



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ITAPÚA

**Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Informática**

**“Aplicación móvil para la predicción de arribos del
transporte público urbano”**

Autores:

Carlos Daniel, Ruiz Díaz Ayala
Néstor Fabián, Tapia

Director:

Mgter. Lic. Horacio Kuna

Encarnación – Paraguay

2012

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ITAPÚA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

HOJA DE EVALUACIÓN DE TFG

INTEGRANTES MESA EXAMINADORA:

-
-
-
-
-

AUTORES:

Carlos Daniel, Ruiz Díaz Ayala

CALIFICACIÓN FINAL: _____()

Néstor Fabián, Tapia

CALIFICACIÓN FINAL: _____()

ACTA N°:

FECHA:

.....
Secretaria General

.....
Decano

Dedicatoria Ruiz Díaz

Dedicatoria Tapia

Agradecimientos Ruiz Díaz

Agradecimientos Tapia

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I – MARCO TEÓRICO	16
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	16
1.1.1 <i>Coordenadas geográficas</i>	17
1.1.1.1 Definición: eje terrestre y ecuador	17
1.1.1.2 Latitud	17
1.1.1.3 Longitud.....	17
1.1.2 <i>Sistema de Información Geográfica</i>	18
1.1.3 <i>Servicios de mapas web</i>	23
1.1.4 <i>Conceptos: Waypoint, Track y Ruta</i>	23
1.2 GPS	26
1.2.1 <i>Estructura</i>	27
1.2.2 <i>Funcionamiento</i>	31
1.2.3 <i>Fiabilidad de los datos y precisión</i>	31
1.2.4 <i>Aplicaciones que utilizan GPS</i>	32
1.2.5 <i>Tipos de dispositivos GPS y su funcionamiento</i>	32
1.2.6 <i>El rastreo satelital</i>	35
1.3 OPENGTS.....	36
1.3.1 <i>El proyecto</i>	36
1.3.2 <i>Características</i>	37
1.3.3 <i>Licencia</i>	37
1.3.4 <i>Arquitectura básica</i>	37
1.3.5 <i>Sistemas operativos compatibles con OpenGTS</i>	38
1.3.6 <i>Requisitos de hardware del sistema para ejecutar OpenGTS</i>	38
1.3.7 <i>Funcionamiento</i>	39
1.4 TECNOLOGÍAS MÓVILES	40
1.4.1 <i>Definición</i>	40
1.4.2 <i>Dispositivos móviles</i>	40
1.4.2.1 Características.....	40
1.4.2.2 Tipos de dispositivos móviles	41
1.4.2.2.1 Smartphone.....	41
1.4.2.2.2 Tablet	41
1.4.2.2.3 Computadora portátil.....	42
1.4.3 <i>Estadísticas de comercialización 2012 de los SO móviles más populares.</i>	42
1.5 METODOLOGIA DE DESARROLLO KANBAN	44
1.6 ESTADO DEL ARTE.....	46
1.6.1 <i>EasyTracker: Rastreo automático de transporte, Mapeo y Predicción de tiempo de llegada de ómnibus utilizando Teléfonos inteligentes. [Biagioni et al., 2011]</i>	46
1.6.2 <i>Investigación sobre predicción de llegadas del ómnibus, basada en múltiples factores de tráfico. [Chu et al., 2007]</i>	49
1.6.3 <i>Predicción de tiempo de llegada de ómnibus, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global e Información Dinámica de Trafico [Zhu et al., 2011]</i>	53
1.6.4 <i>Modelo de Predicción de Tiempo de llegada del Ómnibus basado en datos de APC [Cheng et al., 2010]</i>	54
1.7 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	61
1.7.1 <i>Conceptos</i>	61
1.7.2 <i>La modernización del transporte público urbano en la ciudad de Encarnación.</i>	62
1.7.3 <i>Sistemas tecnológicos utilizados por las empresas de transporte para el servicio de usuarios</i>	63

1.8 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	64
1.9 HIPOTESIS DESCRIPTIVA.....	68
1.10 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	68
CAPÍTULO II - DISEÑO METODOLÓGICO.....	69
2.1 DISEÑO METODOLÓGICO	69
2.1.1 <i>Tipo y niveles de investigación</i>	69
2.1.2 <i>Área de estudio</i>	69
2.1.3 <i>Muestra</i>	70
2.1.4 <i>Unidad de análisis</i>	70
2.1.5 <i>Unidad de muestreo</i>	70
2.1.6 <i>Métodos y técnicas para la recolección de datos</i>	70
2.1.7 <i>Procedimientos para el procesamiento de datos</i>	71
2.1.8 <i>Consideraciones éticas</i>	71
2.2 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	71
2.2.1 <i>Fuentes primarias</i>	71
2.2.2 <i>Fuentes secundarias</i>	72
CAPÍTULO III – RESULTADOS.....	73
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	73
3.1.1 <i>Hardware utilizados</i>	73
3.1.1.1 Servidor local	73
3.1.1.2 Dispositivos GPS Tracker.....	74
3.1.1.3 Transmisión de datos GPRS.....	75
3.1.1.4 IP Público	75
3.1.1.5 Hosting	75
3.1.1.6 Dispositivos de prueba de laboratorio.....	77
3.1.2 <i>Software utilizados</i>	77
3.1.2.1 Herramientas colaborativas.....	77
3.1.2.1.1 SVN	77
3.1.2.1.2 Eventum	78
3.1.2.1.3 KanbanFlow	78
3.1.2.2 Herramientas de servicio	78
3.1.2.2.1 Apache	78
3.1.2.2.2 Tomcat 6.0.....	79
3.1.2.2.3 MySQL 5.5	79
3.1.2.2.4 OpenGTS 2.3.8	79
3.1.2.2.5 Google Maps.....	79
3.1.2.3 Herramientas de desarrollo	80
3.1.2.3.1 Sencha Touch 2.0.1.1	80
3.1.2.3.2 Eclipse Indigo.....	83
3.1.2.3.3 Java 1.7.....	83
3.1.2.3.4 Garmin MapSource software versión 6.16.3.....	83
3.1.2.3.5 GPSBabel 1.4.4.....	84
3.1.2.3.6 Google Earth 6.2.2.6613	86
3.1.2.3.7 My Tracks 2.0.2.....	87
3.1.3 <i>Prueba experimental y Sistema de evaluación</i>	88
3.1.3.1 Diseño y planificación de las pruebas	89
3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	92
3.2.1 <i>Arquitectura del trabajo de tesis</i>	92
3.2.2 <i>Entorno tecnológico</i>	94
3.2.2.1 Creación y configuración del Hosting Amazon EC2.....	94

3.2.2.1.1 Definición	94
3.2.2.1.2 Pasos a seguir para la creación y configuración.	95
3.2.2.2 Instalación y configuración del OpenGTS.....	110
3.2.2.3 Características y configuración del GPS Tracker.....	126
3.2.2.3.1 Características.....	126
3.2.2.3.2 Configuración.....	127
3.2.2.4 Especificaciones e instalación de GPS Tracker en unidades móviles.....	130
3.2.2.4.1 Especificaciones técnicas.....	130
3.2.2.4.2 Instalación	131
3.2.3 <i>Aplicación móvil</i>	133
3.2.3.1 Interfaz de usuario	133
3.2.3.2 Desarrollo de algoritmos.....	142
3.2.3.2.1 Analizador de track	142
3.2.3.2.2 Algoritmo de predicción para el arribo del ómnibus.	151
3.2.3.2.3 Algoritmos de generación automática de archivos SQL y carga del sistema.	158
3.2.4 <i>Obtención, Edición y Carga de datos por defecto</i>	163
3.2.4.1 Paso 1: Obtención de datos.	163
3.2.4.2 Paso 2: Edición de datos.	164
3.2.4.3 Paso 3: Generación de archivos SQL y carga al sistema.	178
CAPÍTULO IV – INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	180
CAPITULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	190
5.1 CONCLUSIÓN.....	190
5.2 RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	191
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	192
ANEXOS.....	205
ANEXO 1: CANTIDAD DE PARAGUAYOS QUE ESTÁN CONECTADOS A INTERNET A TRAVÉS DE SU TELÉFONO MÓVIL	205
ANEXO 2: CORREDOR E ITINERARIO UTILIZADO EN EL TRABAJO DE TESIS.	207
ANEXO 3: IMAGEN DE VISUALSVN SERVER	208
ANEXO 4: IMAGEN DE SMARTSVN.....	209
ANEXO 5: IMAGEN DE EVENTUM	210
ANEXO 6: IMAGEN DE KANBANFLOW	211
ANEXO 7: MODELO DE DATOS	212
ANEXO 8: IMAGEN DEL FUNCIONAMIENTO DEL OPENGTS CON LOS ÓMNIBUS	213
ANEXO 9: IMAGEN DE UN REPORTE DETALLADO DE EVENTOS DE UN ÓMNIBUS	214
ANEXO 10: IMAGEN DE INFORMACIÓN DE UN VEHÍCULO (ÓMNIBUS).....	215
ANEXO 11: IMÁGENES DE LA INSTALACIÓN DE LOS GPS TRACKER EN LOS ÓMNIBUS.	216
ANEXO 12: OBTENCIÓN DEL MARGEN DE ERROR.....	218
ANEXO 13: INSTRUMENTO UTILIZADO EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS	222
ANEXO 14: RESULTADOS DE PRUEBAS REALIZADAS.	225
ANEXO 15: COSTOS (EN DÓLARES AMERICANOS) DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	238

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 - CARACTERÍSTICAS DEL SEGMENTO ESPACIAL. TABLA ELABORADA SEGÚN: [HUERTA ET AL., 2005]	28
TABLA 2 - FUNCIONES DEL SEGMENTO DE CONTROL	28
TABLA 3 - INFORMACIONES QUE PROVEE EL SEGMENTO DEL USUARIO.....	30
TABLA 4 - CARACTERÍSTICAS DEL OPENGTS.....	37
TABLA 5 - SISTEMAS OPERATIVOS COMPATIBLES CON OPENGTS.	38
TABLA 6 - CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS MÓVILES.	40
TABLA 7 - TIPOS DE DISPOSITIVOS MÓVILES.	41
TABLA 8 - TABLERO UTILIZADO EN LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO KANBAN.....	44
TABLA 9 - FUNCIONES Y OBJETIVOS DE LA METODOLOGÍA KANBAN.....	45
TABLA 10 - FACTORES DE TRÁFICO QUE INTERVIENEN EN LA PREDICCIÓN DEL TIEMPO.....	51
TABLA 11- ALGUNOS DE LOS DATOS REGISTRADOS POR EL APC. FUENTE: [CHENG ET AL., 2010]	57
TABLA 12 - VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SENCHA TOUCH.	82
TABLA 13 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL GPS TRACKER.	130
TABLA 14 - RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE PREDICCIÓN REALIZADAS.....	185
TABLA 15 - RESULTADOS PARA EL MARGEN DE ERROR.	218
TABLA 16 - RESULTADOS DE LA FRANJA 4.	219
TABLA 17 - RESULTADOS DE LA FRANJA 5.	220
TABLA 18 - RESULTADOS DE LA FRANJA 6.	221
TABLA 19 - COSTOS FIJOS DE IMPLEMENTACIÓN.	238
TABLA 20 - COSTOS MENSUALES PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.	238
TABLA 21 - TIPOS DE LICENCIA.	238

INDICE DE FIGURAS

FIG. 1 - COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. FUENTE: [MÉXICO, IMT 2013]	18
FIG. 2 - VISTA DE MAPA DE ENCARNACIÓN EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	19
FIG. 3 - VISTA DE SATÉLITE DE ENCARNACIÓN EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	20
FIG. 4 - OTRA VISTA DE SATÉLITE DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.	20
FIG. 5 - CAPAS TELEMÁTICAS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. FUENTE: [BCDHS, 2012].....	21
FIG. 6 - ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL MODELO DE DATOS RASTER. FUENTE: [ORTÍZ, 2002]	22
FIG. 7 - ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL MODELO VECTORIAL. FUENTE: [FILIPINAS, PTS 2007]	22
FIG. 8 - WAYPOINTS (MARCAS EN COLOR ROJO 90 Y 46) CREADOS SOBRE UN TERRENO.	24
FIG. 9 - SUCESIÓN DE PUNTOS (DE COLOR ROJO) COMPONENTES DE UN TRACK.	25
FIG. 10 - WAYPOINTS UNO, DOS Y TRES QUE CREAN UNA RUTA.	25
FIG. 11 - CUALQUIER PUNTO SOBRE LA TIERRA ES DETECTADO POR LOS SATÉLITES. FUENTE: [PRISA DIGITAL, 2013]	26
FIG. 12 - SEGMENTOS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL. FUENTE: [VÉLEZ, 2013]	27
FIG. 13 - ESKEMA GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL SEGMENTO DE CONTROL. FUENTE: [BIBLIOTECA VIRTUAL, 2013]	29
FIG. 14 - COMPONENTES DEL SEG. DE CONTROL GEOGRÁFICAMENTE DISTRIBUIDOS. FUENTE: [ESTADOS UNIDOS, GPS.GOV 2012, CONTROL SEGMENT]	30
FIG. 15 - ÁREAS QUE UTILIZAN LA TECNOLOGÍA GPS. FUENTE: [ESTADOS UNIDOS, GPS.GOV 2012, APLICACIONES]	32
FIG. 16 - DISPOSITIVOS GPS DE MANO. FUENTE: [GARMIN, 2013]	33
FIG. 17 - DISPOSITIVOS GPS NAVEGADORES. FUENTE: [GARMIN, 2013]	33
FIG. 18 - DISPOSITIVOS GPS PARA ORDENADORES. FUENTE: [KOLLEWIN TECH., 2009]	34
FIG. 19 - DISPOSITIVOS CON GPS INTEGRADOS. FUENTES: [BLACKBERRY, 2013; APPLE, 2013B; SAMSUNG, 2013B]	34
FIG. 20 - DISPOSITIVO GPS TRACKER. FUENTE: [ORANGE COOL, 2013]	35
FIG. 21 - ARQUITECTURA DEL OPENGTS. FUENTE: [GEOTELMATIC, 2013A]	38
FIG. 22 - TRANSMISIÓN DE DATOS AL SERVIDOR A TRAVÉS DE UNA RED GPRS MÓVIL. FUENTE: [GEOTELMATIC, 2013A] ..	39
FIG. 23 - ESTADÍSTICA DE COMERCIALIZACIÓN DE LOS DIFERENTES SO ACTUALES EN EL MERCADO.	43
FIG. 24 - ARQUITECTURA DEL PROYECTO EasyTRACKER. FUENTE: [BIAGIONI ET AL., 2011]	47
FIG. 25 - DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO DE INVESTIGACIÓN. FUENTE: [CHU ET AL., 2007]	50
FIG. 26 - SUBSECCIONES DE LA RUTA CADA 30 METROS. FUENTE: [CHU ET AL., 2007].....	51
FIG. 27 - DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PREDICCIÓN DE TIEMPO ENTRE DOS PARADAS ADYACENTES. FUENTE: [CHENG ET AL., 2010].....	59
FIG. 28 - DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE BÚSQUEDA DEL PRÓXIMO ÓMNIBUS.	60
FIG. 29 - ÓMNIBUS IDENTIFICADOS POR COLORES SEGÚN EL CORREDOR QUE CORRESPONDE. FUENTE: [GRUPO NACIÓN DE COMUNICACIONES, 2011]	62
FIG. 30 - UNIDAD DE TRANSPORTE DEL PROYECTO DE FUSIÓN Y RENOVACIÓN. FUENTE: [BOGADO, 2012]	63
FIG. 31 - ALGUNOS EVENTOS TÁCTILES DE SENCHA TOUCH. FUENTE: [REALNORTH, 2010]	80
FIG. 32 - LAYOUTS DE SENCHA TOUCH. FUENTE: [REALNORTH, 2010]	81
FIG. 33 - GARMIN MAPSOURCE 6.16.3	83
FIG. 34 - INTERFAZ GRÁFICA DEL PROGRAMA GARMIN MAPSOURCE.....	84
FIG. 35 - GPSBABEL 1.4.4.....	84
FIG. 36 - INTERFAZ GRÁFICA DEL PROGRAMA GPSBABEL.....	85
FIG. 37 - GOOGLE EARTH 6.2.2.6613. FUENTE: [GOOGLE, 2013c]	86
FIG. 38 - INTERFAZ GRÁFICA DE GOOGLE EARTH.....	87
FIG. 39 - MY TRACKS 2.0.2.....	87
FIG. 40 - INTERFACES GRÁFICAS DE MY TRACKS.....	88
FIG. 41 - DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS PÁGINA 1.....	89
FIG. 42 - DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS PÁGINA 2.....	90
FIG. 43 - DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS PÁGINA 3.	91
FIG. 44 - ARQUITECTURA GENERAL DEL TRABAJO DE TESIS.	92

FIG. 45 – ESTRUCTURA DE CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL HOSTING AMAZON EC2.....	94
FIG. 46 - REGISTRO EN AMAZON WEB SERVICES.	95
FIG. 47 - INICIO DE CREACIÓN DE CUENTA.	96
FIG. 48 – CREDENCIALES DE LA CUENTA.	96
FIG. 49 - FORMULARIO DE CREACIÓN DE LA CUENTA.	97
FIG. 50 - DATOS DE PAGO Y FACTURACIÓN.....	97
FIG. 51 - INGRESO A LA CONSOLA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS.	98
FIG. 52 - CONSOLA DE ADMINISTRACIÓN DE LOS SERVICIOS.	98
FIG. 53 - INGRESANDO A LAUNCH INSTANCE.	99
FIG. 54 - CREACIÓN DE INSTANCIA. LAUNCH INSTANCE.	99
FIG. 55 - ELECCIÓN DE PLATAFORMA Y ARQUITECTURA.....	100
FIG. 56 - DETALLES DE LA INSTANCIA A CREAR.	101
FIG. 57 - OPCIONES AVANZADAS DE INSTANCIA.	101
FIG. 58 - DETALLES DE LA INSTANCIA A CREAR.	102
FIG. 59 - NOMBRE DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTANCIA.	102
FIG. 60 - CREACIÓN Y DESCARGA DEL KEY PAIR.	103
FIG. 61 - OPCIONES DE CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD.	103
FIG. 62 - RESUMEN DE LA CREACIÓN DE LA INSTANCIA.....	104
FIG. 63 - CREACIÓN EXITOSA DE LA INSTANCIA.	104
FIG. 64 - PANEL DE ADMINISTRACIÓN.	105
FIG. 65 - SELECCIÓN DE INSTANCIA.	105
FIG. 66 - INGRESO DEL ARCHIVO .PERM	106
FIG. 67 - GENERACIÓN DE PASSWORD DE CONEXIÓN REMOTA.....	106
FIG. 68 - INFORMACIÓN DEL PASSWORD.....	107
FIG. 69 - CONSOLA DE ADMINISTRACIÓN, SELECCIÓN DE INSTANCIA.....	107
FIG. 70 - DESCARGA DE ACCESO DIRECTO DE CONEXIÓN REMOTA.	108
FIG. 71 – ACCESO DESCARGADO	108
FIG. 72 – CARACTERÍSTICAS DEL SERVIDOR VISUALIZADO A TRAVÉS DE LA CONEXIÓN REMOTA.	109
FIG. 73 - PANEL DE CONTROL VISUALIZADO A TRAVÉS DE LA CONEXIÓN REMOTA.	109
FIG. 74 - ESTRUCTURA DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL OPENGTS.	110
FIG. 75 - NUEVA VARIABLE DEL SISTEMA.....	111
FIG. 76 - MODIFICACIÓN DE LA VARIABLE PATH.....	111
FIG. 77 - PRUEBA DE CORRECTA INSTALACIÓN DE JAVA.....	112
FIG. 78 - UBICACIÓN DEL ARCHIVO MAIL.JAR	112
FIG. 79 - COPIA DEL ARCHIVO MAIL.JAR.....	113
FIG. 80 - VARIABLE DEL SISTEMA ANT_HOME	113
FIG. 81 - UBICACIÓN DE LA CARPETA DE APACHE.	114
FIG. 82 - VARIABLE DEL SISTEMA CATALINA_HOME	114
FIG. 83 - PRUEBA DE INSTALACIÓN DEL TOMCAT.	115
FIG. 84 - VARIABLE DEL SISTEMA MYSQL_HOME.....	116
FIG. 85 - UBICACIÓN DEL ARCHIVO MYSQL-CONNECTOR-JAVA-5.1.18-BIN.JAR	116
FIG. 86 - UBICACIÓN DE LA CARPETA OPENGTS.	117
FIG. 87 - VARIABLE DEL SISTEMA GTS_HOME.....	117
FIG. 88 - MODIFICACIÓN DE LA VARIABLE DEL SISTEMA PATH.	118
FIG. 89 - COMPILACIÓN DE LA LIBRERÍA GTS.	118
FIG. 90 - RESULTADO DE LA EJECUCIÓN DEL ARCHIVO INITDB.BAT.....	119
FIG. 91 - RESULTADO DE LA EJECUCIÓN DEL ARCHIVO DBCONFIG.BAT.....	119
FIG. 92 - RESULTADO DE LA EJECUCIÓN DEL ARCHIVO CHECKINSTALL.BAT.....	120
FIG. 93 - UBICACIÓN DEL ARCHIVO TRACK.WAR.....	121
FIG. 94 - NUEVA UBICACIÓN DEL ARCHIVO TRACK.WAR	121

