los archivos .XML de interfaz grafica de usuario (GUI) y recursos de textos, colores y dimensiones.
- PERMISOS: este archivo contiene los permisos que deben utilizar las aplicaciones para ejecutar funciones específicas, por ejemplo conectarse a Internet.

6.2.11.2. Sección de DDMS (Dalvik Debug Monitor Server) será mostrada en la figura 50.

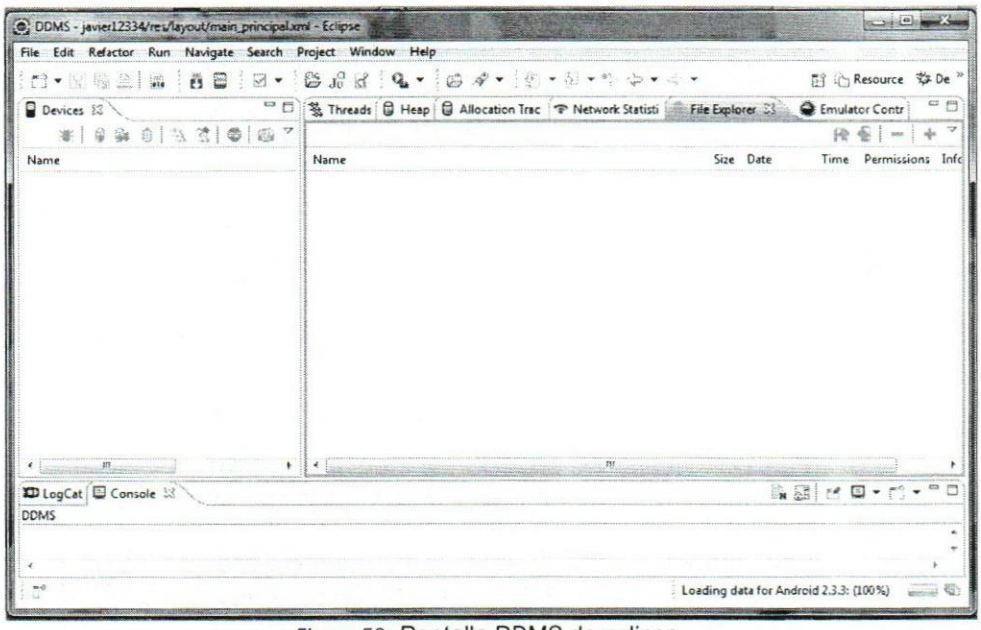


Figura 50: Pantalla DDMS de eclipse.

- DEVICE: procesos que genera el dispositivo utilizado.
- FILE EXPLORER: archivos que contiene la memoria interna del dispositivo móvil incluyendo la sdcard.
- EMULATOR CONTROL: controles de llamada y geolocalización del dispositivo móvil.
- ARCHIVOS DE RECURSOS: son todas las carpetas destinadas a almacenar archivos de figuras para LOGCAT: procesos lógicos que corren dentro del dispositivo móvil que proporcionan informaciones sobre errores lógicos de la programación.
- CONSOLE: describe los archivos que se instalan en el dispositivo móvil para su ejecución.

6.2.12. Descripción del uso del emulador mediante una sesión telnet con el mismo, la cual es mostrada en la figura 51.

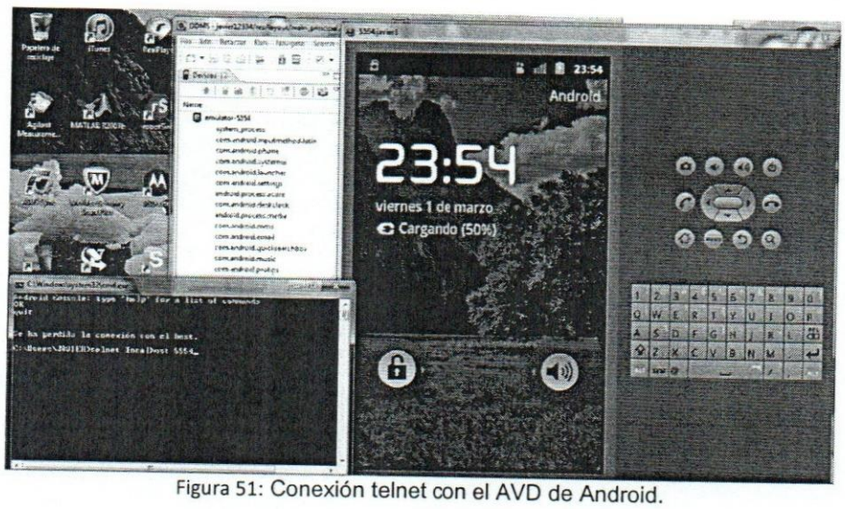


Figura 51: Conexión telnet con el AVD de Android.

Con esta sesión remota se emularan eventos del móvil con el cual se puedan ver si los programas realizados que manejan dichos eventos funcionan perfectamente, un ejemplo será mostrado en la figura 52:

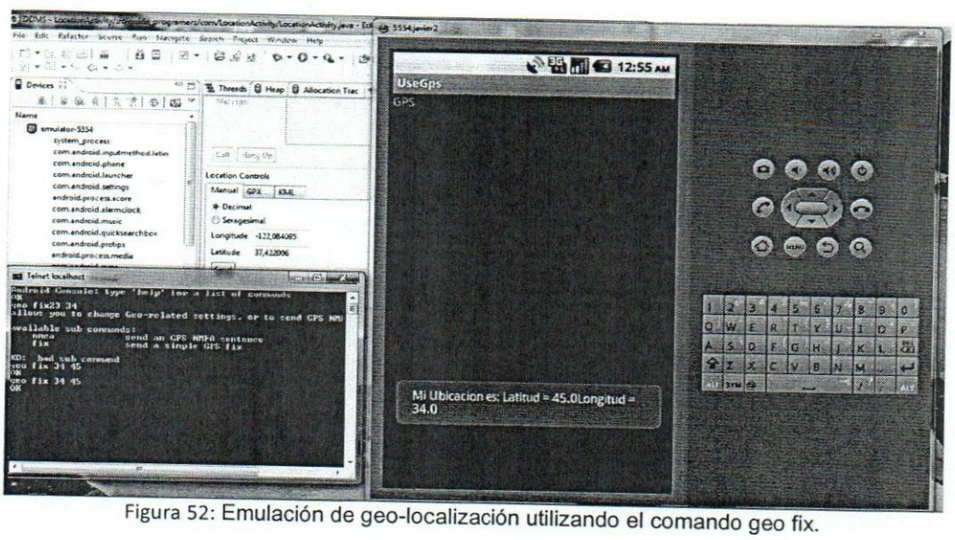


Figura 52: Emulación de geo-localización utilizando el comando geo fix.