FIG. 95 - INTERFAZ INICIAL DEL SISTEMA OPENGTS	122
FIG. 96 - INTERFAZ DEL SISTEMA OPENGTS	122
FIG. 97 - CONFIGURACIÓN DEL SITIO WEB EN EL API DE GOOGLE MAPS	123
FIG. 98 - CLAVE DE REGISTRO EN EL API DE GOOGLE MAPS	123
FIG. 99 - PRUEBA DE INSTALACIÓN DEL EVENT.WAR	125
FIG. 100 - DISPOSITIVO GPS TRACKER	126
FIG. 101 - IMAGEN DE LOS CONECTORES DEL GPS TRACKER	130
FIG. 102 - ANTENAS Y CABLES DE CONEXIÓN DEL GPS TRACKER	131
FIG. 103 - ZÓCALOS A Y B DISPONIBLES PARA LA INSERCIÓN DE CHIPS	131
FIG. 104 - CABLES DE CONEXIÓN UTILIZADOS EN LA INSTALACIÓN DEL GPS TRACKER	132
FIG. 105 - INTERFAZ GENERAL DE LA APLICACIÓN MÓVIL	133
FIG. 106 - SELECCIÓN DE ORIGEN Y DESTINO	134
FIG. 107 - INTERFAZ PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN	134
FIG. 109 - SELECCIÓN DE PARADA DE ORIGEN	135
FIG. 108 - INTERFAZ DE BÚSQUEDA INICIAL	135
FIG. 110 - SELECCIÓN DE PARADA DE DESTINO	135
FIG. 111 - RESULTADO DE UNA BÚSQUEDA	136
FIG. 113 - TRAYECTORIA ORIGEN / DESTINO	137
FIG. 112 - TRAYECTORIA BUS / ORIGEN	137
FIG. 114 - INTERFAZ INICIAL DEL MÓDULO DE HORARIOS	137
FIG. 115 - ITINERARIOS EN EL MÓDULO DE HORARIOS	138
FIG. 116 - PARADAS EN EL MÓDULO DE HORARIOS	138
FIG. 117 - INTERFAZ PRINCIPAL DE ITINERARIOS	139
FIG. 118 - ELECCIÓN DEL CORREDOR A VISUALIZAR	139
FIG. 119 - VISTA DE SATÉLITE DE UN ITINERARIO	140
FIG. 120 - VISTA DE MAPA DE UN ITINERARIO	140
FIG. 121 - INFORMACIÓN DESPLEGADA DE UNA PARADA	140
FIG. 122 - INTERFAZ PRINCIPAL DEL MÓDULO DE PARADAS	141
FIG. 123 - INFORMACIÓN GRÁFICA DE UNA PARADA	141
FIG. 124 - CONCEPTO DE ITINERARIO	143
FIG. 125 - REPRESENTACIÓN DEL RADIO DE PARADA Y LA DISTANCIA DEL ÓMNIBUS	144
FIG. 126 - REPRESENTACIÓN DEL ÓMNIBUS DENTRO DEL RADIO DE LA PARADA	145
FIG. 127 - FALLO EN EL TIEMPO DE REPORTE DEL GPS Y RESPUESTA DEL ALGORITMO	146
FIG. 128 - SOLUCIÓN AL FALLO EN EL TIEMPO DEL REPORTE DEL GPS	148
FIG. 129 - CIRCUNFERENCIA QUE DETERMINA EL ESPACIO FÍSICO DE LA TERMINAL	149
FIG. 130 - TIEMPO DE VIAJE ENTRE DOS PARADAS CONTINUAS	150
FIG. 131 - SELECCIÓN DE LA PARADA DE ORIGEN	152
FIG. 132 - SELECCIÓN DE LA PARADA DE DESTINO	152
FIG. 133 - PARADAS COMUNES Y NO COMUNES	153
FIG. 134 - BÚSQUEDA DE ITINERARIOS QUE CONTENGAN LAS PARADAS DE ORIGEN Y DESTINO	153
FIG. 135 - OBTENCIÓN DE ÓMNIBUS QUE FORMAN PARTE DE CADA ITINERARIO	154
FIG. 136 - OBTENCIÓN DE LA ÚLTIMA PARADA VISITADA POR CADA ÓMNIBUS	154
FIG. 137 - DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS EN RELACIÓN A LAS FRANJAS HORARIAS ESTABLECIDAS	155
FIG. 138 - SUMATORIA DE TIEMPOS Y DISTANCIA ENTRE PARADAS	156
FIG. 139 - DISPOSITIVO MÓVIL Y SOFTWARE UTILIZADO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS	163
FIG. 140 - LAS LÍNEAS ROJAS SON LOS ITINERARIOS Y LAS MARCAS DE COLOR AZUL LAS PARADAS SEÑALADAS	164
FIG. 141 - EJEMPLO DE EDICIÓN CON MAPSOURCE	165
FIG. 142 - PROPIEDADES DEL TRACK	165
FIG. 143 - TRACK COMPLETO	166
FIG. 144 - DIVISIÓN DE UN TRACK EN DOS	166

FIG. 145 - IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS EN GOOGLE EARTH.....	167
FIG. 146 - ESTRUCTURA DE ARCHIVOS UTILIZADOS EN EL TRABAJO DE TESIS.	167
FIG. 147 - EDICIÓN DE NOMBRES DE ARCHIVOS.....	168
FIG. 148 - CARGANDO INFORMACIONES DE PARADAS.	169
FIG. 149 - CREANDO MARCAS DE POSICIÓN.....	170
FIG. 150 - VISUALIZACIÓN DE UN TRAMO DEL ITINERARIO.....	170
FIG. 151 - ELIMINACIÓN DE ARCHIVOS INNECESARIOS.	171
FIG. 152 - VISUALIZANDO PUNTOS DE TRACK.	171
FIG. 153 - EDITANDO LOS PUNTOS DE UN TRACK.	172
FIG. 154 - GUARDANDO EL PROYECTO DE MAPA.....	172
FIG. 155 - TRANSFORMANDO EL ARCHIVO KML A CSV.	173
FIG. 156 - IMPORTANDO EL ARCHIVO CSV.....	174
FIG. 157 - SELECCIÓN DE TIPO DE DATOS A IMPORTAR.	174
FIG. 158 - SELECCIÓN DE SEPARADORES DEL ARCHIVO.....	175
FIG. 159 - ELECCIÓN DE FORMATOS DE LOS DATOS DEL ARCHIVO.	175
FIG. 160 - ELECCIÓN DE COLUMNAS A IMPORTAR.	176
FIG. 161 - EDICIÓN DE DATOS Y COLUMNAS.	176
FIG. 162 - DATOS Y COLUMNAS EDITADAS.	176
FIG. 163 - ARCHIVO GUARDADO EN FORMATO CSV DELIMITADO POR COMAS.....	177
FIG. 164 - MENSAJE DE ADVERTENCIA E INFORMACIÓN.	177
FIG. 165 - ARCHIVO DE TEXTO, CONFIGURACIÓN DE TRAMOS DE UN ITINERARIO.	178
FIG. 166 - PROGRAMA PRINCIPAL DE CARGA DE DATOS.	179
FIG. 167 - DISEÑO DE PROTOTIPO UTILIZADO EN ESTE TRABAJO DE TESIS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	180
FIG. 168 - ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL SERVIDOR.	181
FIG. 169 - ESQUEMA DE INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL OPENGTS.	181
FIG. 170 - MÓDULOS QUE COMPONEN LA APLICACIÓN MÓVIL.	182
FIG. 171 - CANTIDAD DE PARAGUAYOS QUE ESTÁN CONECTADOS A INTERNET A TRAVÉS DE SU DISPOSITIVO MÓVIL. FUENTE: [ABAD , 2013]	206
FIG. 172 - IMAGEN DE VISUALSVN SERVER DEL TRABAJO DE TESIS.....	208
FIG. 173 - IMAGEN DE SMARTSVN DEL TRABAJO DE TESIS.	209
FIG. 174 - IMAGEN DE EVENTUM DEL TRABAJO DE TESIS.	210
FIG. 175 - IMAGEN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE LA APLICACIÓN KANBANFLOW UTILIZADA EN EL TRABAJO DE TESIS.	211
FIG. 176 - MODELO DE DATOS UTILIZADO EN EL TRABAJO DE TESIS.	212
FIG. 177 - IMAGEN DEL FUNCIONAMIENTO DEL OPENGTS CON LOS ÓMNIBUS.	213
FIG. 178 - IMAGEN DE UN REPORTE DETALLADO DE EVENTOS DE UN ÓMNIBUS.	214
FIG. 179 - IMAGEN DE INFORMACIÓN DE UN VEHÍCULO (ÓMNIBUS).....	215
FIG. 180 - INSTRUMENTO UTILIZADO EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS, PÁG. 1.	222
FIG. 181 - INSTRUMENTO UTILIZADO EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS, PÁG. 2.	223
FIG. 182 - INSTRUMENTO UTILIZADO EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS, PÁG. 3.	224

RESUMEN

El presente trabajo de tesis desarrollado ha consistido en elaborar una aplicación móvil, para la predicción de arribos del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación departamento de Itapúa, proporcionando un sistema de información preciso que facilita al pasajero la toma de decisiones y reduce el tiempo de espera en las paradas. Para la realización del trabajo se analizaron modelos estudiados y desarrollados con anterioridad sobre el tema, se diseño e implementó un entorno tecnológico de simulación basado en el sistema de rastreo satelital y se desarrollaron algoritmos que mediante análisis y cálculos de datos brindan información al usuario a través de la aplicación móvil. Se ha determinado un sistema de evaluación de pruebas del funcionamiento de la aplicación móvil, que posteriormente fueron aplicadas con usuarios reales del servicio de transporte de la ciudad de Encarnación. A su vez dichas pruebas arrojaron buenos y prometedores resultados demostrando así la precisión de la aplicación y la viabilidad de su implementación en un entorno real.

ABSTRACT

This evolved thesis has consisted of developing a mobile application for predicting the arrivals of urban public transport in the city of Encarnación Department of Itapúa, providing a precisely information system that makes it easier for the passenger in making decisions and reducing time waiting at stops. To achieve the work, tested models were analyzed and developed previously about it, a technological environment of simulation based on the tracking system satellite has been designed and implemented and algorithms have been developed through analysis and data calculation providing information to the user via Mobile application. An evaluation system of performance tests of the mobile application has been determined, which were subsequently applied to real users of the transport service of the city of Encarnación. At the same time these tests showed good and promising results demonstrating the accuracy of the application and the viability of its implementation in a real environment.

INTRODUCCIÓN

Un gran problema en la Ciudad de Encarnación es el mal servicio del transporte público urbano, falta de ómnibus, mal estado de las unidades, son algunos de los disparadores de la problemática que conlleva a que los usuarios del transporte público se vean afectados con las consecuencias del mal servicio. La Municipalidad de la Ciudad de Encarnación está colmada de quejas ante la falla o ausencia de los itinerarios establecidos, horarios no cumplidos, situaciones a las cuales se están enfrentando diariamente los usuarios.

Para tratar de llegar a una solución, en forma conjunta, la Municipalidad de Encarnación, los empresarios del sector del transporte urbano y la Junta Municipal, están llevando a cabo un proyecto cuyo objetivo principal es mejorar el servicio brindado a la población. El proyecto pretende unificar las líneas de ómnibus (1, 3, 4 y 5), como así también mejorar el control sobre los vehículos, itinerarios, frecuencias del servicio y otros factores, mediante la utilización de dispositivos GPS, que permitirán a las empresas y el municipio el acceso a la información en tiempo real de cada unidad de transporte y bajo qué condiciones se está desarrollando el servicio.

Teniendo en cuenta las mejoras proyectadas, los tesis proponen desarrollar una aplicación móvil capaz de brindar informaciones sobre, consulta de itinerarios, paradas, horarios preestablecidos, búsqueda y predicción en tiempo real de los ómnibus.

Actualmente, la seguridad es uno de los factores que impulsan este trabajo de tesis, ya que el uso de esta aplicación evitara la espera en las paradas durante largos periodos de tiempo en la noche, sobre todo en ciertos lugares que pueden llegar a ser peligrosos. Así también como en zonas climáticas muy variables de calor, frío y lluvias intensas como en esta ciudad, esperar un ómnibus puede ser una experiencia poco agradable en especial para personas mayores.

Mediante la utilización de esta aplicación móvil, el usuario tendrá acceso rápido y en tiempo real de la información relacionada al viaje que desea realizar, por ejemplo, cual es el horario de arribo del próximo ómnibus a la parada más cercana a su domicilio, o a donde se encuentre en ese momento, la línea que debe tomar para

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

dirigirse a un cierto destino, cuales son los horarios del mismo y la posición actual dentro de los itinerarios de los ómnibus. Teniendo en cuenta que el acceso a dicha información debería ser en el menor tiempo posible, se ha apuntado a que la aplicación pueda ejecutarse en dispositivos móviles de alta tecnología. El gran crecimiento en la utilización de tecnologías móviles, como ser notebooks, netbooks, smartphones y tablets, facilitan el acceso a la información y mejor aún en tiempo real, permitiendo al usuario poder llevar a cabo sus tareas cotidianas en forma más rápida, programada y eficiente.

La justificación del presente trabajo de tesis radica en que la misma puede brindar a la comunidad un rápido y fácil acceso a informaciones sobre los servicios del transporte público urbano. Actualmente la información obtenida por el monitoreo de las unidades solamente es accesible para los responsables del proyecto municipal, pero no para el usuario común del servicio de transporte, el cual debería ser el principal beneficiario. La aplicación móvil aprovecharía informaciones útiles para el usuario, quien pasa a ser también un actor principal dentro del sistema de control de itinerarios, horarios, etc. Igualmente la justificación se centra en la adquisición de conocimientos a implementar en la futura profesión de los tesistas.

El objetivo general del trabajo de tesis es elaborar una aplicación móvil para la predicción en tiempo real de arribos del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación, en base a información generada y disponible por los GPS Tracker instalados en los ómnibus. En cuanto a los objetivos específicos, estos son: diseñar un prototipo como entorno de simulación propio, para el rastreo de los ómnibus a través de GPS Tracker, según la tecnología utilizada en el proyecto municipal de la ciudad de Encarnación. Seguidamente, implementar el entorno de simulación, montando y configurando el servidor que recibirá las coordenadas de los GPS Tracker, para luego, desarrollar la aplicación móvil, que proveerá el medio de acceso a informaciones como: consulta de itinerarios, paradas, horarios preestablecidos, búsqueda y predicción en tiempo real de los ómnibus, y finalmente, determinar un sistema de evaluación de pruebas del funcionamiento de la aplicación móvil para la predicción de arribos en tiempo real del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación.

El proceso investigativo se ha llevado a cabo dentro de un tiempo y espacio predeterminado a tal efecto, situándose el mismo en la ciudad de Encarnación y comprende la aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte urbano,

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

cabe señalar que dicho emprendimiento solo será factible para este distrito teniendo en cuenta que la misma posee características geográficas y de distribución zonal que han servido de base para la programación de la aplicación.

En el capítulo 1. *Marco Teórico* se presentan los conceptos relevantes y necesarios para el desarrollo de este trabajo de tesis, utilizando como solución las tecnologías móviles, sistemas de posicionamiento y rastreo satelital. Posteriormente, se expone la metodología de desarrollo. Y finalmente se presentan las investigaciones ya existentes, describiendo sus limitaciones para luego introducirse en la solución propuesta.

En el capítulo 2. *Diseño metodológico* se describen los métodos que serán utilizados durante el trabajo de tesis, tales como el tipo de investigación, área de estudio, muestra, unidad de análisis, unidad de muestreo, métodos y técnicas para la recolección de datos, procedimientos para el procesamiento de los datos y las fuentes de información.

En el capítulo 3. *Resultados* se presenta el diseño y procedimiento experimental utilizado para la solución planteada. En el diseño experimental, se exponen tanto el hardware (GPS Tracker, Servidor, Conexiones y otros.) como el software utilizado (herramientas colaborativas, de servicios y desarrollo). En el procedimiento experimental, se presenta la arquitectura del trabajo de tesis y se describen los pasos necesarios para la instalación y configuración del GPS Tracker y el Servidor. Luego se introduce en el desarrollo de la aplicación (interfaz gráfica de usuario, algoritmos desarrollados y carga de datos por defecto).

En el capítulo 4. *Interpretación y Análisis de los resultados* se exponen las deducciones obtenidas en base a los objetivos específicos propuestos. Dichos resultados han sido interpretados y analizados mediante esquemas, tablas y gráficos estadísticos.

En el capítulo 5. *Conclusiones y recomendaciones* se exponen las conclusiones de la solución planteada, los logros y descubrimientos encontrados, las mejoras que se pueden aplicar al trabajo de tesis y las futuras líneas de investigación.

CAPÍTULO I – MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta el contexto teórico necesario para el estudio y desarrollo de la aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano. En las primeras cinco secciones del capítulo se exponen las teorías necesarias para poder abordar sobre el desarrollo del trabajo de tesis utilizando una solución óptima. Posteriormente se presenta el Estado del Arte (Cap. 1.6), describiendo investigaciones ya realizadas sobre el tema. Dentro del marco teórico referencial (Cap. 1.7), se hace una breve reseña sobre la modernización del transporte público urbano en la ciudad de Encarnación, poniendo especial énfasis en el proyecto municipal y los sistemas tecnológicos implementados actualmente en las empresas de transporte. Y para finalizar el capítulo se plantea la Solución (Cap. 1.8) seguido de la Hipótesis y las variables de la investigación.

1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La localización geográfica es un concepto de la geografía que determina donde se encuentra un punto determinado en la superficie terrestre.

Cada lugar en la tierra tiene una localización específica, es decir, un punto determinado en la superficie según un sistema de “coordenadas geográficas”, el cual puede ser ubicado en un mapa. Según Alba N. López [López, 2009] cuando se hace referencia a la localización geográfica no solo se hace referencia a ubicar un punto determinado en la superficie terrestre, sino también a un conjunto de elementos y relaciones entre ese espacio geográfico y otros que por ejemplo pueden ser:

- *La extensión o tamaño de un área geográfica.*
- *El clima de una región o de determinado espacio geográfico.*
- *El tipo de vegetación.*
- *Recursos naturales que pueden encontrarse en un lugar.*
- *Economía.*
- *Aspectos culturales e históricos.*

1.1.1 Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas son un sistema de referencia que permiten ubicar con precisión un punto cualquiera en la superficie terrestre. Utiliza dos coordenadas angulares (latitud y longitud) que determinan los ángulos laterales de la superficie. Combinando estos dos ángulos se puede expresar la posición de cualquier punto en la tierra [Galati, 2006].

1.1.1.1 Definición: eje terrestre y ecuador

El eje terrestre es la línea imaginaria que pasa por los polos, alrededor de la cual la tierra realiza su movimiento de rotación. El ecuador es la circunferencia imaginaria sobre la superficie de la tierra, perpendicular al eje terrestre, que la divide en dos partes iguales llamadas hemisferios norte y sur [Escobar, 2004].

1.1.1.2 Latitud

Latitud o paralelo, es la distancia normalmente expresada en grados sexagesimales (grados, minutos y segundos) que existe entre un punto cualquiera de la tierra y su línea base que es el Ecuador, medida que se realiza sobre el “meridiano” que pasa sobre dicho punto. Son los círculos o líneas imaginarias paralelas al ecuador que van hacia el norte y hacia el sur, y a medida que se acercan a los polos se hacen más pequeñas. La latitud se mide de cero a noventa grados; desde el ecuador (0°) hasta el polo norte de 0° a 90° norte (ó $+90^\circ$), y hasta el polo sur de 0° a 90° sur (ó -90°). Todos los lugares de la tierra que están situados al norte del ecuador tienen una latitud norte y los que están al sur tienen latitud sur, así también todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud [Galati, 2006].

1.1.1.3 Longitud

Longitud o meridiano, es la distancia en grados (sexagesimales normalmente) que hay desde un punto cualquiera de la tierra hasta su línea base que es el Meridiano Cero (ó Meridiano de Greenwich), medida que se realiza sobre el “paralelo” que pasa sobre dicho punto. Son todas las líneas imaginarias que pasan por los polos orientados de norte a sur, y tienen el mismo tamaño. La longitud se mide de cero a ciento ochenta grados, y para la enumeración se toma como punto de referencia el

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Meridiano Cero; a partir de él se enumeran los demás meridianos. El primer meridiano ó meridiano cero divide a la tierra en dos hemisferios, el hemisferio oriental al este y el hemisferio occidental al oeste. De esta manera, todos los lugares que se encuentren al este del meridiano de Greenwich tienen longitud este y pertenecen al hemisferio oriental, y los lugares que se encuentren al oeste pertenecen al hemisferio occidental y tienen longitud oeste [Galati, 2006].

1.1.2 Sistema de Información Geográfica

Se define a un SIG ó Sistema de Información Geográfica, como un conjunto de programas y aplicaciones informáticas que permiten la gestión de datos geográficos espaciales. Según John E. Harmon y Steven J. Anderson, lo definen en su libro [Harmon & Steven, 2003] como un conjunto de:

- “*Recursos Humanos: los usuarios del sistema.*
- *Procedimientos: los procesos y programas que se utilizan para el trabajo.*
- *Datos: la información necesaria para las aplicaciones.*
- *Software: el software SIG básico.*
- *Hardware: los componentes físicos que permiten la ejecución de sistema.”*

En la Fig. 1 se observa la interrelación que existe entre los distintos componentes que forman parte un sistema de información geográfica.



Fig. 1 - Componentes de un Sistema de Información Geográfica.

Fuente: [Méjico, IMT 2013]

Estos sistemas permiten capturar, almacenar, actualizar, analizar y desplegar atributos geográficamente referenciados como muestra la Fig. 2, por medio de grandes y complejos sistemas de cómputos, permitiendo de esta manera solucionar problemas actuales con mayor facilidad y mostrándonos el mundo de una manera diferente.