6.3. DESARROLLO

A continuación de presentara el programa sinóptico elaborado para la electiva:

Asignatura: PROGRAMACION DE

6.2.12. Descripción del uso del emulador mediante una sesión telnet con el mismo, la cual es mostrada en la figura 51.

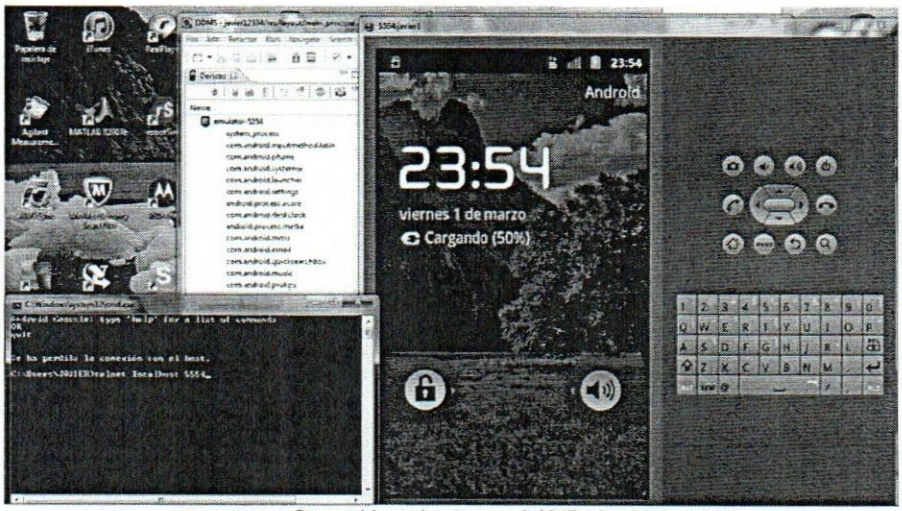


Figura 51: Conexión telnet con el AVD de Android.

Con esta sesión remota se emularan eventos del móvil con el cual se puedan ver si los programas realizados que manejan dichos eventos funcionan perfectamente, un ejemplo será mostrado en la figura 52:

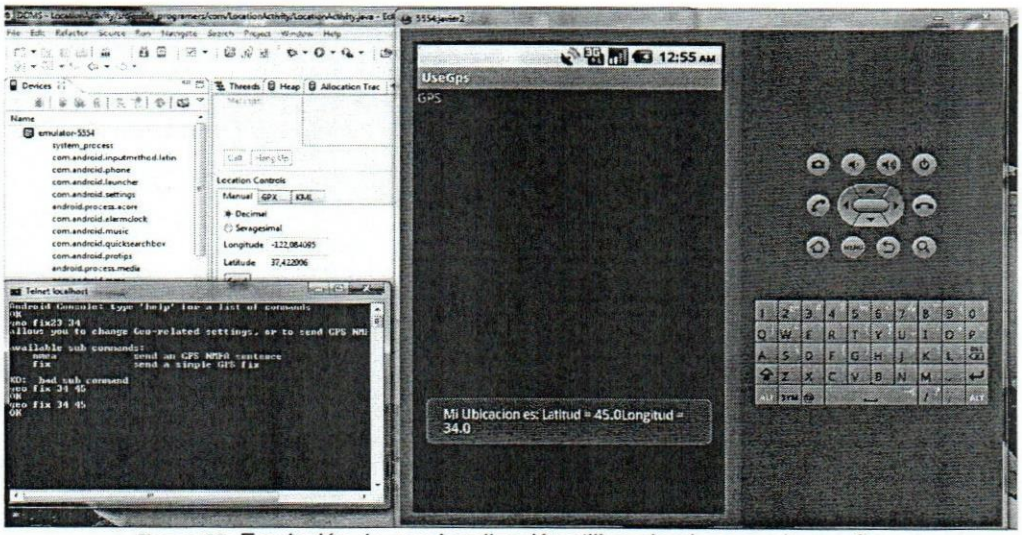


Figura 52: Emulación de geo-localización utilizando el comando geo fix.

6.3. DESARROLLO

A continuación de presentara el programa sinóptico elaborado para la electiva:

Asignatura: **PROGRAMACION BAJO AMBIENTE ANDROID**				
Vigente desde: Octubre 2011				
	Horas semanales			Unidades
Período	Teoría	Práctica	Laboratorio	de crédito
3	0	0	3	2
Requisitos	Electiva de programación en Java			

JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

En la actualidad el teléfono móvil se ha convertido en una necesidad fundamental para las personas. Los llamados teléfonos inteligentes han revolucionado el mercado de las comunicaciones móviles con aplicaciones que facilitan algunos procesos que normalmente se hacían en computadores personales como el acceso a internet, la geo-localización, el reconocimiento de imágenes y voz, entre algunas cosas. El desarrollo de esta materia se basa en cómo desarrollar estas aplicaciones en un ambiente de programación amigable y sencillo, explotando al máximo las funcionalidades del lenguaje de programación y del sistema operativo.

Por otro lado esta materia les otorga a los alumnos conocimientos referentes al hardware y software de los dispositivos móviles.

OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

OBJETIVO GENERAL

Al finalizar el curso el estudiante estará en capacidad de analizar y desarrollar aplicaciones asociadas al campo de las telecomunicaciones en dispositivos móviles que utilicen sistema operativo ANDROID.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar al estudiante en la realización de aplicaciones bajo el sistema operativo ANDROID.
- Desarrollar aplicaciones para cualquier dispositivo móvil que utilice esta plataforma.
- Desarrollar aplicaciones relacionadas con el campo de las telecomunicaciones.

CONTENIDO PROGRAMÁTICO:

1. **INTRODUCCIÓN**
   - Instalación y manejo del software.
   - Instalación de los SDK.
   - Actualizaciones
   - Accesorios.
2. **GENERALIDADES DE LA HERRAMIENTA**
   - Creación de proyectos.
   - Contenido de los proyectos.

- ANDROID Manifest.
- Ciclo de vida de aplicaciones.
- Manejo de actividades.

3. **INTERFACES DE USUARIO.**

- Fundamentos para el desarrollo de Interfaces de usuario en ANDROID.
- Introducción a las vistas.
- Crear nuevas vistas.
- Crear menú de usuario.

4. **INTENTS, BROADCAST RECEIVERS, ADAPTERS AND INTERNET.**

- Introducción a los Intents.
- Recursos de INTERNET.
- Introducción a los Dialogs.

5. **MANEJO DE MENUS, SUBMENU Y ACTIVIDADES**

- Creación de menús, submenú rutinas
- Comunicación e intercambio de datos entre actividades.
- Manejo de datos (almacenamiento y distribución).

6. **ANDROID HARDWARE.**

- Media APIs.
- Cámara.
- Introducción al Sensor Manager.

- Acelerómetro y brújula.
- Telefonía en ANDROID.
- Usando el BLUETOOTH.
- Manejo de redes y conexión Wifi.
- Vibración del teléfono.

7. **MANEJO DE SOCKET E HILOS EN ANDROID**

- Manejo de java socket.
- Manejo de hilos.
- Comunicación entre terminales utilizando socket e hilos.

8. **MAPAS, LOCALIZACION Y SERVICIOS.**

- Location-Based Services.
- Seleccionando un Location Provider.
- Buscando tu posición.
- Proximity Alerts.
- Geocoder.
- Actividades basadas en mapas.

La selección de los temas se baso en el perfil de un Ing. De Telecomunicaciones.

TIEMPO ESTIMADO

El lapso semestral comprende 16 semanas de clase, con tres horas semanales de clase teórica y práctica para lograr los objetivos planteados.

ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN:

La evaluación se realizará: Primer proyecto 40%

Examen teórico-práctico 20%

Segundo proyecto 40%

6.4. RESULTADOS

A continuación se presentara el resultado de dos de las prácticas de la electiva seleccionadas al azar:

6.4.1. Nombre de la práctica: manejo de la cámara

Descripción: Crear una aplicación que lanza la cámara incorporada y utilizar los resultados para la visualización de la imagen capturada.

Pasos:

1. Hacer una LinearLayout con un TextView, un botón, y un ImageView
2. Crear un controlador para el evento OnClick del botón ver figura 53.

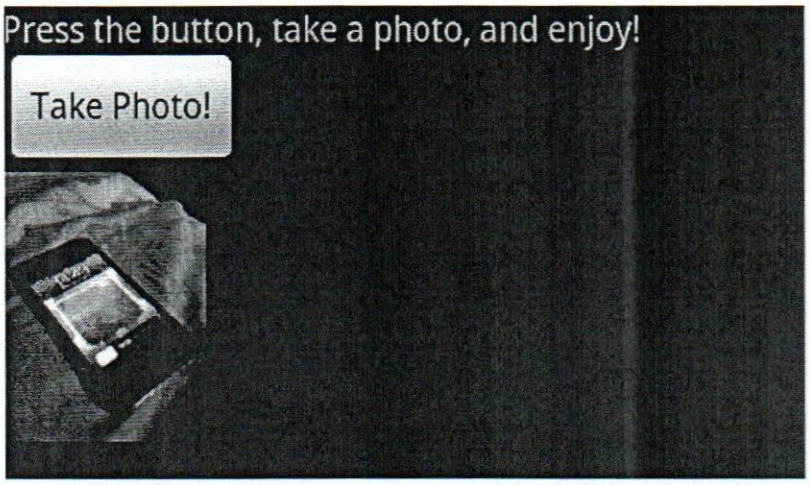
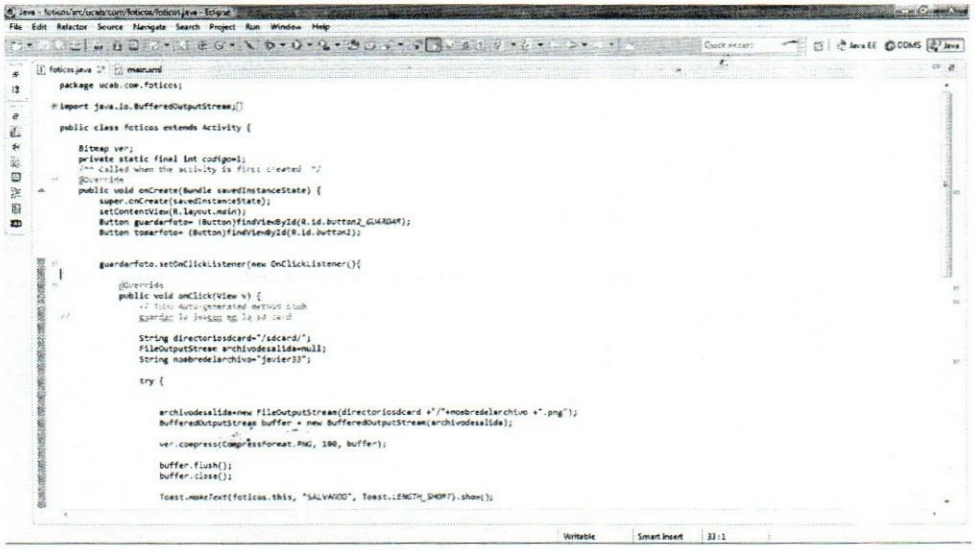


Figura 53: Interfaz para tomar eventos de la cámara.

3. Por último una vez tomada la foto guárdela en la memoria del dispositivo en una ruta pre-establecida por usted.

Luego se muestra como es el código fuente para ejecutar efectivamente esta práctica (ver figura 54).



```
package ucab.com.foticos;

import java.io.BufferedOutputStream;

public class foticos extends Activity {

    Bitmap ver;
    private static final int codigo=1;
    /** Called when the activity is first created. */
    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.main);
        Button guardarfoto= (Button)findViewById(R.id.button2_GUARDAR);
        Button tomarfoto= (Button)findViewById(R.id.button1);

        guardarfoto.setOnClickListener(new OnClickListener(){

            @Override
            public void onClick(View v) {
                // TODO Auto-generated method stub
                guardar la imagen en la sd card

                String directoriosdcard="/sdcard/";
                FileOutputStream archivodesalida=null;
                String nombredelarchivo="javier33";

                try {

                    archivodesalida=new FileOutputStream(directoriosdcard +"/"+nombredelarchivo +".png");
                    BufferedOutputStream buffer = new BufferedOutputStream(archivodesalida);

                    ver.compress(CompressFormat.PNG, 100, buffer);

                    buffer.flush();
                    buffer.close();

                    Toast.makeText(foticos.this, "SALVADO", Toast.LENGTH_SHORT).show();
```

Figura 54: Código en Java para tomar eventos de la cámara.

Y como se vería la aplicación en el móvil (ver figura 55):