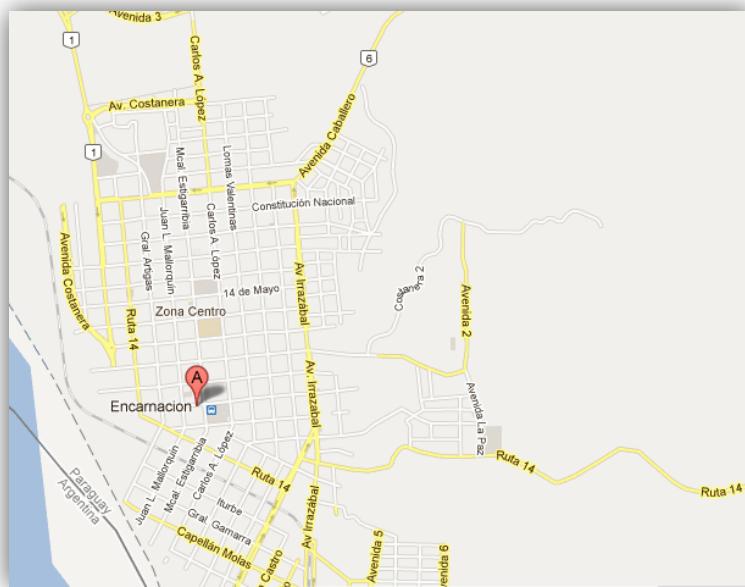


Fig. 2 - Vista de mapa de Encarnación en un Sistema de Información Geográfica.

Existen muchas áreas de la geografía moderna, en las cuales estos sistemas son utilizados en la vida cotidiana, como por ejemplo planificación urbana (Fig. 3), investigaciones científicas, arqueología, historia, cartografía, sociología, etc. Un ejemplo práctico podría ser un estudio de mercado en el cual se puedan analizar las diferentes zonas de una población para determinar si es factible la instalación de algún negocio específico, otro ejemplo podría ser la adaptación de clases escolares virtuales cuyo objetivo pueda ser enseñanza de geografía o las principales atracciones turísticas de un país.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 3 - Vista de satélite de Encarnación en un Sistema de Información Geográfica.

Muchas de las tareas que eran desarrolladas sobre un mapa impreso, se están realizando a través de sistemas SIG, por la ventaja y dinamismo que estos proveen, por su facilidad de uso y las diferentes funcionalidades que poseen, como por ejemplo la navegabilidad de mapas en distintas formas y ángulos como muestra la Fig. 4. A medida que un SIG es actualizado brinda mayor precisión en los datos y otorga la posibilidad de mapear en unos pocos segundos cualquier lugar del mundo con toda la información necesaria del mismo.

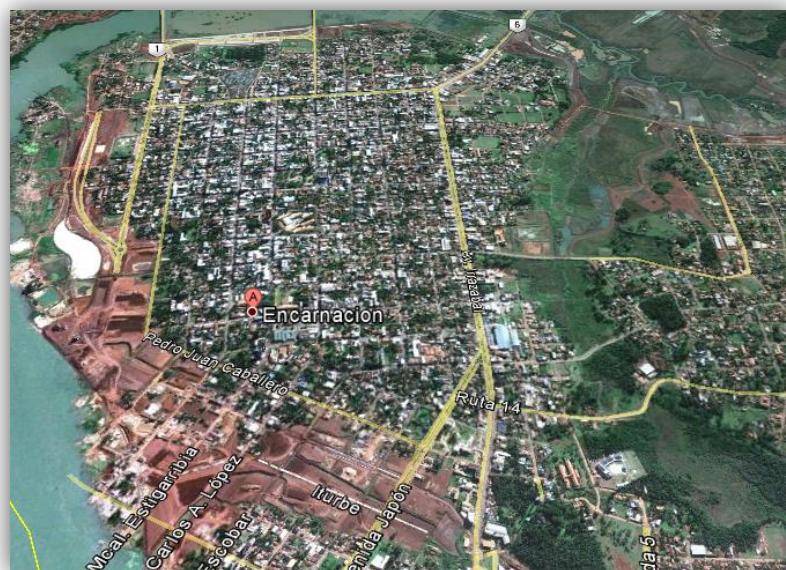


Fig. 4 - Otra vista de satélite de un Sistema de Información Geográfica.

Funcionamiento: Los SIG operan mediante una gran base de datos principalmente compuesta con información geográfica, objetos existentes en la vida real (edificios, viviendas, monumentos, etc.) y mostrando dicha información en mapas digitales. De esta manera asocia información geográfica (generalmente alfanumérica) a identificadores en la base de datos. Los datos son guardados en forma de capas telemáticas como muestra la Fig. 5, a fin de tener la información más ordenada y de esta manera agilizar el acceso a las mismas. Las capas pueden estar divididas de acuerdo al diseño del SIG, un ejemplo del apilamiento de capas sería, información sobre población, información del suelo, red fluvial, cartográfica, altitud.

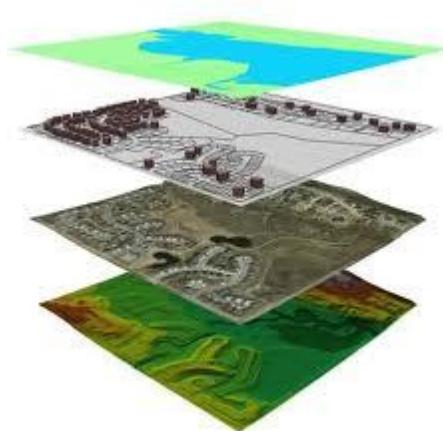


Fig. 5 - Capas telemáticas de un Sistema de Información Geográfica.

Fuente: [BCDHS, 2012]

Los sistemas de información geográfica trabajan con mapas digitales, los cuales son elaborados a partir de grandes investigaciones partiendo de mapas impresos e información relevada. La representación de los objetos de la vida real (edificios, calles, coordenadas), pueden ser almacenados de dos formas diferentes:

- Raster: en este modelo se toma como base una imagen a estudiar y a partir de ella se genera una malla tipo matriz (Fig. 6), formada de pequeñas celdas a las que se les da el nombre de pixel, en la cual se almacena un valor numérico que indica el tamaño del pixel y mediante él se puede obtener después las coordenadas de cada celda quedando así todos los pixeles georreferenciados. Una fotografía tomada en una altura podría ser el punto de partida para un modelo raster. La complejidad del mismo radica en que cada pixel se puede ampliar o disminuir, encareciendo el trabajo en la

digitalización del mapa, a pesar de esto suele ser el modelo más utilizado debido a que se hace sencillo y efectivo el manejo de colores en el territorio que se quiere estudiar.



Fig. 6 - Organización de la información en el modelo de datos Raster.

Fuente: [Ortiz, 2002]

- Vectorial: el sistema Vectorial representa al mundo como un sistema de coordenadas como indica la Fig. 7, donde a cada punto geográfico de la tierra le corresponde un único conjunto de coordenadas, latitud, longitud y altura. Un conjunto de puntos forman polígonos, los cuales pueden definir información específica como ciudades, calles, ríos u otro tipo de información.

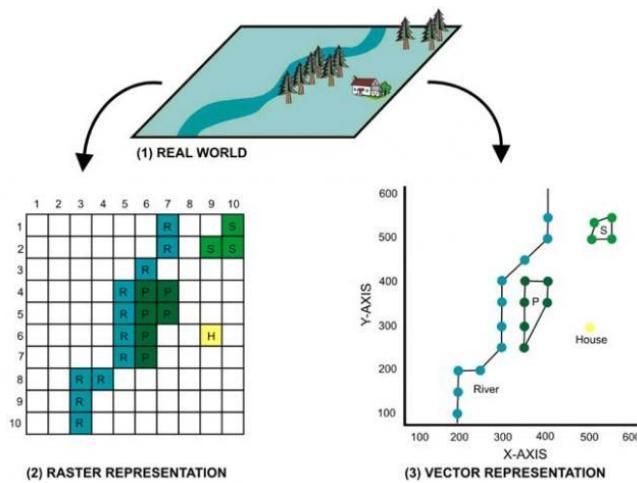


Fig. 7 - Organización de la información en el modelo Vectorial.

Fuente: [Filipinas, PTS 2007]

1.1.3 Servicios de mapas web

Web Map Services (WMS) o Servicios de mapas web: es un servicio estandarizado por el OGC (Open Geospatial Consortium [OGC, 2013]) para la creación de mapas geográficos espaciales disponibles desde un sitio web. La OGC define al mapa como una representación de la información geográfica en forma de archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador. El formato digital del mapa son imágenes que pueden ser PNG (Portable Network Graphics), GIF (Graphics Interchange Format) o JPEG (Joint Photographic Experts Group), pudiendo contener gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics).

El estándar define tres operaciones:

- 1) Devolver metadatos del nivel de servicio.
- 2) Devolver un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales han sido bien definidos.
- 3) Devolver información de características particulares mostradas en el mapa (opcional)

El servicio de mapas web puede ser solicitado por medio de un navegador web y una URL específica. Existen variedades de servicios de mapas web, entre los que se encuentran GoogleMaps (uno de los más utilizados), OpenStreetMap, OpenLayers, YahooMaps, WorldWind, Mapstraction.

1.1.4 Conceptos: Waypoint, Track y Ruta.

Waypoint (ó punto del camino): es un punto de localización que interesa destacar con información propia, que puede estar o no dentro de un recorrido realizado. Pueden ser puntos como por ejemplo: un edificio, un desvío, una intersección, un semáforo, o simplemente una parada de ómnibus como se muestra en la Fig. 8. El waypoint se marca voluntariamente en cualquier momento sobre el terreno que se está recorriendo. Tanto la información como la opción de marca dependen del dispositivo.

Normalmente los atributos de un waypoint son los siguientes:

- Nombre o descripción.
- Icono o imagen personalizada.
- Latitud, longitud, tiempo y altura.
- Comentario.



Fig. 8 - Waypoints (marcas en color rojo 90 y 46) creados sobre un terreno.

Track (ó recorrido): es una sucesión de puntos registrados que se generan de manera automática al realizar un desplazamiento con un dispositivo GPS. De otra manera, un track no es más que un montón de waypoints sin nombres que están concatenados unos detrás de otros para definir un recorrido. Dependiendo del dispositivo, éste se puede configurar para que la grabación de los puntos del track se realice en el intervalo de tiempo que se necesita; ó cuando exista un desplazamiento o cambio de distancias. Los atributos del track son: Latitud, Longitud, Altura y Tiempo.

A diferencia de un waypoint, a los puntos del track no se les puede asociar un ícono gráfico, un comentario, u otras informaciones. En la Fig. 9 se observa un ejemplo de track conformados por la sucesión de puntos registrados en un recorrido.



Fig. 9 - Sucesión de puntos (de color rojo) componentes de un track.

Ruta: es un recorrido artificial que se crea a partir de varios waypoints consecutivos, ordenados de una manera tal que al recorrerlas generan un camino. Son como objetivos por donde hay que pasar y en donde el GPS indica en qué dirección está el siguiente punto de la ruta y a qué distancia. Al igual que los tracks son capaces de definir un recorrido, pero se diferencian de éstos ya que están creados de otra forma (están hechos usando waypoints, ver Fig. 10).



Fig. 10 - Waypoints UNO, DOS y TRES que crean una ruta.

Diferencia con los tracks:

- Una ruta nunca contiene tantos waypoints como puntos que puede contener un track.
- En las rutas se pueden definir los llamados tramos (legs), que no son ni más ni menos que el espacio que hay entre dos waypoints de la ruta. Como las rutas contienen waypoints, y éstos tienen nombre, siempre sabes en qué tramo te encuentras, y cuál es la distancia que te queda para llegar al siguiente waypoint de la ruta.
- Al contener más puntos los tracks son más precisos y definen mejor un camino, a diferencia que una ruta que solo define pocos waypoints.

1.2 GPS

Global Positioning System (GPS por sus siglas en inglés) y Sistema de Posicionamiento Global en español. *“Es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día.”* [Huerta et al., 2005]. En la Fig. 11 se muestra un ejemplo gráfico de como un punto cualquiera del planeta es detectado por al menos 4 satélites.

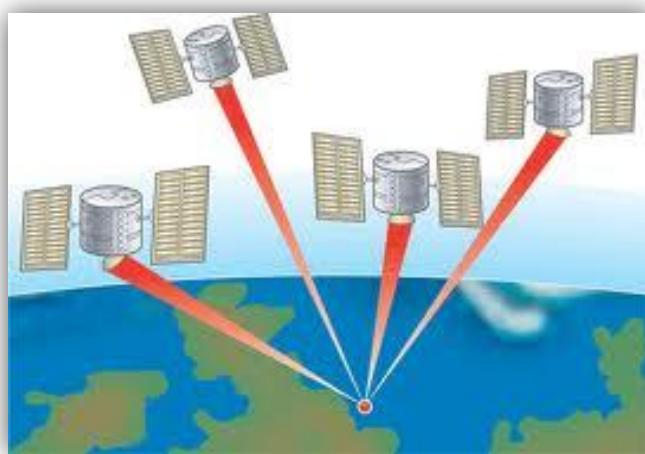


Fig. 11 - Cualquier punto sobre la tierra es detectado por los satélites.

Fuente: [Prisa Digital, 2013]

El sistema y la red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos, fue desarrollado, instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa, División Sistema Espacial. Además de este sistema, también existen otros sistemas globales de navegación por satélite como GLONASS y GALILEO.

GLONASS, fue desarrollado por la Unión Soviética y hoy en día está a cargo del Ministerio de Defensa de la Federación Rusa. Actualmente el sistema permite el uso comercial ilimitado sin ninguna restricción de precisión (30 metros aproximadamente) [Rusia FSAIAC, 2013].

GALILEO, es el primer programa de geoposicionamiento y navegación satelital dirigido por organismos civiles, que fue desarrollado por la Agencia Espacial Europea (AEE) con el objetivo de no depender de los sistemas GPS Y GLONASS que son controlados y financiados por autoridades militares. El proyecto todavía se encuentra en etapa de desarrollo [European GNSS Agency, 2013].

1.2.1 Estructura

El Sistema de Posicionamiento Global consta de tres segmentos principales como se muestra en la Fig. 12, estos son: Segmento Espacial, Segmento de Control y el Segmento del Usuario.

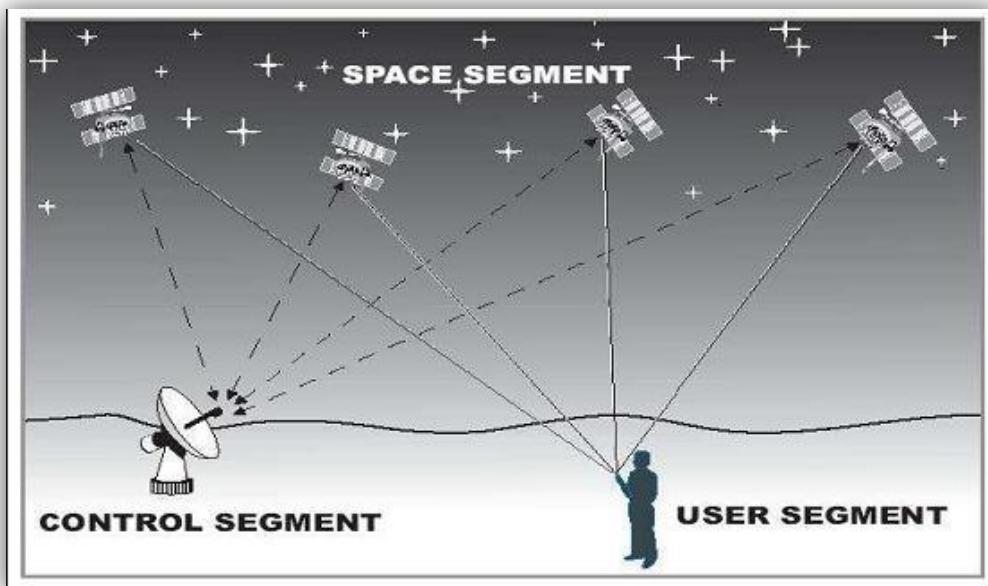


Fig. 12 - Segmentos principales del Sistema de Posicionamiento Global. Fuente: [Vélez, 2013]

- Segmento Espacial: “*consiste en una constelación nominal formada por 24 satélites operativos que transmiten señales unidireccionales que proporcionan la posición y la hora de cada satélite del sistema.*” [Estados Unidos GPS.GOV, 2012]

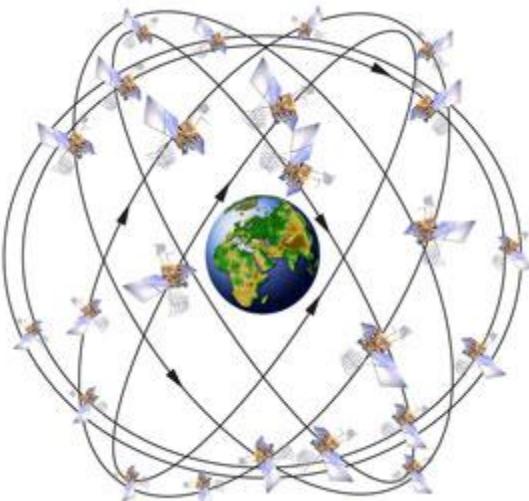
Características del Segmento Espacial	
Compuesta por 24 satélites.	
Los satélites se ubican en 6 órbitas planas prácticamente circulares, con inclinación de 55° respecto al plano del Ecuador y con una distribución aproximadamente uniforme; con 4 satélites en cada órbita.	
Se encuentran aproximadamente a 20180 km de altura.	
Tienen 12h de período de rotación (en tiempo sidéreo) u 11h 58m (en tiempo oficial).	
También hay satélites en órbita que se encuentran desactivados y disponibles como reemplazo.	
Con la constelación completa, se dispone, en cualquier punto y momento, entre 5 y 11 satélites observables, con geometría favorable.	
El tiempo máximo de observación de un satélite es de hasta 4 horas 15 minutos.	

Tabla 1 - Características del Segmento Espacial. Tabla elaborada según: [Huerta et al., 2005]

- Segmento de Control: está integrado por una Estación de Control Maestra, varias Estaciones de Monitoreo y Antenas Terrestres. Las funciones principales del segmento de control son:

Funciones del Segmento de Control
Monitoreo y control permanente de los satélites con el objeto de determinar y predecir las órbitas y los relojes de a bordo.
Sincronización de los relojes de los satélites con el tiempo GPS
Transmisión, a cada satélite, de la información procesada.

Tabla 2 - Funciones del Segmento de Control.

Tabla elaborada según: [Huerta et al., 2005]

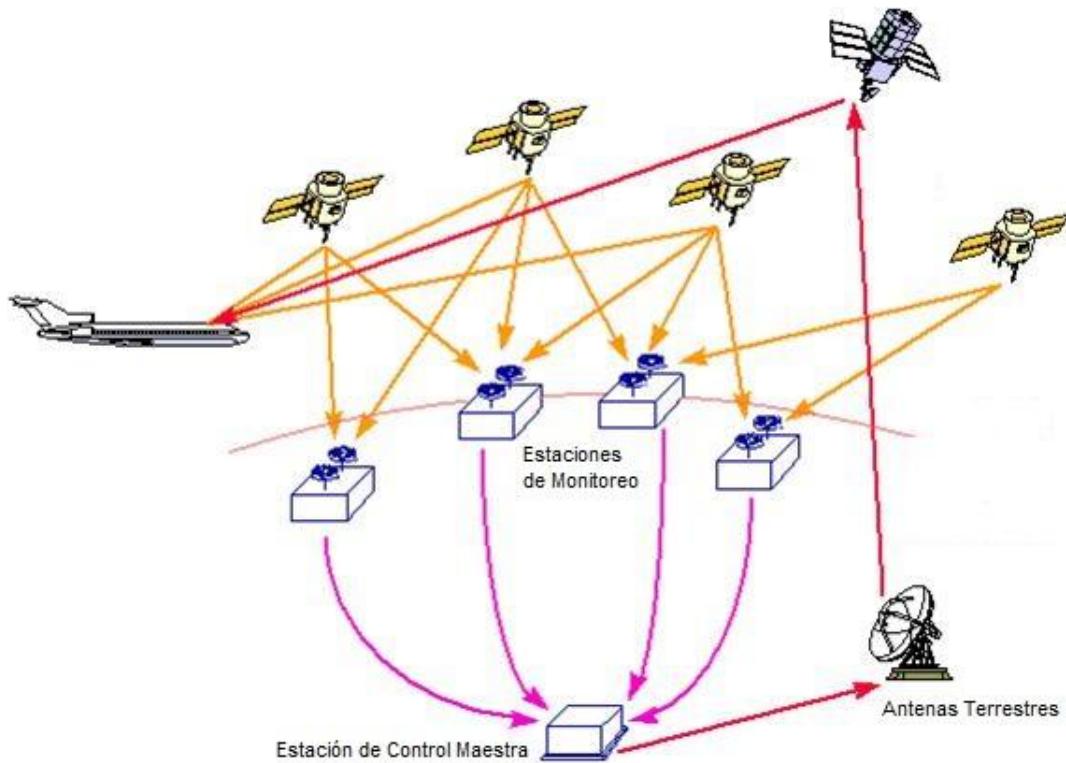


Fig. 13 - Esquema general del funcionamiento del Segmento de Control. Fuente: [Biblioteca Virtual, 2013]

Las estaciones de monitoreo tienen coordenadas conocidas con gran precisión y están equipadas con receptores GPS de doble frecuencia L1/L2 y un reloj de Cesio. Su función es determinar las distancias a todos los satélites visibles y transmitirlas a la estación de control maestra junto con los datos meteorológicos de cada estación.

Con los datos recibidos de las estaciones monitoras, la estación maestra, calcula los parámetros orbitales y los de los relojes y posteriormente los transmite a las antenas terrestres que los transfieren a los satélites a través de un enlace vía banda S (rango de frecuencia que va desde 1,5 a 5,2 GHz) [Huerta et al., 2005]. En la Fig. 13 se puede observar el funcionamiento y las interacciones entre los componentes del Segmento de Control.

Los componentes del Segmento de Control se encuentran distribuidos en distintas zonas geográficas del mundo. Como se muestra en la Fig. 14 cada componente identificado con una imagen.

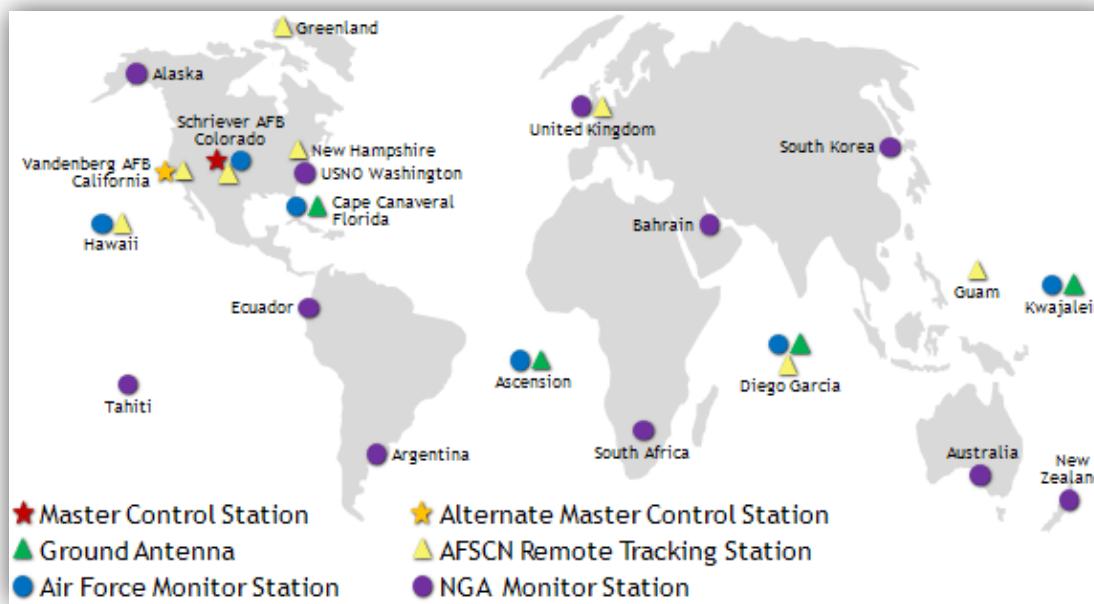


Fig. 14 - Componentes del Seg. de Control geográficamente distribuidos.

Fuente: [Estados Unidos, GPS.GOV 2012, Control Segment]

- Segmento del Usuario: consiste en los equipos utilizados para receptionar y procesar las señales emitidas por los satélites. Se componen esencialmente por una antena y un receptor. Los receptores, a partir de los mensajes que provienen de los satélites visibles, pueden calcular la posición tridimensional y la hora precisa. Algunas informaciones que se pueden disponer dependiendo de los modelos de dispositivos se presentan en la Tabla 3 y son:

Informaciones
Satélites localizados
Satélites en seguimiento
Intensidad de cada señal recibida
Condición de cada satélite en seguimiento
Posición: longitud, latitud, altitud
Calidad de la geometría de observación

Tabla 3 - Informaciones que provee el Segmento del Usuario.

Tabla elaborada según: [Huerta et al., 2005]

Según la precisión con que se obtienen los resultados, los receptores se clasifican en: Geodésicos – Topográficos – Navegadores.

1.2.2 Funcionamiento

Los satélites envían señales a la tierra con informaciones sobre su posición exacta en el espacio y el tiempo, y su posición en relación a los demás satélites. Un receptor en tierra recibe las señales de los satélites, mediante esto y asumiendo que las señales de radiofrecuencia viajan a velocidad constante, como así también sabiendo que la posición de los satélites respecto al centro de la tierra siempre son conocidos, se puede calcular y conocer la distancia exacta entre los satélites y el GPS. La distancia se determina calculando la diferencia entre el tiempo en que una señal es enviada desde el satélite y el tiempo en que es recibida en el receptor. A su vez esto permite determinar la posición en tierra del GPS con la triangulación de la posición de los satélites captados. La combinación de tres satélites permite determinar la posición x, y, z del GPS respecto a la tierra.

Se utilizan tres satélites para calcular latitud, longitud, altura y un cuarto satélite para hacer una sincronización entre el reloj del GPS y el sistema satelital que utiliza relojes atómicos que proveen información precisa del tiempo; con esa información el receptor puede calcular su propia posición tridimensional.

1.2.3 Fiabilidad de los datos y precisión

Inicialmente el sistema GPS fue diseñado y desarrollado para aplicaciones militares, debido a esto, el Departamento de Defensa de los Estados Unidos se reserva la posibilidad de limitar su exactitud y de incluir un cierto grado de error aleatorio en la señal para los receptores civiles (puede variar de los 15 a los 100 mts.) de acuerdo a las circunstancias geoestratégicas y geopolíticas del momento, de manera a prevenir que esta tecnología sea usada de una manera no pacífica.

Los equipos GPS de la actualidad ofrecen por si solos una precisión aproximada de 0 a 15 mts. [Serrá, 2005; French, 1997]

1.2.4 Aplicaciones que utilizan GPS

Son muchas y diversas las aplicaciones que en la actualidad utilizan el sistema GPS y toda la tecnología que lo rodea, dentro de esa diversidad de aplicaciones se pueden presentar las siguientes áreas en la Fig. 15:



Fig. 15 - Áreas que utilizan la tecnología GPS. Fuente: [Estados Unidos, GPS.GOV 2012, Aplicaciones]

1.2.5 Tipos de dispositivos GPS y su funcionamiento

- **De Mano:** Son los primeros dispositivos vendidos en masa, se denominan de mano puesto que fueron desarrollados para ser trasladados de un lugar a otro con facilidad, generalmente son utilizados para deportes extremos como senderismo, cicloturismo, montañismo, navegación, entre otros. Tienen la capacidad de guardar recorridos y seguir rutas, pudiendo conectarse una computadora para descargar la

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

información obtenida. De este tipo de GPS se pueden encontrar con o sin cartografía y su software generalmente es cerrado, es decir que el usuario tiene limitaciones para usarlo, modificarlo o redistribuirlo (esto último con o sin modificaciones). En la Fig. 16 se observa como ejemplo dos modelos de GPS de mano.



Fig. 16 - Dispositivos GPS de mano. Fuente: [Garmin, 2013]

- Navegadores: son los dispositivos diseñados para su uso en ciudades, calles y rutas. Generalmente son colocados en vehículos como automóviles, ómnibus, camiones, etc., permiten indicarle el destino al cual se pretende llegar y realizan el cálculo de ruta, teniendo en cuenta criterios como, distancia más corta, caminos menos transitados, evitar autopistas, etc. Estos dispositivos disponen de mapas digitales los cuales pueden ser actualizados periódicamente, son en su mayoría de software cerrado. En la Fig. 17 se muestran como ejemplos la forma en que se visualiza un navegador GPS.



Fig. 17 - Dispositivos GPS navegadores. Fuente: [Garmin, 2013]

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Para ordenadores: son aquellos que se utilizan conectados a un ordenador, los mismos traen su propio software independiente que permite la interacción con el ordenador. En la Fig. 18 se presentan dos modelos de hardware GPS utilizados para ordenadores.



Fig. 18 - Dispositivos GPS para ordenadores. Fuente: [Kollewin Tech., 2009]

- Integrados: son los más comunes de encontrarse hoy en día, puesto que como su nombre lo dice, vienen integrados en la mayoría de los dispositivos móviles que actualmente salen al mercado, como ser teléfonos celulares de alta gama, smartphones y tablets (Fig. 19). Poseen una funcionalidad similar a los navegadores, es decir tienen mapas digitales, cálculo de ruta, informaciones útiles sobre el mapa (hoteles, restaurantes, aeropuertos, estaciones de policía, estaciones de servicios, entre otros).



Fig. 19 - Dispositivos con GPS integrados. Fuentes: [Blackberry, 2013; Apple, 2013b; Samsung, 2013b]

- Trackers: dispositivos diseñados especialmente para rastreo satelital de vehículos. Comenzaron a ser utilizados en vehículos de alta gama, camiones, transporte de caudales, con el objetivo de tener monitorizados vehículos costosos. A medida que se fueron haciendo más populares y solicitados tuvo una importante reducción en su costo, y un incremento de funcionalidad, es decir que no solo es capaz de reportar las coordenadas de su ubicación, sino que además brinda informaciones útiles como velocidades, perímetro de seguridad, envíos de alerta, nivel de combustible y hasta la posibilidad de detener la marcha del vehículo con solo un mensaje de texto.

Estos dispositivos vienen preparados para conexión a internet, GPRS o 3G, para la comunicación con el servidor, y son programables mediante un teléfono celular o una computadora. En la Fig. 20 se presenta un dispositivo GPS Tracker con sus accesorios de instalación.



Fig. 20 - Dispositivo GPS Tracker. Fuente: [Orange Cool, 2013]

1.2.6 El rastreo satelital

En la actualidad se utiliza el término de “Rastreo o Monitoreo Satelital”, dichos términos se aplican a los sistemas capaces de localizar remotamente objetos en tiempo real mediante la utilización de dispositivos que utilizan el sistema GPS y un medio de transmisión que generalmente es un modem inalámbrico.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Los sistemas de monitoreo satelital, se dividen básicamente en dos partes:

- La primera: está compuesta inicialmente por el objeto al que se quiere rastrear, que pueden ser aviones, barcos, contenedores, camiones, trenes, ómnibus, vehículos particulares, objetos personales, etc. Estos llevan instalado el dispositivo, que reporta los datos de acuerdo a un intervalo de tiempo preestablecido.

- La segunda: está compuesta por el sistema informático, capaz de recibir la información enviada por el dispositivo GPS, procesarla y mostrarla al usuario. Existen variedades de sistemas para monitoreo satelital, algunos son pagos y otros gratuitos. La mayoría de estos sistemas funcionan basados en la web, el usuario interesado ingresa al mismo mediante su clave de acceso y una vez dentro, los datos de localización son mostrados a través de mapas digitales, accede también a otras informaciones como velocidad en la que se desplaza el vehículo, dirección (norte, sur, este, oeste, noroeste, etc.), nivel de combustible, historial del desplazamiento, los momentos en los que se detuvo, etc. El acceso a todos esos datos en forma interactiva ofrece al usuario un rastreo sencillo, y lo más importante de todo, es tener el control de un objeto remoto.

1.3 OPENGTS

1.3.1 El proyecto

Según la página oficial del proyecto [Geotelematic, 2013b], “*OpenGTS (Open GPS Tracking System) es el primer proyecto open source disponible y diseñado específicamente para proporcionar servicio de GPS tracking para vehículos basado en la web.*

Actualmente, OpenGTS ha sido descargado y utilizado en más de 95 países de todo el mundo, rastreando miles de vehículos activos alrededor de todos los continentes. Los tipos de vehículos activos de seguimiento incluyen taxis, furgonetas de reparto, camiones, remolques, maquinarias agrícolas, vehículos particulares, vehículos de servicio, contenedores, barcos, vehículo todo terreno, seguimiento personal, teléfonos celulares y muchos más. Fue diseñado para cubrir las necesidades de un sistema pequeño de flota de vehículos, pero a la vez, es también altamente escalable y configurable para empresas de mayor tamaño.”

1.3.2 Características

OpenGTS no solo soporta el almacenamiento y la colección de datos del GPS Tracker y Telemetría de dispositivos remotos, sino también incluye las siguientes características:

Características
Posee autenticación web.
GPS Tracking independiente del dispositivo.
La página web es personalizable.
Cuenta con servicio de mapas personalizables.
Permite personalizar los informes.
Se pueden configurar áreas de detección. (Geozonas)
Es independiente del sistema operativo.
Es multilenguaje.

Tabla 4 - Características del OpenGTS.

[Fuente: Geotelematic, 2013b]

1.3.3 Licencia

OpenGTS está licenciado bajo la “Apache Software License, versión 2”. De acuerdo a los términos de esta licencia, cualquier persona puede descargar libremente y distribuir las herramientas e informaciones dadas a conocer desde el sitio www.opengts.org.

1.3.4 Arquitectura básica

“El diagrama (de la Fig. 21) muestra las relaciones básicas entre los distintos componentes principales de OpenGTS. Los servidores de los dispositivos de comunicación se ejecutan como procesos separados en la parte superior de Java. El Track Servlet (que provee la interfaz web) así como otros Servlets (incluyendo cualquier servidor de dispositivo de comunicación basado en HTTP) se ejecutan dentro de un contenedor de Servlets, como el proporcionado por Apache Tomcat. Esta arquitectura permite ejecutar los diversos componentes en diferentes servidores físicos, a fin de facilitar las configuraciones de alta disponibilidad.” [Geotelematic, 2013a]

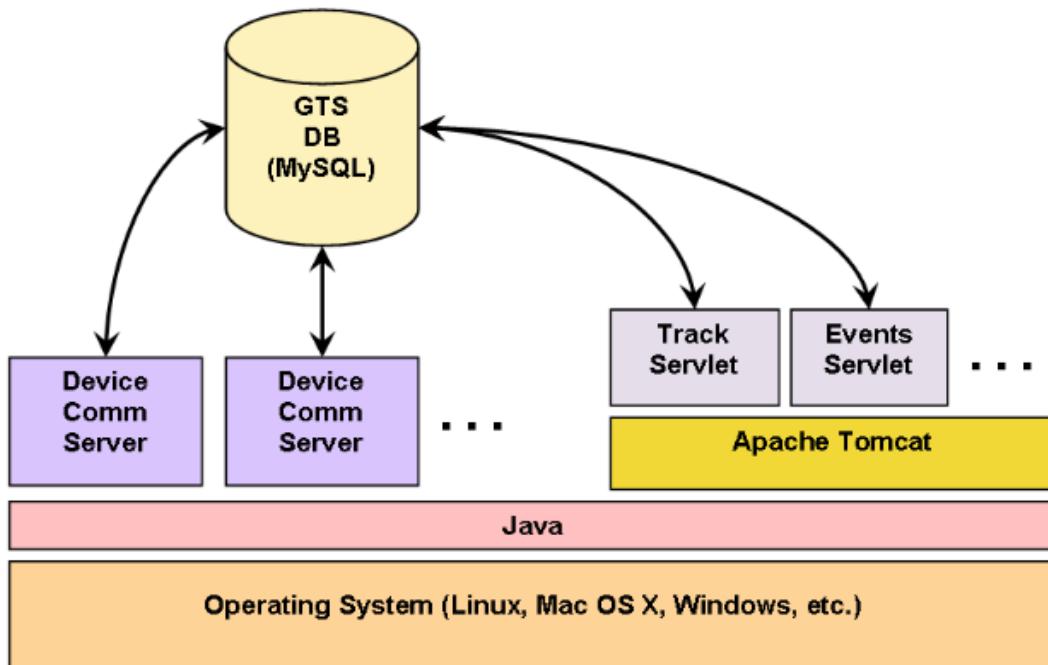


Fig. 21 - Arquitectura del OpenGTS. Fuente: [Geotematic, 2013a]

1.3.5 Sistemas operativos compatibles con OpenGTS

OpenGTS ha sido instalado con éxito en las siguientes plataformas:

Plataformas
Linux (Fedora, CentOS, Debian, Gentoo, Ubuntu, etc.)
Mac OS X (Leopard y Snow Leopard)
FreeBSD
OpenBSD
Windows (XP, Vista, 20XX server, etc.)

Tabla 5 - Sistemas Operativos compatibles con OpenGTS.

Tabla elaborada según: [Geotematic, 2013a]

1.3.6 Requisitos de hardware del sistema para ejecutar OpenGTS

Los siguientes componentes forman parte de la configuración general del sistema, recomendado para ejecutar OpenGTS en un entorno de producción:

- *2.8 GHz Quad-Core CPU*
- *8 GB de RAM*
- *500 GB RAID-1 matriz de discos duros*
- *Gigabit Ethernet (dirección IP fija)*

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

En un sistema utilizado para fines de prueba, o para seguimiento de un pequeño número de dispositivos, la configuración mínima debe ser:

- *1.8GHz CPU*
- *2 GB de RAM*
- *50 GB de disco duro*
- *El adaptador Ethernet (dirección IP fija)*

Requerimientos según la página oficial del proyecto. [Geotelematic, 2013a]

1.3.7 Funcionamiento

Dependiendo de las características del dispositivo GPS tracker, los datos del tracking pueden ser transmitidos al servidor de varias maneras. En este caso el elegido fue por red de telefonía celular, el método más común de transmisión de datos al servidor.

El dispositivo GPS Tracker contiene un módem de teléfono móvil que utiliza normalmente una tarjeta SIM, proporcionada por un proveedor de datos móviles. El módem inalámbrico utiliza este plan de datos para establecer una conexión a internet, y luego una conexión a través de socket con el servidor. Una vez conectado con el servidor, por lo general envía su información de ubicación y luego se desconecta. Los datos pueden ser transmitidos utilizando los protocolos UDP o TCP. Cada tipo de conexión tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo UDP es generalmente el elegido, debido a su eficiencia en la utilización del ancho de banda. En algunos casos, los datos pueden ser enviados al servidor usando mensajes de texto a través de un SMS Gateway. Según la página oficial del proyecto [Geotelematic, 2013a] el gráfico de la Fig. 22 muestra como los datos del GPS pueden ser transmitidos al servidor a través de una red GPRS móvil:

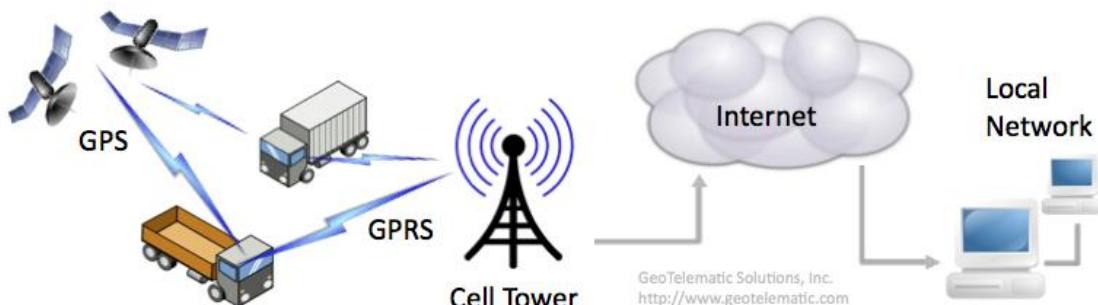


Fig. 22 - Transmisión de datos al servidor a través de una red GPRS móvil. Fuente: [Geotelematic, 2013a]

1.4 TECNOLOGÍAS MÓVILES

Los avances tecnológicos han cambiado la forma de vida de las personas y la sociedad actual, han influenciado en un creciente uso de las distintas posibilidades y servicios que antes no existían en diferentes ámbitos, en el último Congreso Mundial de Telefonía Móvil 2012 (MWC12, por sus siglas en inglés), todos los expertos coincidieron en señalar el increíble crecimiento y magnitud que han alcanzado y que alcanzarán a nivel mundial las tecnologías móviles [Díaz, 2012].

1.4.1 Definición

“Las tecnologías móviles son un conjunto de dispositivos y herramientas que nos dan la posibilidad de realizar un sinfín de tareas sin importar el lugar en el que nos encontramos.” [Slash Mobility, 2013]

1.4.2 Dispositivos móviles

Los dispositivos móviles son aparatos de pequeño tamaño, con capacidad de procesamiento, conexión permanente o intermitente a una red, almacenamiento, y diseñados específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales [Abarca et al., 2012].

1.4.2.1 Características

Características
Acceso a internet.
Aplicaciones nativas.
GPS, cámara, videos y otros.
Funciones de telefonía, sms y otros.
Juegos, acelerómetro, NFC, realidad aumentada.
Fácil sincronización con otros dispositivos (cloud).

Tabla 6 - Características de los dispositivos móviles.

Tabla elaborada según: [Slash Mobility, 2013]

Los dispositivos móviles se han convertido en una herramienta imprescindible en la vida cotidiana de las personas. Con funcionalidades similares a las de una PC, se convierte en un instrumento que reemplaza de manera eficiente a las herramientas, procesos y modelos anteriores.

1.4.2.2 Tipos de dispositivos móviles

Tipos de dispositivos móviles
Teléfonos móviles.
PDA: Asistentes digitales personales.
Smartphone: Teléfonos móviles con más funcionalidades y características.
Tablet PC: PC de reducidas dimensiones y prestaciones.
Computadora portátil.
UMPC: PCs ultra móvil.
GPS: Sistemas de navegación y localización.

Tabla 7 - Tipos de dispositivos móviles.

Tabla elaborada según: [Slash Mobility, 2013]

1.4.2.2.1 Smartphone

En idioma español “Teléfono Inteligente”, es un dispositivo construido sobre una plataforma informática móvil, que a diferencia de un teléfono móvil convencional posee mayor capacidad de computación y conectividad, de ahí el término “Inteligente”. Cuenta con características y funcionalidades muy similares a una computadora, como por ejemplo, la posibilidad de utilizar un sistema operativo (Android, iOS, RIM, otros), recibir llamadas, conectar a internet, leer correos, grabar y visualizar videos, navegar, instalar y utilizar aplicaciones, etc., es decir hacer múltiples tareas a la vez sin interrupción entre una y otra.

1.4.2.2.2 Tablet

En idioma español “Tableta”, es una computadora portátil pero sin mouse y teclado físico. Su característica principal es que posee una pantalla táctil como dispositivo principal de interacción con el usuario. Utiliza un sistema operativo y

también puede contar con la función de teléfono móvil dependiendo del modelo. Es un dispositivo intermedio entre una netbook y un Smartphone por las características con que cuenta, como ser, cámara de fotos, webcam, escritura y lectura de textos, conexión a internet, visualización de videos, instalación de aplicaciones, etc.