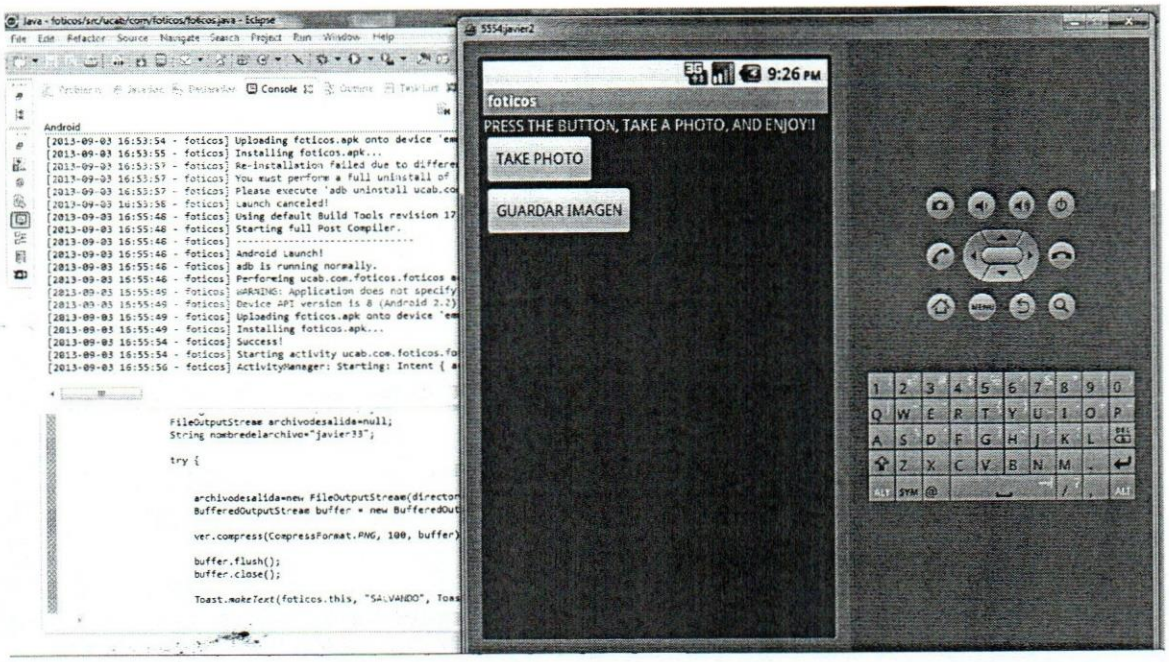


Figura 55: Código en Java para tomar eventos de la cámara y aplicación ejecutándose en el móvil.

6.4.2. Nombre de la práctica: manejo Actividades

Descripción: Crear una aplicación que muestre en la misma actividad dos imágenes de dos botones diferentes.

Pasos:

1. Hacer una LinearLayout con dos botones distintos.
2. Enviar datos de esa actividad a otra en la que se muestren diferentes imágenes figura 56.

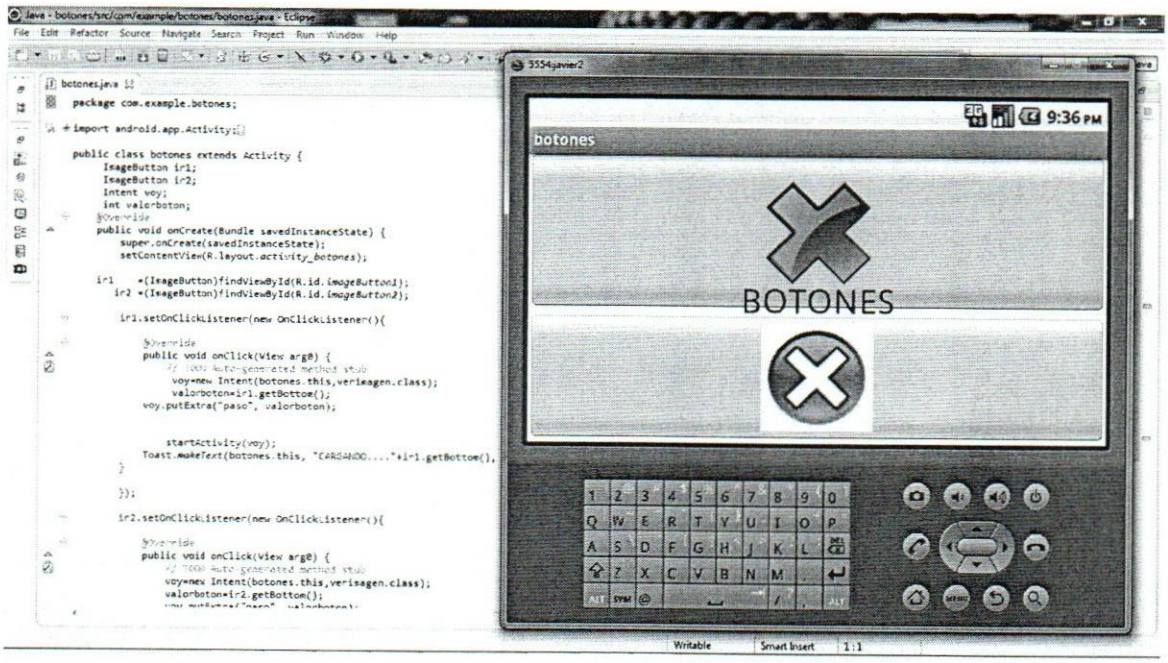


Figura 56: Código en Java para el manejo de actividades y aplicación ejecutándose en el móvil.

3. Por último una vez seleccionado el botón deberá mostrar diferentes imágenes en una misma actividad (ver figura 57).

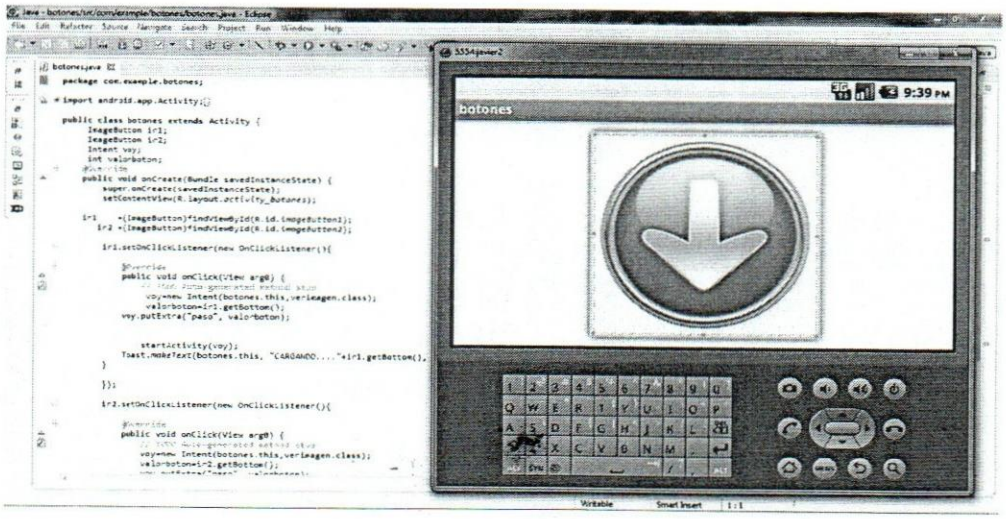


Figura 57: Código en Java para el manejo de actividades y aplicación ejecutándose en el móvil.

7. CONCLUSIONES GENERALES

Finalmente se puede decir que se cumplieron con los siguientes objetivos:

- Se estableció la importancia del crecimiento docente-investigación mediante los proyectos realizados, ya que la comprobación practica de los fundamentos teóricos presentes en cada uno de los trabajos reforzaron e incrementaron conocimientos, los cuales apoyan la formación del autor de este trabajo en su desarrollo como docente-investigador igualmente en su formación académica en estudios de post-grado.
- Por otro lado permitió la documentación de trabajos de investigación los cuales permiten realizar publicaciones como las presentadas en este trabajo.
- Se recopilaron y describieron de forma funcional los trabajos más relevantes de los últimos cuatro años en las áreas antes mencionadas, cabe destacar que 3 de los cinco trabajos presentados fueron evaluados con mención publicación y el resto fueron evaluados con la más alta calificación de 20 puntos.
- Así mismo se presento por primera vez en Venezuela en una carrera de Ing. de Telecomunicaciones una electiva relacionada con la programación bajo sistema operativo android, explicando su proceso de desarrollo y puesta en marcha, este conocimiento fue adquirido por el autor de este trabajo en curso de formación realizado en la NCSU (**North Carolina State University**). Esta electiva se encuentra vigente y ha servido de estimulo para que en otros centro universitarios se interesen en dictarla por su funcionalidad como tecnología emergente y su utilización a nivel mundial.

- Se logro describir los resultados funcionales dé cada uno de los proyectos y su aporte al crecimiento de la infraestructura de laboratorios (esto será mostrado en los apéndices de este trabajo) y al trabajo docente-investigación.

Se comprobó que las herramientas de simulación y emulación programables se revelan como las más eficaces y adecuadas para apoyar procesos de enseñanza aprendizaje de las telecomunicaciones ya que permite plantear escenarios muy parecidos a la realidad y automatización, además que permite realizar cambios para analizar diferentes situaciones.

Las Tecnologías de Información y comunicación (TIC), constituyen elementos muy importantes en la adquisición y transferencia de conocimiento, su implementación y desarrollo contribuye cada vez más al fortalecimiento del conocimiento del formador del recurso humano en las universidades.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Balestrini Miriam. Como se elabora un proyecto de investigación. 2002. Sexta edición. Consultores y asociados.

2. Carlson Bruce, Communication System. 2002. Cuarta Edición. McGraw-Hill, 793 Pág.

3. Del Rosario, Zuleima. Guía para la elaboración de reportes de investigación. UCAB 2006.

4. Sampieri R. Collado C. Lucio P. Metodología de la investigación. 1998. Segunda edición. McGraw Hill.

5. Stremler F.G, Introducción a los Sistemas de Comunicación. 1993. Tercera Edicion. Pearson, 755 Pág.

6. ISA-Universidad de Valladolid. (2001, Abril 27). Recuperado el 15 de Junio de 2011 de http://www.isa.cie.uva.es

7. CONATEL. (2006). Recuperado el 14 de Enero de 2011, de http://www.conatel.gob.ve/#http://www.conatel.gob.ve/index.php/principal/objetivos

8. National Instruments. (2011). Recuperado el 5 de Junio de 2011, de http://www.ni.com

9. Artés Rodríguez, A., & Pérez González, F. (2007). Comunicaciones digitales. Madrid: Prentice Hall.

10. Haykin, S. Sistemas de Comunicaciones. (2008). New York: Limusa Wiley.

11. Malburg, M. (2004, Noviembre 4). GTA. Recuperado 15 de Junio de 2011, de http://www.gta.ufrj.br

12. Martinez, E. (2007, 07 10). Eveliux. Recuperado el 14 de Junio de 2011 de http://www.eveliux.com/mx/teoria-del-muestreo-de-nyquist.php

13. Pérez, T. (2005). Aula Virtual USB. Recuperado el 20 de Enero de 2011 de http://prof.usb.ve/tperez/docencia/3413/contenido/ModBinsinPe.pdf

14. Pohlman, K. C. Principios de Audio Digital. (2002). Madrid: McGraw-Hill.

15. Sklar, B. Digital Communications Fundamentals and Applications. (1988). New Jersey: Prentice Hall.

16. Tomasi, W. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. (2003). México: Pearson Educación.

17. Aarts, Emile, Harwig, Rick y Schuurmans, Martin. Ambient Intelligence. 2002. The Seamless Integration Of Technology Into Everyday Life. Chicago : McGraw Hill,

18. Damiani, Ernesto y Jeong, Jechang. Preface. Multimedia Techniques for Device and Ambient Intelligence. 2009 Nueva York : Springer,

19. Epstein, Brian y Zelkha, Eli. Ambient Intelligence Sources. Brian Epstein. Recuperado el: 15 de Marzo de 2011 de http://www.epstein.org/brian/ambient_intelligence/DLR%20Script%20Internal.doc.

20. Bannerjee, Pat, y otros, y otros. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems. 2007, IEEE Transactions on Systems, Man, ans Cybernetics - Part C: Applications and Reviews. Noviembre, Vol. 37, 6.

21. Smart-Its. Home. Smart-Its. Recuperado el 18 de Marzo de 2011 de http://www.smart-its.com.

22. Athens University of Economics and Business. myGrocer - Details. ISTLab. Recuperado el: 18 de Marzo de 2011 de http://istlab.dmst.aueb.gr/content/projects/p_mygrocer.html.

23. Massa, Donald P. Choosing an Ultrasonic Sensor for Proximity or Distance Measurement Part 1: Acoustic Considerations. Sensors Magazine. Recuperado el: 29 de Marzo de 2011 de http://www.sensorsmag.com/sensors/acoustic-ultrasound/choosing-ultrasonic-sensor-proximity-or-distance-measurement-825.

24. Hopper, Andy, Jones, Alan y Ward, Andy. A New Location Technique for the Active Office. 1997. IEEE Personal Communications. Octubre,.

25. Chin, Liew S. Principles of Remote Sensing. Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing. Recuperado el 27 de Marzo de 2011 de http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/em.htm.

26. Dehy, Reda y Israel, Arun. Infrared Tracking System. Cornell University School of Electrical and Computer Engineering - Designing with Microcontrollers - Final Projects. Recuperado el 27 de Marzo de 2011 de

http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/s2004/rd73/476finalpro.htm.

27. Schiller, Jochen y Voisard, Agnès. Location-Based Services. 2004.San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers,

28. Weissman, Zeev. Indoor Location. [White Paper] s.l. 2004.Tadlys Ltd.,

29. Gatenby, David A. Galatea: Personalized Interaction with Augmented Objects. , 2005. [Master's Thesis] Boston: Massachusetts Institute of Technology.

30. M Van Nee, H Morikura, and H Takanashi, "New High_Rate Wireless LAN Standards," IEEE Comm Magazine, pp. 82-88, Diciembre 2009.