1.4.2.2.3 Computadora portátil

Es un ordenador personal, capaz de realizar la mayor parte de las tareas que realizan los ordenadores de escritorio, con similar capacidad pero con la ventaja de su peso, tamaño reducido y movilidad además de poseer la capacidad de operar por un periodo determinado sin estar conectada a una red eléctrica ya que utiliza batería recargable. Dentro de esta definición se encuentran las Notebooks y Netbooks, en donde una de las grandes ventajas que poseen y las convierte en un verdadero dispositivo portátil es su conectividad, ya que normalmente en la mayoría de los modelos disponibles en la actualidad cuentan con Wi-Fi, conexión Bluetooth y en algunos casos con soporte para la norma 3G, incluso existen equipos que ya incluyen un modem incorporado. Por poseer estas características las portátiles son las más recomendables para la navegación por Internet desde cualquier lugar y en cualquier momento. [Tanenbaum, 2003]

1.4.3 Estadísticas de comercialización 2012 de los SO móviles más populares.

Según análisis de la consultora IDC¹, durante el tercer trimestre del año se comercializaron 181,1 millones de smartphones a escala global. Un total de 136 millones de estos aparatos, equivalentes a más del 75%, operan con la plataforma **Android**. Para el caso de los **iPhone**, las ventas durante el tercer trimestre son prácticamente equivalentes a las observadas durante el segundo trimestre, de 26,9 y 26,0 millones, respectivamente. La cuota del mercado de smartphones que corresponde a **iOS** en su conjunto cayó del 16,9 al 14,9% entre el segundo y tercer trimestre del año 2012. La cuota de **BlackBerry** en el mercado de los smartphones, en tanto, continúa cayendo. Durante el tercer trimestre, se situó en el 4%. A pesar de ello, sus ventas aumentaron de 7.4 a 7.7 millones de unidades en un trimestre. RIM confía revertir la tendencia para el lanzamiento de BlackBerry 10 en 2013.

¹ IDC es una empresa dedicada al estudio de mercado, análisis y consultoría, especializada en tecnologías de la información, telecomunicaciones y tecnología de consumo.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Nokia, en tanto, continúa vendiendo más unidades de su plataforma **Symbian** que Windows Phone, aunque las ventas han caído durante el último año. Entre el segundo y tercer trimestre, las ventas totales de productos operados con Symbian cayeron de 6,8 a 4,1 millones de unidades, mientras que su cuota en el mercado se contraíó de 4,4 a 2,3%. Según IDC, las ventas de Symbian llegarán a cero en 2013. **Windows Phone** es un sistema mucho más moderno que Symbian, pero las ventas aún no despegan. Claro está, las entregas durante el tercer trimestre han sido superiores a las del mismo período de 2011, algo que puede explicarse con la llegada algo retrasada de Nokia al mercado. Sin embargo, las ventas se han contraído de 5,4 a 3,6 millones de unidades entre el segundo y el tercer trimestre. Paralelamente, su cuota en el mercado ha caído de 3,5 a 2,0%. IDC presenta además una categoría que denomina "**Linux**", que cubre los sistemas operativos móviles basados en Linux, a excepción de Android. Entre el segundo y el tercer trimestre de este año, las entregas han sido reducidas de 3,5 a 2,8 millones, en tanto que su cuota de participación en el mercado ha caído de 2,3 a 1,5% [IDC, 2012].

En la Fig. 23 se presenta de forma gráfica el estudio realizado por la empresa IDC, identificando los sistemas operativos y sus participaciones en el mercado de maneras porcentuales descriptas anteriormente.

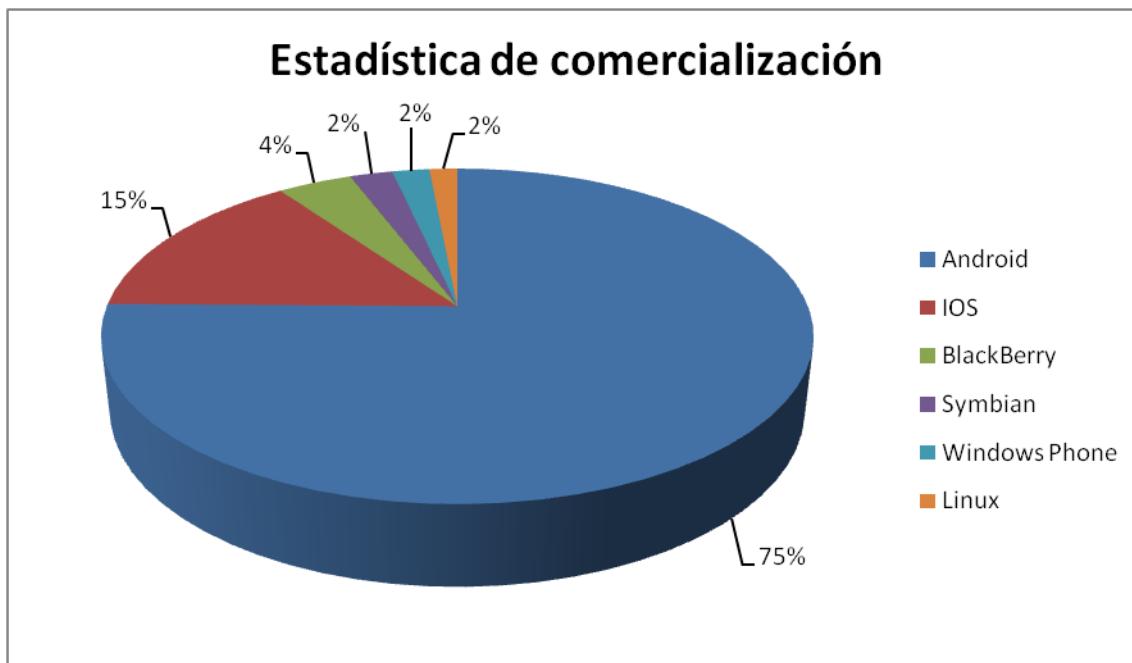


Fig. 23 - Estadística de comercialización de los diferentes SO actuales en el mercado.

Gráfico estadístico elaborado según: [IDC, 2012]

Como complemento a las estadísticas de comercialización 2012 de los SO móviles más populares descriptos, se presenta en el Anexo1 de este trabajo un estudio del año 2013 referente a la cantidad de paraguayos que están conectados a Internet a través de su teléfono móvil, ya sea BlackBerry, Android o iOS.

1.5 METODOLOGIA DE DESARROLLO KANBAN

Kanban ó sistema de tarjetas, es una metodología de desarrollo ágil que se basa en una técnica de producción, en la cual se dan instrucciones constantes de trabajo a distintos estados de producción mediante tarjetas denominadas kanban. Consiste en que cada proceso realice solo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior, y en donde una orden es cumplida solamente por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no se procesa material innecesariamente.

El sistema Kanban, orientado al desarrollo de software, está fuertemente ligado al uso del tablero o pizarra Kanban (Tabla 8), que es una pizarra que contiene las tareas que se deben desarrollar. Estas tareas usan tarjetas para señalar la necesidad de llevar a cabo dicha tarea. La pizarra está estructurada en columnas y siguen los estados de izquierda a derecha, e identifican cada una a los distintos estados por los que puede pasar la tarea, por ejemplo:

Solicitada	Asignada	En desarrollo	En pruebas	Completada

Tabla 8 - Tablero utilizado en la metodología de desarrollo Kanban.

La necesidad de producir eficientemente sin causar retrasos, es un factor muy importante en el proyecto, que exige cumplimientos de calidad y tiempos de entrega. Para eso es fundamental mantener cada tarea en curso dentro de unos límites.

En el sistema Kanban se utilizan los siguientes conceptos:

- No se puede comenzar una nueva tarea hasta que la anterior se haya terminado.
- El número máximo de trabajo en curso tiene un límite, que es la capacidad por ciclo o iteración.

Por cada tarea se tendrá: Fecha y hora de inicio, Fecha y hora de fin, Tiempo real invertido. Con estos datos y teniendo la estimación inicial para cada tarea ya se puede calcular la desviación con respecto a lo estimado.

FUNCIONES	OBJETIVOS
Control de la producción.	Minimizar el tiempo de entrega.
Reducción de los niveles de inventario.	Identificar y reducir cuellos de botella.
Eliminación de la sobreproducción.	Facilitar el flujo constante de materiales.
Mejora continua de procesos.	Desarrollo de un sistema Just In Time.
Minimización de desperdicios.	

Tabla 9 - Funciones y Objetivos de la metodología Kanban.

Las reglas concretas de Kanban son las siguientes:

- No se debe mandar material defectuoso a los procesos subsiguientes.
- Los procesos subsiguientes requerirán sólo lo que es necesario.
- Procesar solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsiguiente.
- Balancear la producción.
- Tener en cuenta que KANBAN es un medio para evitar especulaciones.
- Estabilizar y racionalizar el proceso.

En resumen, la metodología de desarrollo Kanban permite visualizar todas las tareas mediante un tablero, en el que se van moviendo cada una de ellas de un estado a otro, con el objetivo de tener siempre claro la tarea a realizar y lo que se encuentra realizando cada uno de los integrantes del equipo de desarrollo. Nadie debe quedar sin trabajo y todas las tareas deben tener una prioridad, en donde las más importantes se realizan primero.

1.6 ESTADO DEL ARTE

En esta sección se establece el Estado del Arte, describiendo algunos proyectos ya realizados con respecto al tema de este trabajo de tesis.

1.6.1 EasyTracker: Rastreo automático de transporte, Mapeo y Predicción de tiempo de llegada de ómnibus utilizando Teléfonos inteligentes. [Biagioni et al., 2011]

El proyecto Easy Tracker se desarrolló con el fin de facilitar la implementación de un sistema de rastreo automático en unidades de transporte de pequeñas agencias, que tenga la capacidad de predecir el tiempo de llegada de ómnibus. Se investigó sobre un sistema automático basado en teléfonos inteligentes (smartphones) que se llamó *EasyTracker*.

Componentes del proyecto:

- Un teléfono inteligente genérico instalado en cada ómnibus ó llevado por cada conductor, funcionando como un sistema automático de localización de vehículos o dispositivo de rastreo.
- Back-end (servidor que procesa la entrada desde el servidor front-end, que a su vez es el servidor que interactúa con el usuario final) que convierte las trayectorias almacenadas de los vehículos en mapas de rutas, horarios y parámetros de predicción.
- Procesamiento online en un servidor back-end que utiliza la ubicación en tiempo real de un vehículo para generar la predicción del tiempo de llegada.
- Una interfaz de usuario que permite acceder a las ubicaciones actuales del vehículo y predecir los tiempos de llegada.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Funcionamiento: El nivel de automatización es posible a través de un conjunto de algoritmos que utilizan la información proporcionada por el GPS ubicado en el vehículo de transporte, y que permiten determinar las rutas, localizar las paradas y estimar horarios. Además, algoritmos online que automáticamente determinan la ruta de un vehículo, en un tiempo determinado y predice el tiempo de llegada a su próxima parada.

Arquitectura:

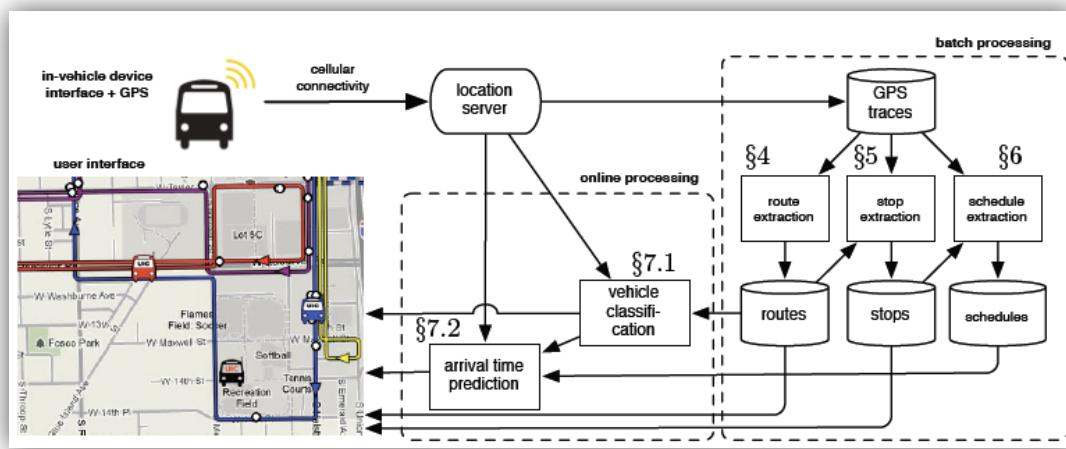


Fig. 24 - Arquitectura del proyecto EasyTracker. Fuente: [Biagioli et al., 2011]

Los datos producidos por los dispositivos GPS en los vehículos pasan al procesamiento por lotes en línea, dando formas a las rutas, lugares de parada de vehículos, clasificaciones y predicciones de hora de llegada, que se muestran a través de una interfaz de usuario. Las secciones pertinentes están indicadas en la Fig. 24.

Requisitos: Para utilizar EasyTracker, una agencia de transportes debe obtener teléfonos inteligentes, instalar una aplicación, y colocar un teléfono en cada vehículo. El objetivo es que no se necesite nada más como requisito.

Justificación del proyecto EasyTracker: El uso de un teléfono inteligente genérico, reduce el tiempo y los costos recurrentes involucrados en la implementación de un sistema de rastreo en tiempo real de transporte. Mediante la automatización del proceso de creación del mapa de ruta y horarios, se reduce drásticamente el costo y la necesidad de entrada de datos del usuario. Debido a su naturaleza automatizada, el sistema es capaz de ajustar las rutas y horarios publicados en respuesta a eventos previsibles de congestión o rutas en construcción.

Aportes científicos [Biagioni et al., 2011]:

- Un algoritmo que desde una colección de eventos sin etiquetas de información generadas por el dispositivo GPS, genera un conjunto de servicio de rutas sin necesidad de que el usuario inserte datos.
- Un algoritmo capaz de determinar las ubicaciones de las paradas de transporte a lo largo de las rutas.
- Un medio que automáticamente genera una estimación del horario de la ruta, describiendo horas de funcionamiento y tiempos previstos para la predicción de tiempo de llegada.
- Una evaluación completa del sistema con dos agencias de transporte.

Pruebas realizadas: Los algoritmos se evaluaron con dos conjuntos de datos reales de dos agencias de transporte existentes. Los datos tomados fueron de cinco meses y de siete rutas. Se demostró la efectividad de la precisión de reconstruir rutas y horarios, y comparar el rendimiento del sistema de predicción de tiempo de llegada con el actual “estado del arte” (horario oficial) de pequeñas operadoras de transporte.

Limitaciones:

- El sistema no posee entrada manual de datos, como ser rutas, lugares de paradas, horarios, clasificación de vehículos y predicciones de tiempo de llegada. Se basan netamente en la colección de eventos sin etiquetas registrados por el GPS.
- El sistema carece de anotaciones como información descriptiva sobre paradas y rutas, clasificación de rutas lentas y paradas falsas, por no poseer entrada de información manual.
- Desde el punto de vista técnico, el algoritmo de extracción de paradas tiende a producir ubicaciones falsas en un número de semáforos y señales de alto.

1.6.2 Investigación sobre predicción de llegadas del ómnibus, basada en múltiples factores de tráfico. [Chu et al., 2007]

Predecir la llegada de un ómnibus a una parada en tiempo real de forma dinámica es un trabajo más que importante en zonas urbanas en la actualidad, aparte de ser un método eficaz para mejorar el servicio de transporte de pasajeros. El objetivo de esta investigación es desarrollar y aplicar un modelo para predecir el tiempo de llegada del ómnibus a partir de datos históricos. Investigaciones actuales (según los autores de la presente investigación estudiada [Chu et al., 2007]) sobre éste tema no han tenido en cuenta el estado del tráfico, el cual es un elemento crítico para el cálculo del tiempo en un viaje en ómnibus. En la actualidad, los principales modelos de predicción que se han utilizado a nivel internacional son: modelos de series temporales, modelos de redes neuronales artificiales, modelos de regresión, y otros.

Múltiples factores de tráfico, se refiere a todos los aspectos que intervienen en el cálculo de la predicción de tiempo relacionados al tráfico, como ser: horas pico, congestión, accidentes, estado del clima, los cuales deben ser recogidos y analizados para obtener una predicción más precisa. En la actualidad, muchos de los sistemas de predicción que se han desarrollado sin tener en cuenta el estado del tráfico, se han visto afectados en la exactitud. Con el fin de obtener un sistema de predicción real y oportuna, factores como el estado climático, la congestión de las calles, el tiempo que el ómnibus se detiene en las paradas, semáforos, accidentes, deben ser tenidos en cuenta. Los autores de esta investigación [Chu et al., 2007], intentan establecer un modelo de predicción basados en datos históricos. Los cuales fueron acumulados masivamente a través de dispositivos GPS, capaces de diferenciar cada hora de llegada del ómnibus y considerando los factores de tráfico. La investigación fue realizada con los datos de la línea de ómnibus 910 de Shanghái como plataforma de prueba, y luego de la masiva recolección de datos, los autores aplican éstos datos al modelo desarrollado.

Modelo de investigación: El modelo basado en los factores de tráfico, integra la ventaja de obtención de datos GPS en tiempo real y la computación Grid para el procesamiento de datos masivos [Jeong & Rilett, 2004]. El tiempo y espacio del ómnibus se pueden obtener partiendo la ruta en tramos (de 30 metros) y haciendo las divisiones con el eje de tiempo. A su vez este modelo considera la influencia del

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

estado del tráfico, y continuamente acumula el dato histórico para combinarlo con diferentes factores de influencia definidos por el usuario para luego almacenarlos en la base de datos. En el futuro solo es necesario transferir, actualizar y mantener los factores de influencia para así obtener una predicción de tiempo de llegada. En la Fig. 25 se muestra el diagrama de flujo del modelo de investigación.

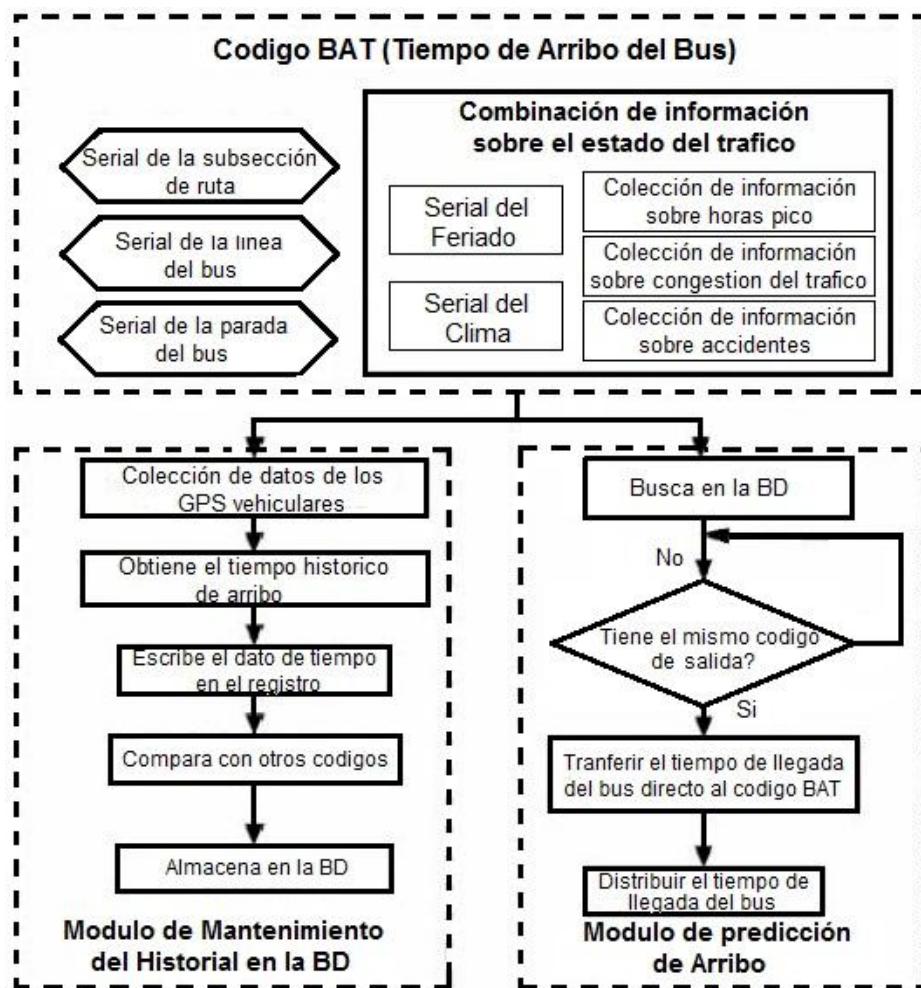


Fig. 25 - Diagrama de flujo del modelo de investigación. Fuente: [Chu et al., 2007]

Modelo de procesamiento: De forma a dar un mejor uso al sistema de grid computing y definir una clave exclusiva para cada condición cuando los ómnibus viajan, se realizan divisiones en los tramos de la ruta que se necesita predecir el tiempo de llegada y luego se le asigna una clave. De acuerdo a la precisión del GPS la distancia entre cada sección es de 30 metros.

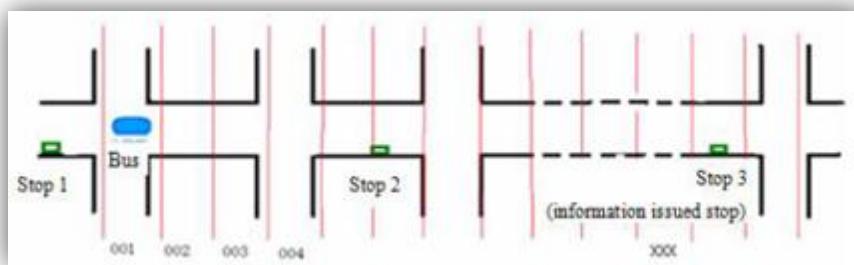


Fig. 26 - Subsecciones de la ruta cada 30 metros. Fuente: [Chu et al., 2007]

Como muestra la Fig. 26, la ruta es seccionada cada 30 metros y están numeradas (001, 002, 003) en orden, así también las paradas se encuentran numeradas y ordenadas (parada 1, parada 2, parada 3) partiendo de la primera parada del viaje.

Modelo de análisis del factor de influencia: Los tiempos entre las secciones no son completamente iguales, estos varían con el desplazamiento del ómnibus. Éstos están influenciados por factores como el tiempo de viaje de la sección, el congestionamiento de la ruta, accidentes, condición climática, entre otros. Los factores de tráfico que intervienen en la predicción de tiempo son cargados en tablas y cada uno de ellos tiene su significado como se muestra en la Tabla 10.

Factor de Influencia	Código de Expresión	Significado del código
Fin de semana o día festivo	Vacaciones	0 - expresa vacaciones o fin de semana, de lo contrario 1
De acuerdo al horario pico	Pico	0 - Menor horario pico 1- Horario pico, que puede retrasar. 2 - No horario pico. 3 - Funcionamiento nocturno
Cuando Ocurre algún accidente	Accidente	0 - Ningún accidente. 1 - Accidente común. 2 - Accidente grave. 3 - Accidente muy grave.

Tabla 10 - Factores de tráfico que intervienen en la predicción del tiempo.

Tabla elaborada según: [Chu et al., 2007]

Para garantizar la fiabilidad de los datos calculados, se debe garantizar la credibilidad de los datos históricos. Por Ej. Si hay un crecimiento urbano o una mejora en la congestión del tráfico, el histórico de llegada debe ser actualizado gradualmente. La línea de ómnibus 910 de Shanghái fue considerada una buena plataforma de prueba, por tener una ruta típica de circulación y todos los ómnibus equipados con GPS. En la investigación se realizó una comparación entre la predicción calculada, con la utilización del histórico de llegadas y el tiempo real en el que el ómnibus arribó, para poder garantizar la eficacia del modelo. Se debe mencionar que para el control en tiempo real, es necesario un software que va más allá de esta investigación, también el método para conseguir el estado del tráfico esta aun en curso.

Para probar el modelo se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Los datos del GPS utilizados fueron del 17, 19, 21 de Agosto del 2006.
- Se supuso que el tiempo era bueno y en el recorrido no hubo ningún accidente.
- La sección del camino analizada fueron Siping y GuodingStion Road.
- La parada seleccionada fue Shiliu Pu.

Luego de realizar las comparaciones entre la predicción calculada (teniendo en cuenta los factores de tráfico) y el tiempo real medido, se llegó a la conclusión de que ambos tiempos son muy similares, y su margen de error es de un 5%.

1.6.3 Predicción de tiempo de llegada de ómnibus, utilizando el Sistema de Posicionamiento Global e Información Dinámica de Trafico [Zhu et al., 2011].

Cada año se están introduciendo más vehículos a las calles urbanas en todo el mundo, como resultado de un incremento en la motorización, la urbanización y el incremento de la población, trayendo consigo congestión en el tránsito y convirtiéndolo en un grave problema. Una estrategia deseable para comenzar a resolver dicho problema es trasladar mayor cantidad de personas de sus vehículos particulares a utilizar el transporte público de pasajeros, proporcionando un mejor servicio (confort, economía, tiempo, etc.). La congestión del tránsito reduce la eficiencia en la infraestructura de transporte y provoca el aumento en el tiempo de viaje, la contaminación del aire y el consumo del combustible. En éste contexto, los Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS), son muy importantes para mejorar la situación del tráfico en Beijing. Los APTS proporcionan información precisa sobre llegadas de ómnibus para pasajeros, el cual reduce los tiempos de espera en las paradas. La predicción de un viaje es un tema muy investigado por años (según los autores de la presente investigación estudiada [Zhu et al., 2011]), sin embargo, los estudios que incluyen tiempos de espera en las paradas y tiempo de retardo en intersecciones señalizadas son escasos.

Esta investigación [Zhu et al., 2011] trata de incorporar explícitamente retrasos en los tiempos de espera (de los ómnibus) en las paradas y en las intersecciones señalizadas con semáforos involucradas a lo largo del viaje, con el objetivo de lograr obtener un algoritmo fiable que pueda adaptarse para predecir el tiempo de llegada del ómnibus a las paradas en Beijing. Se toman dos casos: el primero basado en el punto, cuando a lo largo de una ruta no existen factores que puedan variar mucho la velocidad del vehículo, como por ejemplo semáforos o intersecciones. En este caso simplemente se calcula el tiempo de viaje en función de la distancia que existe desde el punto actual a la siguiente parada y la velocidad del ómnibus en ese instante.

El segundo caso basado en la ruta, cuando a lo largo de una ruta pueden existir factores de retraso o pueden existir paradas de intermedio, en ese caso se aplican explícitamente los retrasos en el cálculo de la predicción. Se divide el total del viaje en tres componentes, el tiempo total del viaje, el tiempo de retardo en las intersecciones y el tiempo de retardo en las paradas. Para cada uno de los componentes se realiza una estimación de tiempo que es aplicada en el caso. Luego

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

con esas estimaciones se realiza el cálculo total. La predicción del tiempo de viaje es el tiempo total transcurrido en el viaje incluyendo factores de retrasos, en el cual un vehículo se desplaza de un lugar a otro por medio de una ruta específica. Para estimar los tiempos de llegadas del ómnibus, los modelos dinámicos pueden ser desarrollados a partir de datos precisos obtenidos por las nuevas tecnologías como por ej.: el Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Los tiempos de espera en las paradas dependerán de muchos factores por ej.: condiciones geométricas, número de rutas intermedias, cruces, incidencias, condiciones del tráfico y la cantidad de pasajeros.

La ruta de estudio seleccionada para la presente investigación, es la número 942 en Beijing, China, la cual consta de 35 paradas, 15 intersecciones señalizadas y un tiempo de viaje aproximado de 80 minutos. Los datos de tiempos relacionados a la investigación fueron tomados mediante dispositivos GPS instalados a bordo de alrededor de 5000 ómnibus de la línea 942 de la empresa BaFangda de Beijing. Los reportes GPS de los dispositivos se obtuvieron aproximadamente cada 20 segundos, consistió en latitud y longitud. La distancia recorrida en los intervalos de 20 segundos, se calcula mediante la fórmula de Haversine. Los valores de retardo fueron anotados manualmente.

1.6.4 Modelo de Predicción de Tiempo de llegada del Ómnibus basado en datos de APC [Cheng et al., 2010].

Los tiempos de llegada del ómnibus a las paradas son influenciados por varios factores no predecibles, como por ejemplo los retrasos en las intersecciones de calles, congestiones en el tráfico y condiciones climáticas, resultando que los ómnibus se desvían de sus itinerarios predeterminados y de esta manera se prolongue la espera de los pasajeros en las paradas. Proporcionando un tiempo preciso de llegada a través de sistemas avanzados de información al viajero, pueden ayudar al pasajero a tomar mejores decisiones y reducir el tiempo promedio de espera. En este trabajo son desarrollados un conjunto de modelos de predicción de tiempo de llegada de ómnibus en paradas a lo largo de una ruta, a través de minería de datos históricos obtenidos por contadores automáticos de pasajeros (APC). Los datos aplicados para el desarrollo de los modelos fueron obtenidos por APC instalados en ómnibus operados por la agencia pública de transito en Harbin, China. Los resultados obtenidos son prometedores e indican que los modelos desarrollados pueden ser usados para estimar el tiempo de llegada de los ómnibus.

Un número de excelentes modelos relacionados a la estimación de tiempo de llegada del ómnibus a las paradas han sido desarrollados durante años por varios autores. Estos modelos pueden ser clasificados en modelos de datos históricos y modelos de tiempo real.

1) Modelos basados en datos históricos.

Los modelos basados en datos históricos predicen el tiempo de viaje para un determinado periodo de tiempo usando el tiempo promedio de viaje del mismo periodo de tiempo obtenido de una base de datos histórica. Estos modelos asumen que los patrones de tráfico son cílicos y que el tiempo de viaje histórico en un específico enlace en relación con el actual tiempo de viaje reportado en tiempo real permanecerá constante. El procedimiento requiere un conjunto extensivo de datos históricos y es dificultoso de instalar el sistema en un nuevo entorno [Abdelfattah & Khan, 1998]. Los modelos de tiempo real asumen que los tiempos de viaje más reciente observados permanecerán consecuentes en el futuro. Cheng y los demás [Cheng et al., 2010] desarrollaron un algoritmo de predicción que combinan estos dos enfoques. Primero, la base de datos histórica fue usada para obtener un tiempo estimado de viaje. Este tiempo es posteriormente ajustado con datos que son obtenidos de la localización en tiempo real [Chang & Su, 1995].

Los modelos de regresión: son enfoques convencionales para predecir el tiempo de viaje. Los modelos de regresión predicen una variable dependiente con una función matemática formada por un conjunto de variables independientes [Ramakrishna et al., 2007; Chien et al., 2002]. Para establecer un modelo de regresión, las variables dependientes necesitan ser independientes. Este requisito limita la aplicabilidad del modelo de regresión para el área del transporte porque las variables en los sistemas de transporte están altamente interrelacionadas.

Los modelos de tiempo de serie: asumen que los patrones de trafico históricos permanecerán de la misma manera en el futuro. La precisión de los modelos de tiempo de serie son una función similar entre el tiempo real y los patrones históricos de tráfico [Chien et al., 2002]. La variación en los datos históricos y los cambios en la relación entre datos históricos y los datos de tiempo real podría significar una imprecisión en los resultados de la predicción [D'Angelo et al., 1999]. D'Angelo usó un

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

modelo de tiempo de serie no lineal para predecir el tiempo de viaje de un corredor en una ruta. El comparó dos casos: el primer modelo usó sólo el dato de velocidad como una variable, mientras que el segundo modelo uso velocidad, ocupación, y volumen de datos para predecir el tiempo de viaje. Encontró que el modelo de variable simple usando velocidad fue mejor que el modelo de predicción multivariable.

2) Modelos de tiempo real

Los modelos filtradores de Kalman: han sido usados extensivamente en investigaciones sobre predicción de tiempo de viaje [Chien et al., 2002; Dangelo et al., 1999; Shalaby & Farhan, 2003; Vanajakshi et al., 2009]. El modelo de Kalman tiene el potencial de adaptarse a la variación del tráfico con parámetros de tiempo dependientes [Chien et al., 2002]. Estos modelos son efectivos en la predicción de tiempos de viaje uno o dos periodos de tiempo adelante, pero se deterioran con múltiples pasos de tiempo. Park y Rilett compararon modelos de redes neuronales con otros modelos de predicción incluyendo las técnicas de filtrado de Kalman para predecir el tiempo de viaje en camino libre [Park & Rilett, 1999].

Debido a su capacidad para resolver complejas relaciones no lineales, *los modelos artificiales de redes neuronales* (ANNs) han sido desarrolladas para el transporte desde los años 90 [Ramakrishna et al., 2007; Shalaby & Farhan, 2003; Otros²]. Modelos ANN tuvieron mejores resultados que las técnicas existentes de tiempo de viaje en un enlace, incluso al modelo de Kalman, modelo exponencial, perfil histórico y perfil de tiempo real [Park & Rilett, 1998, 1999, 2001]. Además, el modelo ANN demostró mejor rendimiento que los modelos de promedio histórico y los modelos ARIMA para predecir el flujo de tráfico a corto tiempo [Abdelfattah & Khan, 1998]. Mientras otros modelos son dependientes de los patrones de datos de tráfico cílicos o necesitan independencia entre las variables dependientes e independientes, los modelos ANN no requieren que las variables sean correlacionadas y/o que tengan un patrón cílico [Kalaputapu & Demetsky, 1995; Jeong & Rilett, 2005]. Las ANN emulan el proceso de aprendizaje del cerebro humano [Hagan et al., 1995]. Son buenos para el reconocimiento de patrones, predicción, clasificación, etc. Las ANN tienen dos etapas, entrenamiento y prueba.

² [Park & Rilett, 1998, 1999; Kalaputapu & Demetsky, 1995; Kuchipudi & Chien, 2003; Park & Messer, 1998]

Obtención y procesamiento de los datos:1) *Datos del APC*

Los dispositivos APC han sido instalados en todos los ómnibus que recorren a lo largo de la ruta 63 de Harbin para monitorizar la información operacional del mismo acerca de cada parada a lo largo del viaje, incluyendo paradas principales listadas en una tabla de tiempo. La ruta comprende una distancia de 11.536 km. En total hay 19 puntos de tiempo localizados a lo largo de la ruta, por lo que se provee un horario de llegadas en tablas de tiempo. En el estudio, los datos tomados contenían 504 viajes y 9576 segmentos de tiempo de viaje en total hechos por los ómnibus equipados con APC. Los principales atributos que cada APC registraba se muestran en la siguiente tabla:

VARIABLE	DESCRIPCION
O_LINENAME	Nombre de la ruta
O_LINENO	Numero de la ruta
O_ARRIVEDATE	Fecha de arribo del bus a la parada
O_ARRIVETIME	Hora de arribo del bus a la parada
O_LEAVEDATE	Fecha de salida del bus de la parada
O_LEAVETIME	Hora de salida del bus de la parada
O_UP	Subida/Bajada
O_STATIONNO	Numero de la parada

Tabla 11- Algunos de los datos registrados por el APC. Fuente: [Cheng et al., 2010]

2) *Procesamiento de datos.*

La estructura de datos deseada para observar las operaciones del ómnibus y desarrollar modelos de predicción es un conjunto de sucesivos puntos de tiempo registrados. Además, la diferencia entre los valores del campo de O_ARRIVETIME correspondiente a dos sucesivos puntos de tiempo registrados esta dentro de un rango razonable de variación. Así, los tiempos actuales de viaje del ómnibus entre puntos de tiempo pueden ser comparados con lo registrado en la tabla de tiempo, y la regularidad cambiante de las diferencias entre los tiempos reales de llegada del ómnibus a dos sucesivos puntos de tiempo pueden ser encontrados usando tecnología de análisis con clustering. Sin embargo, los APC solo pueden registrar la actividad

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

donde efectivamente el ómnibus para, que lleva a veces a la perdida de algunos registros de puntos de tiempo cuando los ómnibus saltan algunos puntos, y a veces suceden impredecibles incidentes de tráfico en segmentos de la ruta, que hacen que los valores de tiempo de llegada fueran excepcionales para el alcance razonable de fluctuaciones mencionadas anteriormente.

Para generar un conjunto completo de información, las paradas que se perdieron se completan (interpolan) en base a información de tiempos disponibles de Subida y Bajada, asumiendo que la velocidad del viaje se mantiene constante entre dos paradas consecutivas [Chen et al., 2004]. Para generar un conjunto normal de registros de paradas, los tiempos de llegada del ómnibus a las paradas en el cual los valores de tiempo de llegada fueran excepcionales fueron reemplazados usando el método de interpolación mencionado.

Desarrollo del modelo:

La metodología de predicción consiste en dos componentes principales, un “modelo de predicción para tiempo de viaje del bus entre dos paradas adyacentes” y un “algoritmo de búsqueda del próximo bus que arriba.”

1) *Predicción del tiempo de viaje del ómnibus entre dos paradas adyacentes.*

Para el primer componente, es usado un método de análisis a través de clustering para clasificar los tiempos de viaje entre dos paradas adyacentes, que está relacionado con la hora del día (TOD), día de la semana (DOW) y otros, basados en los datos históricos de viajes obtenidos por las unidades APC. Este proceso de análisis debería ser ejecutado irregularmente (dependiendo de la actualización de la tabla de tiempos de horario o si por el trafico requiere medidas de cambio). El resultado del análisis de clustering, que es la clasificación del tiempo de viaje del ómnibus entre dos paradas adyacentes a lo largo de una ruta, sirve como base de estimación del tiempo de llegada del ómnibus. El algoritmo del vecino K-cercano es usado para predecir el tiempo del viaje entre dos paradas adyacentes. Para un viaje individual, el algoritmo utiliza TOD y DOW como argumento para calcular una distancia, encontrar K registros históricos con el valor de distancia más corta, y determinar la clase del tiempo de viaje de bus en el cual aparecen más registros K históricos.

En la Fig. 27 se esquematiza mediante un diagrama de flujo el algoritmo de predicción del tiempo de viaje del ómnibus entre dos paradas adyacentes:

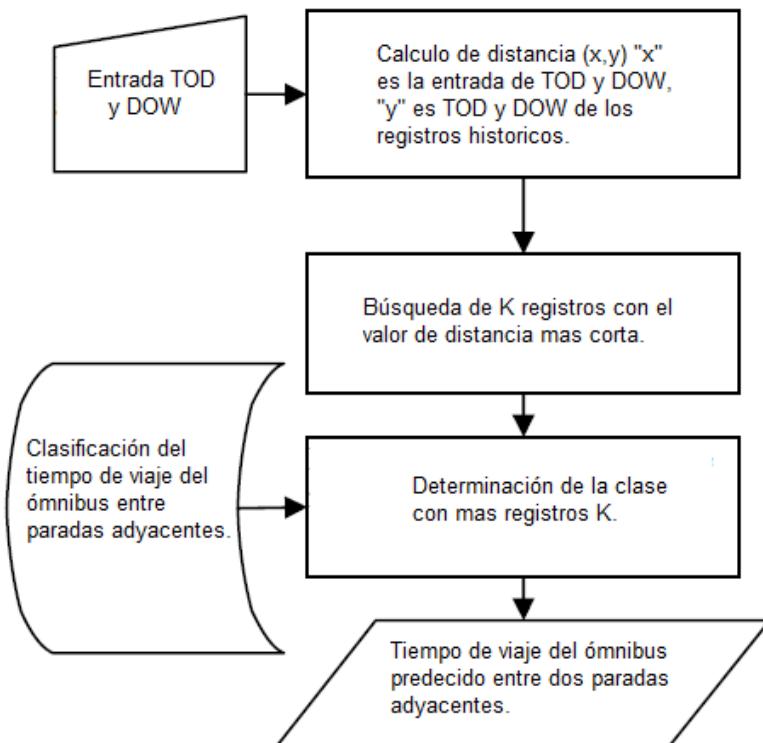


Fig. 27 - Diagrama de flujo de la predicción de tiempo entre dos paradas adyacentes.

Fuente: [Cheng et al., 2010]

2) Buscando el próximo ómnibus que arriba.

Se iguala la variable Current_Station_ID al número de parada de origen, luego, en el conjunto de datos del APC, se buscan los registros en el cual el valor de O_STATIONNO sea igual a Current_Station_ID. La suma del valor de O_LEAVEETIME y el tiempo de viaje del ómnibus entre dos paradas identificadas por Current_Station_ID y su parada previa más cercana debe ser menor a la hora actual, si el registro no cumple con la condición mencionada, entonces se disminuye en 1 Current_Station_ID (-1) y se repite el proceso de búsqueda hasta encontrar el registro que cumpla con la condición.

En la Fig. 28 se esquematiza mediante un diagrama de flujo el algoritmo de búsqueda del próximo ómnibus que arriba a una parada dada:

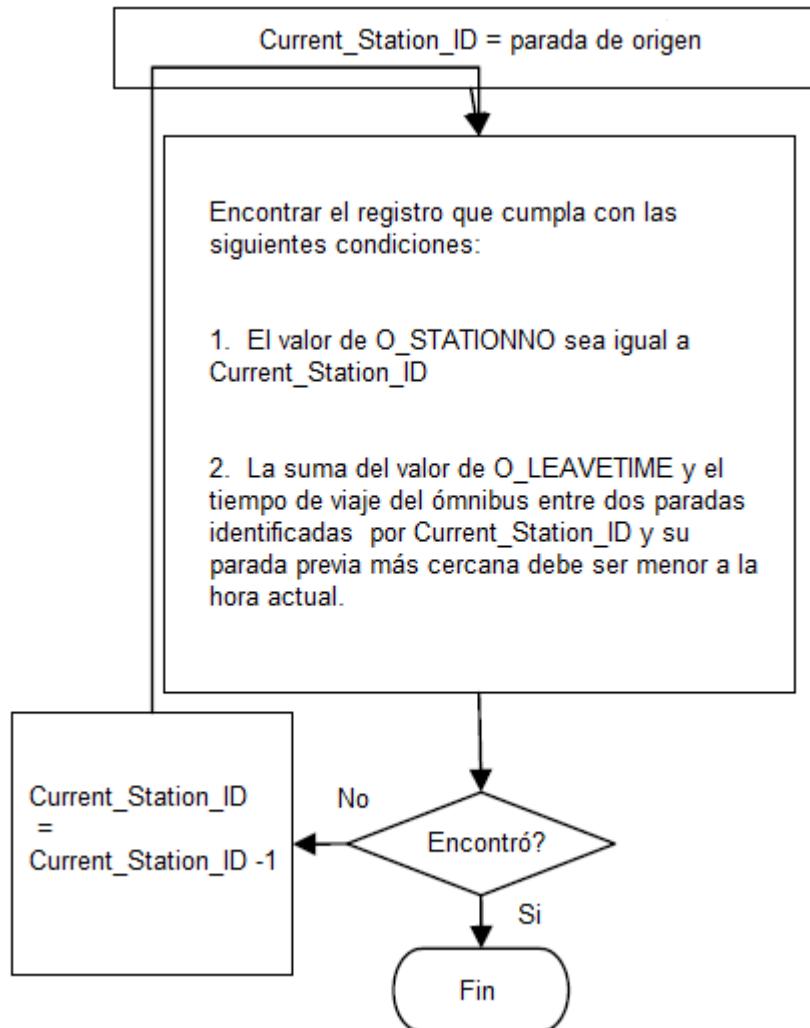


Fig. 28 - Diagrama de flujo del algoritmo de búsqueda del próximo ómnibus.