31. Estándares Inalámbricos. multingles.net. Recuperado el 12 de Julio de 2012 de http://multingles.net/docs/manual%20-%20redes%20wifi%20inalambricas.pdf

32. Adamson, C. (2006). ¿Qué es Java? Recuperado el 18 de febrero de 2011, de http://www.javahispano.org/contenidos/es/que_es_java/

33. AGIM Corporation. (1998). Glosario Ecoómico. Recuperado el 18 de febrero de 2011, de http://www.agimmobilier.com/resource-center/glosario-economico.htm

34. Androideity. (29 de Septiembre de 2011). Eventos en el ciclo de vida de actividades Android. Recuperado el 4 de Enero de 2012, de http://androideity.com/2011/09/29/eventos-en-el-ciclo-de-vida-de-actividades-android/

35. Arenas, J. (4 de Marzo de 2011). Sstemas Telemáticos. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://telemarenas.blogspot.com/2011/03/protocolo-x25.html

36. Blog de Mauricio. (4 de Octubre de 2006). Protocol X.25. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://my.opera.com/pelican0/blog/show.dml/498858

37. Caldera International. (11 de Febrero de 2003). Utilizando el protocolo SPX. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://translate.google.co.ve/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://osr507doc.sco.com/en/netguide/dipxC.using_spx.html

38. Capriles, G. (2010). Estadísticas de Productividad en América Latina y el Caribe. Recuperado el 17 de febrero de 2011, de http://observatorioredesempresariales.files.wordpress.com/2010/08/estadisticas-de-productividad-en-america-latina-y-el-caribe.pdf

39. Cruz, S. (6 de Octubre de 2007). Modelos de Procesos Descriptivos. Recuperado el 13 de Noviembre de 2011, de http://scruz334.blogspot.es/tags/Cascada/

40. Droideando. (24 de Febrero de 2011). Ciclo de Vida de una Aplicación Android. Recuperado el 21 de Diciembre de 2011, dehttp://droideando.blogspot.com/2011/02/ciclo-de-vida-de-una-aplicacion-android.html

41. García, C. (13 de Abril de 2005). Diseño de base de datos relacionales. Recuperado el 17 de Diciembre de 2011, de http://www.mailxmail.com/curso-diseno-base-datos-relacionales/diseno-conceptual-bases-datos-modelo-entidad-relacion

42. González, J., Pascual, J., & Gregorio, R. (2007). Introducción al Softwre Libre. Recuperado el 15 de Julio de 2011, de

http://www.atenas.cult.cu/rl/informatica/manuales/sl/introduccion_al_SL/book1.html

43. Informática++. (s.f.). ¿Qué es el modelo OSI?: Definición. Recuperado el 12 de Mayo de 2011, de http://cesarcabrera.info/blog/%C2%BFque-es-el-modelo-osi-definicion/

44. Kioskea. (16 de Octubre de 2008). ¿Qué es un protocolo? Recuperado el 12 de Mayo de 2011, de http://es.kioskea.net/contents/internet/protocol.php3

45. Kioskea. (16 de Octubre de 2008). Ciclo de Vida del Software. Recuperado el 13 de Noviembre de 2011, de http://es.kioskea.net/contents/genie-logiciel/cycle-de-vie.php3

46. Kioskea. (16 de Octubre de 2008). Protocolo UDP. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://es.kioskea.net/contents/internet/udp.php3

47. López, A. (s.f.). El modelo Entidad-Relación. Recuperado el 17 de Diciembre de 2011, de https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:yEpjDWl3RW0J:hp.fciencias.unam.mx/~alg/bd/aER.pdf+modelo+entidad+relacion&hl=es&gl=ve&pid=bl&srcid=ADGEESi54l0mckppUoh6WrW_aFXx63tQu8Ie5Iz99zn5gpwSuPkInKNNe0RvDGjyiu27dJRpzWEqVQ0y82PkkcaeAVZ5oUA7F9aaJ1A0QWUmTiai0

48. Martínez, E. (21 de Julio de 2007). Protocolos de Comunicaciones. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://www.eveliux.com/mx/protocolos-de-comunicaciones.php

49. Microsoft. (s.f.). Normalización de datos. Recuperado el 10 de Enero de 2012, de http://msdn.microsoft.com/es-es/library/aa291817(v=vs.71).aspx

50. Mora, C. (22 de Abril de 2011). Calidad y Productividad Dinámica. Recuperado el 12 de http://calidad-y-productividad-dinamica.lacoctelera.net/post/2011/04/22/la-importancia-garantizar-calidad-y-productividad.

51. National Instruments. (s.f.). Información de Producto: ¿Qué es NI LabVIEW? Recuperado el 15 de Febrero de 2011, de http://www.ni.com/labview/whatis/esa/

52. Nieto, A. (8 de Febrero de 2011). ¿Qué es Android? Recuperado el 15 de Febreo de 2011, de http://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/que-es-android

53. Noticias del Mundo. (2007 de Febrero de 2011). Especial: ¿Qué es Oracle y Para Qué Sirve? Recuperado el 12 de Diciembre de 2011, de http://noticiadelmundo.com/especial-que-es-oracle-y-para-que-sirve/1277/

54. POR ANTONOMASIA. (14 de enero de 2010). Espana es el cuarto pais de mundo donde más horas se trabajan al año y el primero de Europa. Recuperado el 17 de febrero de 2011, de http://porantonomasia.wordpress.com/2010/01/14/espana-es-el-cuarto-pais-del-mundo-donde-mas-horas-se-trabajan-al-ano-y-el-primero-de-europa

55. Pozo, A., Ribeiro, A., M., G., D., G., & F., S. (s.f.). Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Descripción Análisis de Errores, Aplicaciones y Futuro. Recuperado el 18 de febrero de 2011, de http://www.iai.csic.es/users/gpa/postscript/Pozo-Ruz00a.pdf

Reyes, L. (s.f.). 2011_Itroducción LabVIEW. Recuperado el 16 de Febrero de 2011, de https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Sa4ROLxP-O0J:fisica.udea.edu.co/~lab-gicm/Curso%2520de%2520Instrumentacion/2011_Introduccion%2520LabVIEW.pdf+paneles+de+Labview&hl=es&gl=ve&pid=bl&srcid=

ADGEEShdvU1las-M5Xa6wanttRojQ1O13H4YZQ_9wsRzTOw_BjdWNZ7S87

57. Rodríguez, J., & Ureña, H. (s.f.). Montaje y Configuración de una LAN. Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://www.gobcan.es/educacion/conocernos_mejor/Ruiz, J. (27 de Agosto de 2008). Redes y Comunicaciones (Tercer Parte). Recuperado el 12 de Abril de 2011, de http://www.mailxmail.com/curso-redes-comunicaciones-internet-3/protocolos-nivel-transporte-tcp-udp

58. Stern, D. (12 de Septiembre de 2003). Latitud y Longitud. Recuperado el 4 de Enero de 2012, de http://pwg.gsfc.nasa.gov/stargaze/Mlatlong.htm

59. Vera, R. (s.f.). Telemática I. Recuperado el 15 de Mayo de 2011, de http://www.telematica1.unlugar.com/UNIDAD_1.htm

60. Vergara, K. (17 de Abril de 2007). Software de Aplicación: Definición, concepto y ejemplos.... Recuperado el 15 de Marzo de 2011, de http://www.bloginformatico.com/software-de-aplicacion.php

61. Arias, F. El Proyecto de Investigación (Introducción a la Metodología Científica). (2004). Caracas: Ediciones Quirón.