1.7 MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.7.1 Conceptos

Transporte público: es el término aplicado al transporte colectivo de pasajeros disponible para el público en general. Poseen horarios y rutas establecidas que dependen del ente operador que lo proporciona. El operador a su vez puede ser una o varias empresas privadas o consorcios de transporte público. Normalmente son servicios regulados y subvencionados por autoridades locales o nacionales.

Ómnibus: es un vehículo diseñado para el transporte de numerosos pasajeros de manera simultánea. Generalmente es usado en los servicios de transporte público urbano e interurbano, con recorrido fijo y de distancias cortas.

Itinerario: es el recorrido o trayecto que realiza un ómnibus para el transporte de pasajeros. Normalmente es fijo pero también puede ser variable dependiendo de los casos.

Corredor: es el término utilizado a la agrupación de itinerarios en base al recorrido que cumplen. Es una manera de simplificar y unificar conceptos e informaciones que faciliten al pasajero para realizar viajes.

Parada: es un lugar dentro del recorrido de los ómnibus de transporte público en donde éstos se detienen para permitir el ascenso y descenso de los pasajeros.

Horario: es el tiempo estimado en que un ómnibus pasa por una determinada parada dentro de su itinerario. La mayoría de los transportes públicos funcionan sobre tablas de horarios, con los servicios más frecuentes organizados sobre tablas de frecuencias y salidas se pueden estimar horarios.

1.7.2 La modernización del transporte público urbano en la ciudad de Encarnación.

La municipalidad de Encarnación, Itapúa, conjuntamente con las empresas del sector del transporte, se encuentran implementando el proyecto de modernización del transporte público de pasajeros para la zona. El objetivo de la Comuna es lograr que las cinco empresas que actualmente operan en la ciudad se conviertan en solo dos mediante la fusión y unificación de las mismas, con cambios sustanciales de optimización en el servicio y la renovación de la flota de colectivos. Bajo la condición de que los empresarios mejoren el servicio de transporte, la Intendencia de Encarnación, en coordinación con la Junta Municipal, dispuso el aumento del boleto de pasaje.

El proyecto de modernización tiene un avance importante, ya que las empresas ya se dividieron en dos grandes grupos y están planificando los itinerarios y los horarios que le corresponderán a cada una. Las nuevas unidades de transporte se fusionarán y serán identificadas por los colores amarillo y rojo que tendrán los ómnibus de acuerdo a cada corredor [Bogado, 2011]. En la Fig. 29 se muestran los dos modelos de colores que utilizan los ómnibus.



Fig. 29 - Ómnibus identificados por colores según el corredor que corresponde.

Fuente: [Grupo Nación de Comunicaciones, 2011]

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

El desarrollo de unificación de las 4 empresas de transporte público de pasajeros existentes en la ciudad, se realizó de la siguiente manera:

- Las líneas 3 y 5 se unieron y ahora conforman el Corredor 1, se identifican con el color amarillo con franjas azul y rojo, y tienen como itinerario la ruta 1. En la Fig. 30 se muestra un ómnibus que pertenece al Corredor 1.
- El corredor 2 comprende la ruta 6, circuito comercial y camino a Itacuá, y está a cargo de las líneas 1 y 4, cuyos propietarios se unieron. Están identificados con el color rojo con franjas en azul, amarillo y blanco.



Fig. 30 - Unidad de transporte del proyecto de fusión y renovación. Fuente: [Bogado, 2012]

1.7.3 Sistemas tecnológicos utilizados por las empresas de transporte para el servicio de usuarios

En el marco del compromiso de mejora del servicio de transporte de pasajeros brindado por las empresas de transporte, que incluye el progresivo mejoramiento de las unidades de transporte y el cumplimiento de las frecuencias e itinerario previstos, empresarios del transporte público de pasajeros se reunieron con integrantes de la comisión de transporte de la Junta Municipal y el Director de Tránsito de la Municipalidad de Encarnación. Con el objetivo de cumplir con los itinerarios y frecuencias, los empresarios del transporte estuvieron interesados en la instalación de

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

aparatos de monitoreo por GPS en todas las unidades de colectivos de las líneas 1, 3, 4 y 5. Con el sistema de monitoreo satelital es posible controlar en tiempo real la posición y la velocidad del vehículo, así como el recorrido que efectúa y las paradas que tuvo en su recorrido. Esto facilitará el seguimiento y control de cada unidad del transporte, tanto por los empresarios a sus choferes, como por la Dirección de Tránsito de la Municipalidad de Encarnación y redundará en beneficio de los usuarios del transporte público [Salinas, 2011]. Dos de cuatro empresas ya se encuentran con sistema de GPS instalados en sus ómnibus. Las demás restantes se encuentran en proceso de estudio para su instalación. El costo por día, por cada unidad con GPS, está cerca de los 3.000 Guaraníes [Bogado, 2011]. “*En Encarnación existirían unas 120 unidades de colectivos.*” [Bogado, 2012]

1.8 SOLUCIÓN PROPUESTA

En este trabajo de tesis se presenta un modelo de posible solución a los problemas cotidianos con que se encuentran los usuarios del transporte público en la ciudad de Encarnación. Para eso, se desarrolla una aplicación móvil que brinde información útil y en tiempo real para los usuarios que desean realizar un viaje. Mediante la aplicación se podrá visualizar en un mapa todas las paradas que existen en la ciudad, cada una con su respectiva información y ubicación real, además también se podrá consultar los horarios preestablecidos en que normalmente pasa un ómnibus por la misma dependiendo de su itinerario. En relación a los recorridos o itinerarios, éstos también podrán ser vistos en un mapa de forma gráfica y con sus respectivas paradas. Esta funcionalidad servirá para que el usuario planifique su viaje y sepa la línea que debe tomar para dirigirse a un cierto destino.

Otra característica que tendrá esta aplicación es la búsqueda y predicción del tiempo de llegada de los ómnibus a las paradas. Utilizando una interfaz gráfica, el usuario simplemente escogerá en qué parada desea tomar el ómnibus para iniciar su viaje, y luego la parada de destino, o la parada más próxima al destino de su viaje. Automáticamente la aplicación desplegará la información sobre los ómnibus que cumplen con esa petición de viaje (origen y destino), también se informará a qué distancia se encuentran los ómnibus de la parada de origen y el tiempo en que tardarán en llegar a la misma. Además de la información desplegada en pantalla en forma textual, el usuario podrá visualizar en un mapa donde se encuentran los

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

ómnibus en ese mismo instante. La predicción del tiempo de llegada de los ómnibus, evitará que los usuarios deban esperar largos ratos en las paradas, a veces hasta sin saber si el ómnibus vendrá o no. Podrán controlar el cumplimiento de los itinerarios establecidos y los horarios de pasada. Y algo no secundario, que permitirá planificar mejor los viajes a realizar.

La solución planteada consta de las siguientes partes:

- Montaje de una infraestructura tecnológica para el rastreo automático de ómnibus. Utilizando dispositivos GPS para obtener datos en tiempo real.
- Desarrollo de algoritmos que permitan cargar y extraer informaciones necesarias para el funcionamiento de la aplicación.
- Desarrollo de la aplicación con la interfaz de usuario requerida para diversos dispositivos móviles y sistemas operativos.

El entorno tecnológico de desarrollo y simulación propio como prototipo: El proyecto municipal está basado en la contratación de un servicio de rastreo y monitoreo para las unidades de transporte por una empresa privada, motivo por el cual se optó por la creación de un entorno tecnológico propio como prototipo de simulación y desarrollo, de manera que todo lo desarrollado como así también las pruebas a realizar no interfieran o dependieran exclusivamente del proyecto municipal. A fin de evitar retrasos, petición de permisos, burocracias, y otros factores que normalmente se dan a consecuencia al depender de otros. Para la creación del entorno tecnológico se tendrá en cuenta las características de la infraestructura utilizada en el proyecto municipal, buscando la mayor similitud para que el prototipo sea lo más real y pueda ser implementado sin mayores cambios. El rastreo de los ómnibus se realizará mediante el uso de dispositivos GPS Tracker y el proyecto “OpenGTS”; que es un proyecto open source disponible y diseñado específicamente para proveer servicio de GPS tracking.

Se desarrollará un algoritmo que sea capaz de procesar la información recibida de los dispositivos GPS instalados en los ómnibus, con el objetivo de realizar cálculos de distancia y tiempo, en base a estos resultados entregar al usuario una predicción de tiempo de llegada de los ómnibus a las paradas. Para esto, el algoritmo va ser capaz de determinar las paradas por las cuales pasa un determinado ómnibus, calcular el tiempo que le tomo llegar de una parada a otra y almacenar dicha

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

información como datos históricos, los cuales serán analizados para la predicción del viaje.

Los siguientes aspectos son tenidos en cuenta para desarrollar el algoritmo:

- Existen dos corredores que cubren el transporte público urbano de la ciudad de Encarnación (Corredor 1 y Corredor 2).
- Los dispositivos GPS son únicos en cada ómnibus.
- Se definen los itinerarios de cada corredor, mediante un conjunto de coordenadas geográficas.
- Las paradas, pertenecientes a cada itinerario estarán enumeradas y ordenadas de acuerdo al recorrido.
- Existen franjas horarias establecidas, en las cuales se almacenan los tiempos entre una parada y la otra, las cuales serán actualizadas constantemente teniendo en cuenta un margen de error.

Además, se han tenido en cuenta aspectos que ya fueron abordados por diferentes investigaciones científicas (desarrolladas en el estado del arte del Cap. 1.6), con el objetivo de lograr un mejor resultado en la predicción del tiempo en el algoritmo. Algunos de estos aspectos son: los múltiples factores de tráfico que intervienen en el tiempo de la predicción como ser horas picos, congestión, el tiempo que el ómnibus se detiene en las paradas para el ascenso y descenso de pasajeros, semáforos y la constante actualización de los mismos. La ejecución de un algoritmo en un servidor que utiliza la ubicación en tiempo real del ómnibus para generar una predicción de tiempo de llegada a su próxima parada. El concepto para obtener la predicción de tiempo en base a la suma de los tiempos de viaje entre paradas adyacentes incluyendo factores de retraso. La utilización de una base de datos histórica para obtener un tiempo estimado de viaje entre paradas, y que posteriormente es ajustado con datos que son obtenidos de la localización del ómnibus en tiempo real.

Así como se han tenido en cuenta aspectos de las distintas investigaciones, también se han analizado las limitaciones observadas e intentando mejorar las mismas como por ejemplo la carga de datos o información sobre paradas, itinerarios y horarios.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

El algoritmo será dividido en dos partes teniendo en cuenta las operaciones que realizarán cada uno:

1 - Analizador de track: se encargará de recibir los informes generados por los dispositivos GPS, analizar los tiempos y almacenar en la base de datos los resultados. El mismo estará directamente relacionado con el servicio del OpenGTS.

2 - Cálculo de predicción: se encargará de obtener los resultados generados por el Analizador de track, y con ellos realizar los cálculos de tiempo y distancia, los cuales serán entregados al usuario como resultado de su búsqueda.

El uso de tecnología móvil: El gran crecimiento y proyección en la utilización de dispositivos móviles en el mercado actual, como ser notebooks, netbooks, smartphones y tablets, facilitan el acceso a la información y mejor aún en tiempo real por su practicidad, agilidad y tamaño, permitiendo al usuario poder llevar a cabo sus tareas cotidianas en forma más rápida, programada y eficiente. Es por eso que se optó por la utilización de nuevas tecnologías tanto en hardware como software, y se plantea el desarrollo de una aplicación móvil que brinde informaciones precisas al usuario, de manera instantánea y eficaz sobre itinerarios, horarios, paradas y predicciones del tiempo de llegada del ómnibus (en tiempo real).

El desarrollo para diferentes SO y dispositivos móviles: En un entorno de constante cambio como la tecnología móvil, el desarrollo no es una tarea simple, ya que se debe tener en cuenta que existen muchas plataformas como por ejemplo Android, iOS, RIM, etc., a su vez cada una de ellas con una cantidad importante de usuarios que representan clientes potenciales de una nueva aplicación. Llevar a cabo el proceso de desarrollo de una aplicación única para cada plataforma es redundante, costoso y poco práctico. Ya que cada plataforma implica normas separadas, lenguajes de programación, SDK's y formas de distribución distintas. Requiere la traducción del código fuente original y las adaptaciones de API para que la aplicación funcione como la forma original. Después de todo es necesario crear el código ejecutable para la aplicación. Para resolver este problema de portabilidad de los dispositivos móviles, se plantea como alternativa de desarrollo multiplataforma la utilización de un framework (SenchaTouch Cap. 3.1.2.3.1) pensado para desarrollar aplicaciones web para dispositivos móviles, que dispone de una librería con múltiples widgets de usuario, controles para los eventos táctiles de los dispositivos móviles, entre otras

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

características. Además y como característica principal el framework provee un sistema de empaquetado nativo si se requiere y un enfoque centrado en el rendimiento.

1.9 HIPOTESIS DESCRIPTIVA

La elaboración de una aplicación móvil que permita a los usuarios del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación, acceder a informaciones y consultas predictivas acerca de las llegadas de los ómnibus, contribuirá a la optimización del sistema de transporte.

1.10 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Variable independiente:

- Transporte público urbano de la ciudad de Encarnación.

Variable dependiente:

- Elaborar una aplicación móvil para la predicción en tiempo real de arribos del transporte.

CAPÍTULO II - DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen los métodos que se utilizaron durante el trabajo de tesis, tales como el tipo de investigación, área de estudio, muestra, unidad de análisis, unidad de muestreo, métodos y técnicas para la recolección de datos, procedimientos para el procesamiento de los datos y las fuentes de información.

2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

2.1.1 Tipo y niveles de investigación

Descriptivo: Este tipo de investigación está dirigido a determinar “cómo es” o “cómo se manifiestan” las variables en una determinada situación. Se caracterizó por medir las variables en estudio con la mayor precisión posible y los resultados se presentaron a través de datos estadísticos, teniendo en cuenta el tema de investigación se procedió a elaborar una aplicación móvil para la predicción en tiempo real de arribos del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación, aplicándose el instrumento de investigación en dos tiempos, primero por la mañana entre las 10:00 a 13:00 hs y por la noche de 19:00 a 22:00 hs. los días hábiles de la semana (lunes a viernes) teniendo en cuenta la información generada por la aplicación. El nivel de la investigación es experimental clasificatorio, teniendo en cuenta que se procede a realizar un experimento a fin de predecir los tiempos de llegadas de ómnibus de distintos itinerarios propuestos por los tesistas y según el interés de los usuarios, y es clasificatorio, pues las informaciones recabadas se adecuan al interés y necesidad de la investigación.

2.1.2 Área de estudio

Contexto: Socio-informático.

Contenido: Informático.

2.1.3 Muestra

La muestra estuvo constituida por 80 personas mayores de edad de ambos sexos usuarios del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación que respondieron a una prueba evaluativa para la investigación. Además estará conformada por una empresa que proporciona un itinerario de línea de transporte para la ejecución de la investigación. Siendo este el itinerario “Barrio Santo Domingo (Encarnación) – Barrio San Juan (Cambyretá)”. En el Anexo2 de este trabajo se presenta el documento oficial proveído por la Comisión de transporte de la Municipalidad, el cual representa en detalle el itinerario escogido para el estudio.

2.1.4 Unidad de análisis

Está constituida por cada una de las personas que conforman la muestra y el itinerario propuesto en la investigación.

2.1.5 Unidad de muestreo

La unidad de muestreo está seleccionada de manera aleatoria simple, es decir que las personas que responderán a la prueba experimental serán seleccionadas al azar; y serán aplicadas en dos tiempos:

- De mañana (10:00 a 13:00 hs) 40 personas (usuarios del transporte)
- De noche (19:00 a 22:00 hs) 40 personas (usuarios del transporte)

Igualmente está conformada por:

- Un ómnibus que cumple el itinerario:
“Barrio Santo Domingo (Encarnación) - Barrio San Juan (Cambyretá)”.

2.1.6 Métodos y técnicas para la recolección de datos

Método Cualitativo: Este método permite el estudio de las actitudes u opiniones de las personas consultadas, constituyendo el núcleo central de la investigación que son explorados por los tesistas para llegar a una interpretación y posterior conclusión.

Método Cuantitativo: Este método permite cotejar los datos relativos a las cantidades obtenidas de las fuentes primarias utilizando un sistema de medición estructurado y controlado, que posibilita realizar las comparaciones para reflejarlos por medio de tablas y gráficos.

Las técnicas utilizadas en la investigación han sido; cuestionario de prueba y evaluación de la aplicación móvil, utilizándose la técnica de auto-administración, es decir que cada persona consultada ha respondido personalmente al cuestionario.

2.1.7 Procedimientos para el procesamiento de datos

Los datos obtenidos en el trabajo de campo son procesados por medio de tablas y gráficos estadísticos en el programa Excel, teniendo en cuenta los objetivos de la investigación y la hipótesis planteada al inicio de la misma.

2.1.8 Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas a tener en cuenta son:

- Aptitud.
- Integridad.
- Responsabilidad profesional y científica.
- Respeto a los derechos y dignidad de las personas.
- Responsabilidad social.
- Confidencialidad y anonimato ante los datos proporcionados.

2.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la realización de la investigación se recurre a dos tipos de fuentes:

2.2.1 Fuentes primarias

Proporcionan datos de primera mano y constituyen los cuestionarios de pruebas evaluativas de la aplicación móvil.

2.2.2 Fuentes secundarias

Son compilaciones de informaciones publicadas en un área de conocimiento específico como:

- Libros.
- Textos.
- Revistas.
- Publicaciones.
- Páginas de internet.
- Diarios digitales.
- Artículos científicos (Papers).

CAPÍTULO III – RESULTADOS

En este capítulo se presenta el diseño y procedimiento experimental utilizado para la solución planteada. En el diseño experimental, se exponen tanto el hardware (GPS Tracker, Servidor, Conexiones y otros.) como el software utilizado (herramientas colaborativas, de servicios y desarrollo). En el procedimiento experimental, se presenta la arquitectura del trabajo de tesis y se describen los pasos necesarios para la instalación y configuración del GPS Tracker y el Servidor. Luego se introduce en el desarrollo de la aplicación (interfaz gráfica de usuario, algoritmos desarrollados y carga de datos por defecto).

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1.1 Hardware utilizados

3.1.1.1 Servidor local

Se implementó un servidor local propio montado en el lugar físico donde se desarrolló el trabajo de tesis como entorno tecnológico, en el que se ejecutan los servicios del sistema OpenGTS (Cap. 1.3) y de la aplicación móvil. Inicialmente se utiliza como servidor de rastreo, en donde los GPS Trackers (Cap. 1.2.5 - Trackers) envían los paquetes de datos y estos se cargan en la base de datos. Además se utiliza para el desarrollo del trabajo como un servidor de versiones y también seguimiento de incidentes, tareas y errores. Las especificaciones de Hardware de la PC son:

- Placa Madre: Asus P5LD2-X/1333. Sonido, Puertos USB, PS2 y Red incorporados.
- Placa de Red: Atheros L2 Fast Ethernet 10/100.
- Procesador: Intel Pentium DualCore E2140, 1600 MHz (8 x 200).
- Memoria: 1 GB DDR2-667 SDRAM.
- Disco Duro: Maxtor de 160 Gb. 7200 Rpm. (+ Un disco externo de respaldo)
- Placa de Video: nVidia GeForce 8400 GT. PCI Express de 256 Mb.
- UPS: 500 VA.
- Disco de Backup externo: Samsung de 500 Gb. 7200 Rpm.
- Conectividad a Internet (IP Pública): 512 Kbps.

Especificaciones de Software de la PC:

- Sistema Operativo: Windows XP Professional SP3.
- Antivirus y Firewall: Panda Internet Security 2011, Antivirus, Firewall y Protección contra Vulnerabilidades. Configurado y ejecutándose en tiempo real y actualizaciones automáticas diaria, además del análisis total del sistema y todas las unidades programado.
- Antimalware: Malware Bytes – Antimalware version gratuita.
- Backup: Acronis True Image Home versión 11.0, para realizar imágenes de la unidad del sistema operativo, como así también el clonado del disco completo en la unidad de backup externa.
- Visual SVN Server 2.5: herramienta utilizada para el versionado del trabajo de tesis.
- Google Chrome: navegador web.
- TeamViewer 6: administración remota del servidor.
- MySQL Workbench 5.2 CE: administración y gestión de base de datos MySQL
- Eventum 2.2: administración de tareas y errores.
- XAMPP 1.74: como servidor, base de datos MySQL, servidor web Apache.
- Java 1.7: Como requisito del Tomcat.
- Apache Tomcat 6.0: Contenedor de Servlets

3.1.1.2 Dispositivos GPS Tracker

Para el rastreo y seguimiento de los ómnibus en este trabajo de tesis se utilizaron dispositivos GPS Trackers, que fueron elegidos en base a características de compatibilidad con el proyecto OpenGTS, que según su página oficial [Geotelematic Solutions, 2013b] incluye soporte para la mayoría de los dispositivos TK102/TK103, que utilizan los protocolos comunes TK102/TK103 (además también posee soporte para otros diversos dispositivos). Además también se tuvo en cuenta la disponibilidad y costos en el mercado actual.