62. Banco Interamericano de Desarrollo. La era de la Productividad. Washington,D.C.: (2005). Carmen Pagés Editora.

63. Börje, L. Teroría de los Sistemas de Información. Suecia: (1985). EL ATENEO.

64. Fundación Escuela de Gerencia. (2005). Serie de Cuadernos Técnicos Nº23. Caracas: Ediciones FEGS.

65. García, J., Rodríguez, J., Mingo, I., Imaz, A., Brazalez, A., Larzabla, A., y otros. (2000). Aprenda Java como si estuviera en primero. San Sebastián: Tecnun.

66. Hurtado, J. El Proyecto de Investigación (Metodología de la Investigación Holística). (2007). Caracas: Ediciones Quirón.

67. Ramez, E., & Shamkant, N. Fundamentos de Sistemas de Base de Datos. (2007). Madrid: Pearson Education.

68. Anderson, L., & Varela, K. (Marzo de 2009). Diseño de un Sistema de Monitorización Inalámbrico en los Vehículos de Transporte de Carga y Contenedores de Equipaje en los Terminales Aéreos . Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

69. Hurtas, E., & Véliz, F. (Octubre de 2006). Sistema Monitor Remoto Interactivo de Vehículos . Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

70. Narváez, M. (Octubre de 2006). Modelo de un Sistema de Información basado en el Proceso de Desarrollo de Trabajo Especial de Grado . Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

71. Recaredo, R., & Trujillo, V. (13 de Septiembre de 2010). Aplicación de Apoyo a los Procesos de Ubicación de Nuevos Enlaces Corporativos y de Selección de los Sitios de Transmisión a los que se Conectarán. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Distrito Capital, Venezuela.

ANEXOS

La evolución de las herramientas de enseñanza de las Telecomunicaciones desde el punto de vista académico.

Actualmente la coordinación de laboratorios de la escuela de ingeniería de telecomunicaciones ha concentrado sus esfuerzos en obtener recursos económicos para dotar los mismos con equipos de última tecnología en adquisición y procesamiento de datos analógicos y digitales. Específicamente en el laboratorio de Microondas y Antenas se cuentan con los siguientes equipos:

Plataforma PXI de National Instruments (Hardware) el cual posee: Procesador INTEL CORE 2 DUO T7400 de 2.16GHZ, Memoria doble canal DDR2 de 667Mhz, Disco duro de 60GB, Controlador Ethernet, GPIB (IEEE 488), Puerto serial, Puerto paralelo, Puerto USB, Sistema operativo WINDOWS.(ver figura 1)

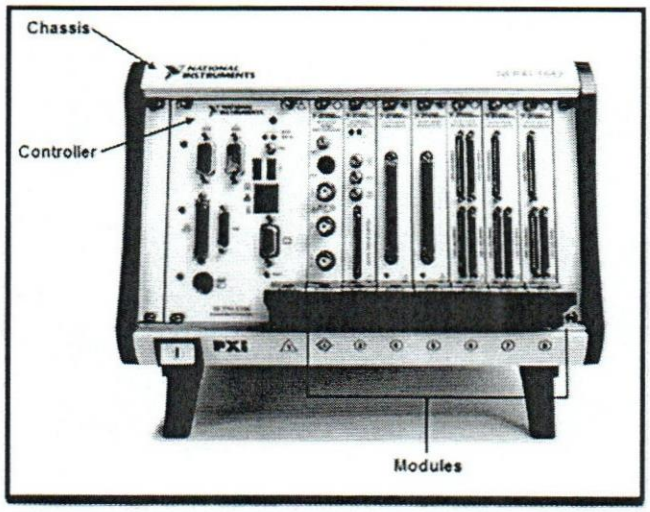


Figura 1: Arquitectura Básica del PXI

Además este equipo cuenta con módulos los cuales serán descritos a continuación:

- **NATIONAL INSTRUMENT PXI-5610**, es un "upconverter". el traslado de frecuencias hacia arriba en sistema de comunicaciones
- **NATIONAL INSTRUMENT PXI-5441**, es un generador de forma de onda arbitraria con procesamiento de señal
- **NATIONAL INSTRUMENT PXI-5600**, es un "downcoverter" para el traslado de frecuencias hacia abajo en un sistema de comunicaciones.
- **NATIONAL INSTRUMENT PXI-5142**, es un digitalizador de 14 bits con procesamiento de señal que permite la adquisición de datos bajo altas prestaciones (ver figura 2). Posee 2 canales de entradas con conectores BNC muestreados simultáneamente de 100MS/s a 2GM/s en tiempo real utilizando 14 bits de resolución. Tiene 100MHz de ancho de banda y filtros de ruido y anti solapamiento y permite decimar con protección de solapamiento para todas las muestras, entre otras cualidades útiles para otras aplicaciones.

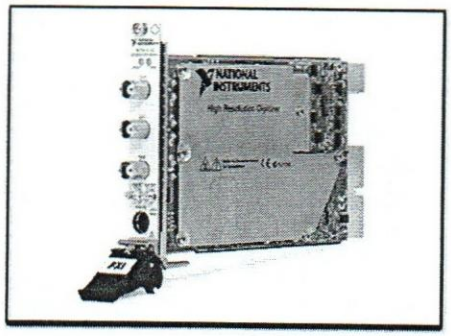


Figura 2 : Módulo NI PXI 5142.

Plataforma PXIe-1065 de National Instruments (Hardware) el cual posee: 18 ranuras, diseñado para una amplia gama de aplicaciones de prueba y medición, ofrece un plano trasero de alto ancho de banda de hasta 1 GB / s por ranura de ancho de banda dedicado para satisfacer las necesidades de alto rendimiento.

Ofrece una solución de alta densidad de canal de sistemas Express. El chasis funciona en un rango de 0 a 55 ° C de temperatura y mantiene el ruido acústico tan bajo como 43.6 dB A temperaturas por debajo de 30 ° C. Incorpora un reloj de referencia en 10 MHz, bus de disparo PXI y disparo PXI estrella para módulos PXI. Incorporado posee 100 MHz de reloj de referencia, SYNC 100, y el diferencial de disparo en estrella PXI para módulos PXI Express Proporcionar más de 3 GB / s de ancho de banda total del sistema, este chasis de alto rendimiento puede satisfacer una variedad de necesidades de aplicaciones de alto rendimiento (ver figura 3). Tiene las siguientes características:

- 9 ranuras PXI, 4 ranuras híbridas, 3 ranuras PXI Express, un sistema PXI Express ranuras de tiempo.
- 700 mW de potencia total.
- Compatibilidad con PXI, PXI Express, Compact PCI y módulos Compact PCI Express.
- Alto rendimiento hasta 1 GB/s por ranura de ancho de banda dedicado y más de 3 GB/s de ancho de banda del sistema.

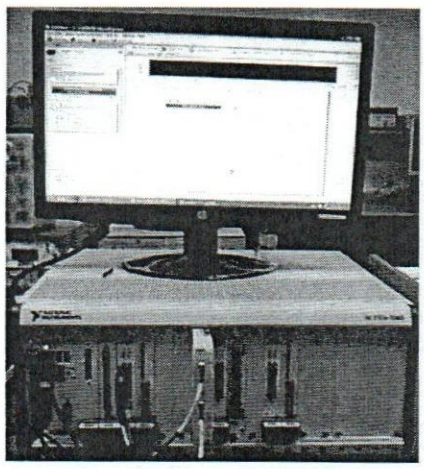


Figura 3: Equipo PXIe-1065 de NI

Tarjetas PXI

· PXI-6115 (12-Bit, 10 MS/s/ch, ***Simultaneous Sampling Multifunction***

DAQ) El PXI-6115 es un dedicado analógico-digital (ADC) por canal para un rendimiento máximo del dispositivo y una mayor precisión multicanal La memoria interna profunda ofrece datos fiables de transmisión con el menor número de dependencias en la disponibilidad de bus. La mitad de la memoria interna está dedicada a la entrada analógica y la otra mitad a la salida analógica (ver figura 4). Sus principales características son:

- 4 entradas analógicas de alta velocidad.
- 10 MS/s por canal, con filtros anti-aliasing a bordo.
- Memoria profunda a bordo (32 o 64 Estados miembros) y los rangos extendidos de entrada de ± 42 V.
- 2 salidas analógicas de 12-bit, 4 MS s de canal único.
- 2.5 MS/s de doble canal E/S digitales.
- 2 contadores de líneas de 24 bits, analógicas y digitales de disparo.

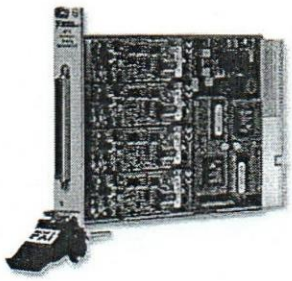


Figura 4: Tarjeta PXI 6115 de NI.

Esta tarjeta posee un bloque de conexión que nos permite utilizar los puertos de salida y entrada de la tarjeta (ver figura 5).

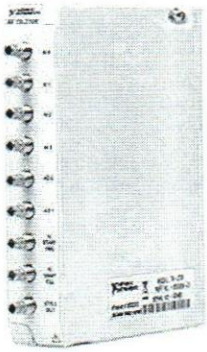


Figura 5: Bloque TB-2708 para la tarjeta PXI-6115 de NI.

· ***PXI-6225 (16-Bit, 250 kS/s, 80 Analog Inputs Multifunction DAQ)***

El PXI-6225 es de bajo costo multifunción de la Serie M de adquisición de datos (DAQ) optimizado para aplicaciones sensibles al costo. Para un rendimiento óptimo con él, NI recomienda utilizar el cable SHC68-68-EPM para el conector 0 y el cable SHC68-68 para el conector 1. Para los canales de medición de 80 a 1.25 MS/s en un solo canal de frecuencia de muestreo. De bajo coste dispositivos de la Serie M incorporan características avanzadas tales como el controlador de sistema NI-STC 2, NI-PGIA 2 amplificador programable, y NI-MCal la tecnología de calibración para aumentar el rendimiento y la precisión (ver figura 6).

Sus características principales se indican a continuación:

- salidas analógicas de 16 bits (833 kS/s).
- 24 E/S digitales, dos contadores de 32 bits; disparo digital.

- Selección de alta velocidad de la Serie M para velocidades de muestreo 5 veces más rápido o de alta precisión de la Serie M para resolución de 4X.

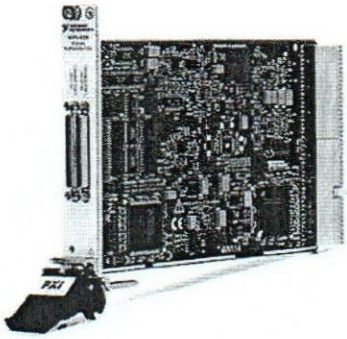


Figura 6: Tarjeta PXI-6225 de NI.

Esta tarjeta posee un bloque de conexión (ver figura 7) para la serie M y la serie X de NI, que permitir obtener los datos en los puertos de entrad y salida de la tarjeta.

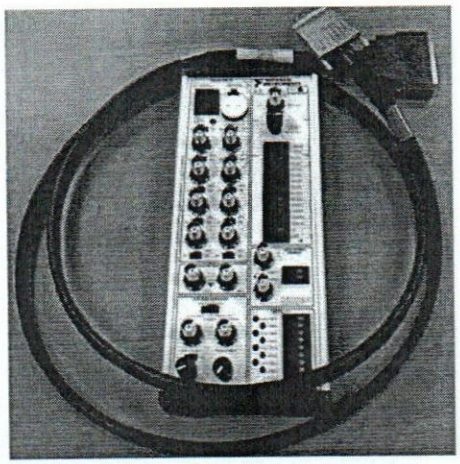


Figura 7: Bloque BNC-2120 para la tarjeta PXI-6225 de NI.

PXIe-6363 (X Series Data Acquisition)

El PXIe-6363 es un dispositivo de la Serie X, que incluye una interfaz PCI Express con optimizaciones para un alto rendimiento y baja latencia. NI-STC3 Tecnología NI-STC3 de temporización y sincronización ofrece una funcionalidad avanzada de temporización (ver figura 8), incluyendo motores de temporización independientes analógicas y digitales, las tareas de medición, redisparable y cuatro contadores/temporizadores con más funcionalidades que nunca antes. Posee las siguientes características:

- 32 entradas analógicas, 2 MS / s de 1 canal, multicanal 1 MS / s, resolución de 16 bits, ± 10 V.
- · 4 salidas analógicas, 2.86 MS / s, resolución de 16 bits, ± 10 V.
- · 48 E / S digitales (líneas 32 temporizadas por hardware a 10 MHz.
- · Cuatro de 32-bit contadores / temporizadores para PWM,
- Codificador, la frecuencia, conteo de eventos, y mucho más.
- · Tiempo de disparo y de avanzada analógica y digital con tecnología NI-STC3.

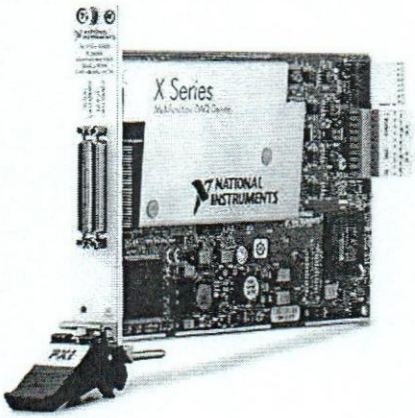


Figura 8: Tarjeta PXI-6363 de NI.

Equipos de última tecnología disponibles en los laboratorios de la escuela de Ing. De Telecomunicaciones que sirvieron y sirven de soporte a trabajos especiales de grado y proyectos de investigación y desarrollo.