El dispositivo GPS Tracker seleccionado y adquirido fue el OR-TK103 de la marca “Orange Cool” [Orange Cool, 2013] a un costo unitario de 110 Usd. (Dólares americanos).

3.1.1.3 Transmisión de datos GPRS

El Servicio General de Paquetes por Radio (General Packet Radio Service “GPRS”, por sus siglas en inglés) es un servicio exclusivo basado en la transmisión inalámbrica de datos, el cual posibilita una rápida navegación por Internet. Se utiliza este servicio para la transmisión de datos desde los GPS Trackers al servidor. Para la contratación de este servicio se requiere previamente tener un plan de telefonía (que se desprecia en este trabajo de tesis por no ser relevante). Así también existen diferentes planes de servicios y costos de GPRS, pero en base a las características del trabajo se optó por un plan de 120 Megabytes por mes a un costo de 20.000 Gs. de la telefonía Tigo [Telecel, 2012].

3.1.1.4 IP Público

Para la comunicación de los GPS Trackers con el servidor local así como también el acceso remoto de los tesis a las aplicaciones utilizadas en el desarrollo del trabajo de tesis, se contrata la asignación de una dirección IP pública, a un precio de 5 USD/mes (IVA incluido) [Copaco, 2007]. Otros costos como contratación de servicio de internet para el servidor son obviados en este trabajo de tesis.

3.1.1.5 Hosting

Con el objetivo de poseer una infraestructura de alojamiento web que garantice el buen funcionamiento del sistema, alta disponibilidad, así como la seguridad y el rendimiento, se utiliza en este trabajo de tesis un servicio web como hosting y servidor principal. Proporciona recursos informáticos y de almacenamientos fiables, escalables y por sobre todo rentables para el sistema. En él están funcionando la aplicación móvil y el sistema OpenGTS, éste último encargado de administrar los paquetes de datos que genera el GPS Tracker, recibir, procesar, guardar y ejecutar los algoritmos establecidos en base a premisas. Además también se encuentra alojada la base de datos.

Para disponer de un servicio web, en este trabajo de tesis se optó por la contratación del servicio Amazon Web Services (AWS) [Amazon, 2013] por su fácil implementación, adaptación, uso y bajo costo operacional. Además de que este servicio disponible permite (para nuevos clientes) empezar de forma gratuita con Amazon EC2. Al registrarse se reciben cada mes y durante un año los siguientes servicios EC2:

- 750 horas de uso para la ejecución de instancias Linux/Unix Micro en EC2
- 750 horas de uso para la ejecución de micro instancias Microsoft Windows Server en EC2
- 750 horas de Elastic Load Balancing más 15 GB de procesamiento de datos
- 30 GB de almacenamiento del volumen estándar de Amazon EBS más 2 millones de E/S y almacenamiento de instantáneas de 1 GB
- Se añaden 15 GB de ancho de banda saliente en todos los servicios de AWS
- 1 GB de transferencia de datos regional

Las características del servidor que se utiliza son las siguientes:

- Edición de Windows: Windows Server 2008 Datacenter Service Pack 2
- Procesador Intel(R) Xeon(R) CPU E5645 2.40GHz
- Memoria: (RAM) 615MB
- Tipo de sistema: 64-bit
- Disco duro: 30Gb.

Se utiliza Windows Server 2008 Datacenter Service Pack 2 como sistema operativo del servidor Amazon EC2, por la experiencia de los tesis en el manejo de servidores y herramientas basadas en Windows. Teniendo en cuenta que si se desea cambiar el sistema operativo a Linux, este cambio no afectará al normal desempeño de la aplicación web y sus dependencias.

3.1.1.6 Dispositivos de prueba de laboratorio

A continuación se detallan informaciones y características de los dispositivos que se utilizaron para las pruebas de laboratorio de la aplicación móvil:

Notebook:

HP Pavilion DV6:

- Procesador Intel Core i3
- Windows 7 Pro 64
- Navegador Google Chrome 23.0.1271.95 m

Smartphone:

Samsung Galaxy SII (GT-I9100) [Samsung, 2013a]:

- Procesador Dual Core
- Android 4.0.3 (Ice Cream Sandwich)
- GPS disponible

iPhone 4S [Apple, 2013a]

- Procesador Apple A5 (doble núcleo)
- iOS 5
- GLONASS y GPS asistido

3.1.2 Software utilizados

3.1.2.1 Herramientas colaborativas

3.1.2.1.1 SVN

VisualSVN Server: es un servidor de subversión que se instala y administra fácilmente, debido a sus características y prestaciones, se utilizó esta aplicación como repositorio local para el desarrollo del trabajo de tesis. VisualSVN Server es gratuito, aunque para que funcione es necesario instalar el servidor Web Apache [VisualSVN, 2013]. En el Anexo3 se presenta una imagen de cómo fue utilizado el VisualSVN en el trabajo de tesis.

SmartSVN: es un cliente gráfico para el sistema de gestión de versiones Subversion. Algunas de las funciones que se utilizó para el trabajo de tesis fueron para comparar o combinar archivos, generar informes de cambios, manejo de etiquetas y ramas, entre otras, que ayudaron en la gestión del trabajo (Ver Anexo4) [Wandisco, 2013].

3.1.2.1.2 Eventum

Es un sistema para la gestión de tareas y seguimiento de errores, flexible y de fácil uso. Se utilizó esta herramienta para organizar rápidamente las tareas y los errores en el desarrollo del trabajo de tesis [Oracle, 2013a]. En el Anexo5 se puede observar una imagen de la herramienta aplicada al desarrollo del trabajo.

3.1.2.1.3 KanbanFlow

Es una aplicación web gratuita, que permite la creación y gestión de tareas a realizar dentro de un proyecto. Se basa en el concepto de la metodología de desarrollo “Kanban”, utilizando tableros organizados en columnas, en las cuales se agregan y se van trasladando las tareas en las diferentes columnas de acuerdo al progreso. Se utilizó esta herramienta de productividad para organizar las actividades del trabajo de tesis, trabajar en equipo y realizar tareas colaborativas online, por su flexibilidad y fácil uso, práctico en la gestión y adaptabilidad de acuerdo a las necesidades [Codekick AB]. En el Anexo6 se presenta una imagen de la aplicación utilizada.

3.1.2.2 Herramientas de servicio

3.1.2.2.1 Apache

Para utilizar el sistema de gestión de tareas y seguimiento de errores “Eventum” es necesario la utilización de un servidor web HTTP; como base a esto se decide utilizar el servidor web HTTP Apache [The Apache S.F., 2012b], que provee seguridad, eficiencia y escalabilidad. Además de proporcionar servicios HTTP en sincronización con estándares actuales.

3.1.2.2.2 Tomcat 6.0

Apache Tomcat [The Apache S.F., 2012a] es un software open source que implementa las tecnologías de Java Servlet y JavaServer Pages. Y es utilizado tanto por el sistema OpenGTS como así también por la aplicación móvil como contenedor de Servlets.

3.1.2.2.3 MySQL 5.5

La base de datos MySQL [Oracle, 2013c] es utilizado en este trabajo de tesis por su alto rendimiento, fiabilidad y facilidad de uso. Además de ofrecer buenas herramientas para la gestión de bases de datos y soporte. Se utiliza como motor de base datos del sistema OpenGTS, de la aplicación móvil y para el sistema de gestión Eventum.

3.1.2.2.4 OpenGTS 2.3.8

OpenGTS (Cap. 1.3) se utiliza como servicio de GPS tracking para el seguimiento de los ómnibus.

3.1.2.2.5 Google Maps

Es un servicio de mapas web, al que se puede acceder desde un navegador, se pueden ver mapas básicos o personalizados e información sobre negocios, información de contacto y realizar cálculos de rutas entre la gran cantidad de opciones que brinda. Las principales fuentes de los mapas son a través de satélites y aviones, también utilizan mapas digitalizados de otras compañías como TeleAtlas y EarthSat.

Los mapas no son vistos en tiempo real, Google asegura que ninguna información tiene una antigüedad mayor a tres años. Se utiliza el servicio de Google Maps para desarrolladores [Google, 2013d] ya que el sistema OpenGTS es compatible con el mismo, y esto permite a su vez poder utilizarlo también en la aplicación móvil en donde se muestran todas las informaciones en un mapa.

3.1.2.3 Herramientas de desarrollo

3.1.2.3.1 Sencha Touch 2.0.1.1

Sencha Touch [Sencha, 2013] es un framework HTML5 pensado para desarrollar aplicaciones web para dispositivos móviles, con efectos que aparentan ser los nativos de los sistemas operativos iOS, RIM y Google Android. Se trata de la primera aplicación que nace desde la unión de ExtJS con jQTouch y Raphael con el nombre de Sencha.

Este framework MVC (modelo vista controlador) basado en Javascript, proporciona una librería con múltiples utilidades para el desarrollador, control para los eventos táctiles de los dispositivos móviles con efectos muy agradables gracias a CSS3. Está creada para aprovechar al máximo el potencial de HTML5, CSS3 y Javascript, haciendo uso de los nuevos elementos disponibles en la nueva especificación del estándar. Además de los métodos estándares de eventos como touchstart y touchend, el framework añade una extensa lista de eventos útiles como tap, double tap, tap and hold, swipe, rotate, drag and drop entre muchos otros. En la Fig. 31 se puede apreciar algunos de los eventos táctiles de Sencha Touch.

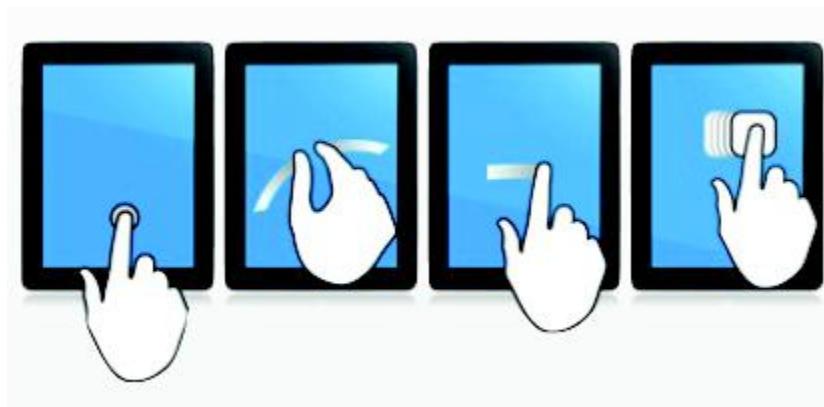


Fig. 31 – Algunos eventos táctiles de Sencha Touch. Fuente: [Realnorth, 2010]

Los datos pueden ser solicitados mediante Ajax, JSON o YQL. Sencha Touch se aprovecha de la tecnología SASS para que con solo cambiar unas variables se pueda cambiar totalmente la presentación de la aplicación, además el propio framework se adaptará a las resoluciones de cada pantalla, para que se pueda visualizar correctamente en la gran variedad de dispositivos del mercado.

Una aplicación Sencha es en gran medida código Javascript, que genera páginas dinámicamente. Aprovecha de toda la potencia de su versión para navegadores de escritorio ExtJS y está basado en Webkit, por tanto se puede probar en Chrome y Safari.

Entorno de desarrollo:

- Componentes: Una de las principales ventajas de Sencha Touch es la cantidad de controles que incluye, todos ellos muy fáciles de usar y personalizar. Algunos de ellos son: Lists, Carousel, Picker, Overlay, Toolbar & Buttons, Audio, Video, GeoLocation.
- Layouts: Existen dos conceptos utilizados por Sencha Touch, uno es el de “panel”, el cual actúa de contenedor de componentes, el otro es el de “layout” el cual se aplica a un panel y especifica cómo deben mostrarse los objetos que se encuentran dentro de él.

Los layouts que incluye Sencha Touch se muestran en la Fig. 32 y son:
fit – card – vbox – hbox

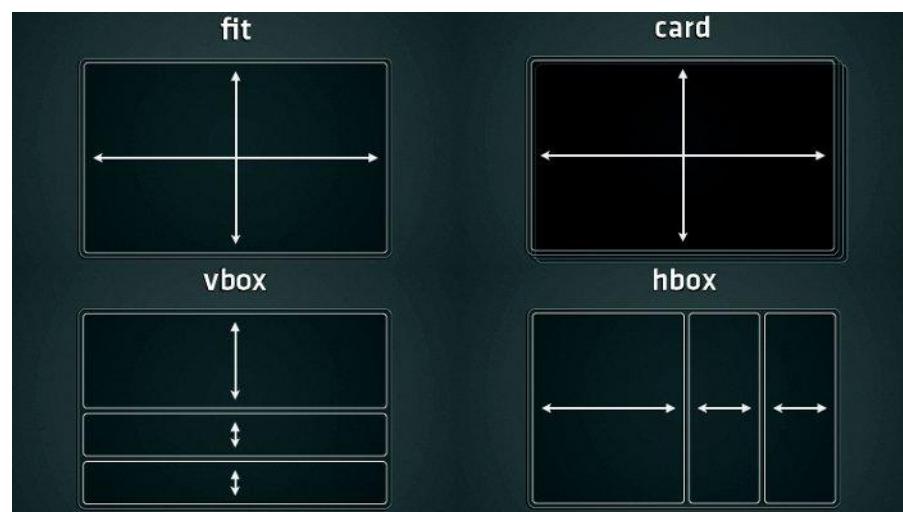


Fig. 32 - Layouts de Sencha Touch. Fuente: [Realnorth, 2010]

- Models, Stores y DataViews: Las características más poderosas de Sencha Touch son aquellas relacionadas con el manejo de datos, por un lado están los Models (modelos) que permiten representar un objeto, las validaciones que se deben aplicar cuando se usa en un formulario y las relaciones que este tiene con otros objetos. Los Stores son una colección de registros los cuales utilizan un proxy para leer y escribir datos; por último los DataView que permiten poblar de datos un template con los datos de un Store.

Algunas ventajas y desventajas de Sencha Touch se presentan en la Tabla 12:

Ventajas	Desventajas
Herencia de ExtJS.	Pioneros en el mercado (bugs)
Diversidad de componentes.	Es pesado
Comunidad de desarrolladores.	Sobrecarga en apps complejas
Buena documentación y muchos ejemplos.	No es lenguaje de marcado, todo está en Javascript
Variedad de movimientos detectados.	Solo funciona con Webkit
Flexible y fácil de usar.	Diseñado específicamente para dispositivos táctiles
Sistema de empaquetado nativo.	Al no ser código nativo, puede ser más lento.
Adaptación automática a resoluciones de pantalla.	
Open Source.	

Tabla 12 - Ventajas y Desventajas de Sencha Touch.

- Requerimientos:
 - Se puede desarrollar en Mac o Windows (Ambos necesitan de un webserver).
 - Un navegador chrome o safari.
- Compatibilidad: Las plataformas soportadas son Android, iOS, Blackberry.
- Licencia: Sencha Touch está disponible tanto en una versión con licencia comercial como con una licencia Open Source, más precisamente la GPL v3.

3.1.2.3.2 Eclipse Indigo

Como entorno de desarrollo integrado para este trabajo de tesis se utilizó la versión del software Eclipse Indigo Service Release 2 [The Eclipse F., 2013], por sus prestaciones y funcionalidades para la programación con Java, pruebas y depuraciones. Además de ser open source.

3.1.2.3.3 Java 1.7

El lenguaje de programación Java [Oracle, 2013d] se utiliza para este trabajo de tesis partiendo de que el proyecto OpenGTS fue desarrollado en el mismo lenguaje. Por la compatibilidad con el mismo y la aplicación móvil más específicamente del lado del servidor donde se desarrolla utilizando la tecnología JavaServer Pages (JSP) [Oracle, 2013b].

3.1.2.3.4 Garmin MapSource software versión 6.16.3

Es un software libre creado por el fabricante de GPS Garmin (Fig. 33), que permite administrar datos de GPS y observar sobre un mapa topográfico las grabaciones de los caminos recorridos o tracks que se han realizado previamente con un GPS sobre un terreno. También ejerce la función de transferir información, Waypoints (marcas de posición), Tracks (caminos), Rutas, Mapas y otros datos desde el dispositivo GPS a una computadora o viceversa.

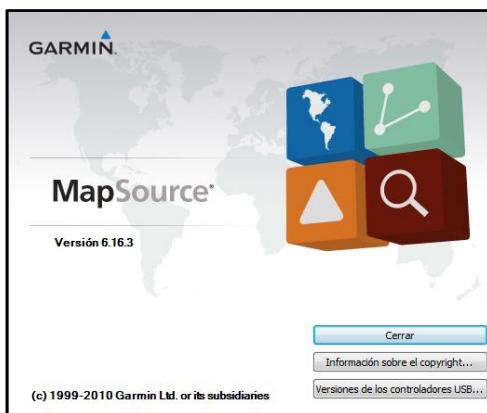


Fig. 33 - Garmin MapSource 6.16.3

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Mediante la utilización del software se pueden editar mapas, marcas de posición, rutas y caminos. Obtener informaciones desde las fichas de datos como coordenadas, alturas, profundidades, descripciones, etc. Permite además visualizar de forma gráfica y rápida el elemento seleccionado en un mapa, función que agiliza en el modo de edición. En la Fig. 34 se observa la interfaz gráfica del programa en donde se realiza la administración, edición, etc. de datos geográficos.

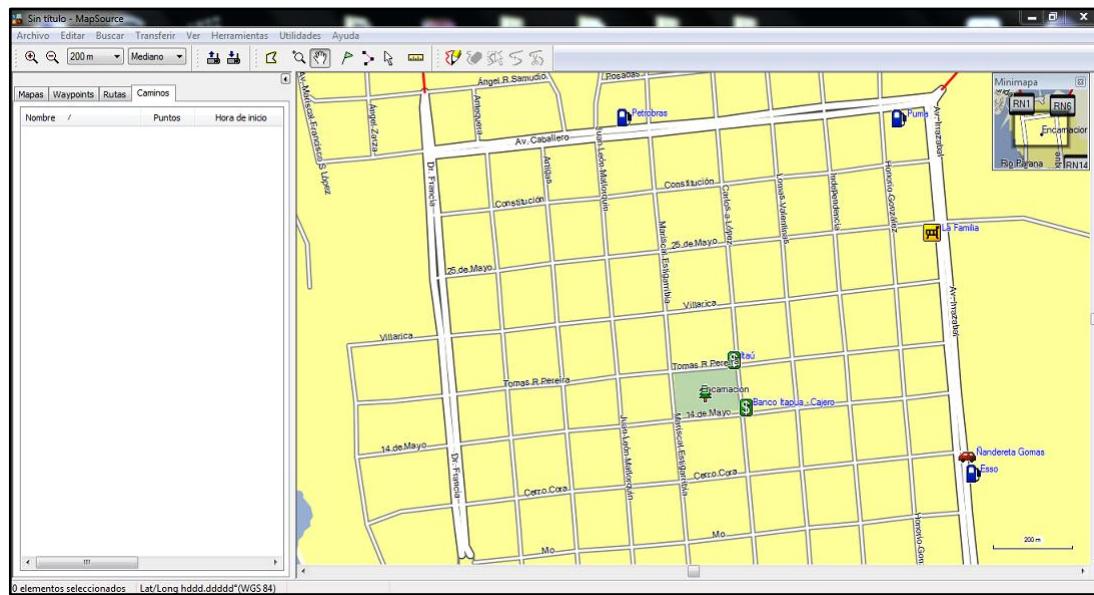


Fig. 34 - Interfaz gráfica del programa Garmin MapSource.

La principal herramienta que se utilizará en el procedimiento experimental será la de edición de caminos, con la cual se crearán nuevos puntos y se borrarán otros, así también se van a dividir caminos y se unirán a otros. Todo esto permitirá crear un mapa de caminos con marcas de posición acorde a las necesidades. [Garmin, 2010]

3.1.2.3.5 GPSBabel 1.4.4

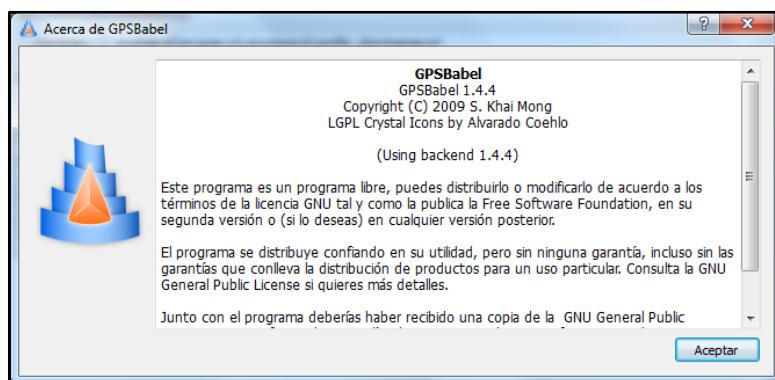


Fig. 35 - GPSBabel 1.4.4

GPSBabel es un software libre que se utiliza para la conversión y transferencia de archivos de coordenadas geográficas entre distintos sistemas GPS o programas de mapas (Fig. 35). Permite la interacción entre los distintos formatos de datos y los programas que sirven para trabajar con ellos. Su función principal es la de convertir un formato de archivo de datos en otro, para poder utilizarlo en diversos programas de edición, visualización, tratamiento de datos geográficos y receptores GPS.

Robert Lipe, jefe principal de Babel dice: “*GPSBabel convierte marcas de posición, caminos y rutas entre los populares receptores GPS y programas de mapeo. También cuenta con potentes herramientas de manipulación de datos. No convierte, transfiere, envía o manipula mapas. Procesa los datos que pueden ser (o no ser) colocados en un mapa, como marcas de posición, caminos y rutas.*” [Lipe, 2009].

En la Fig. 36 se observa la interfaz gráfica del programa, desde donde se realiza la conversión y transferencia de archivos de coordenadas geográficas.

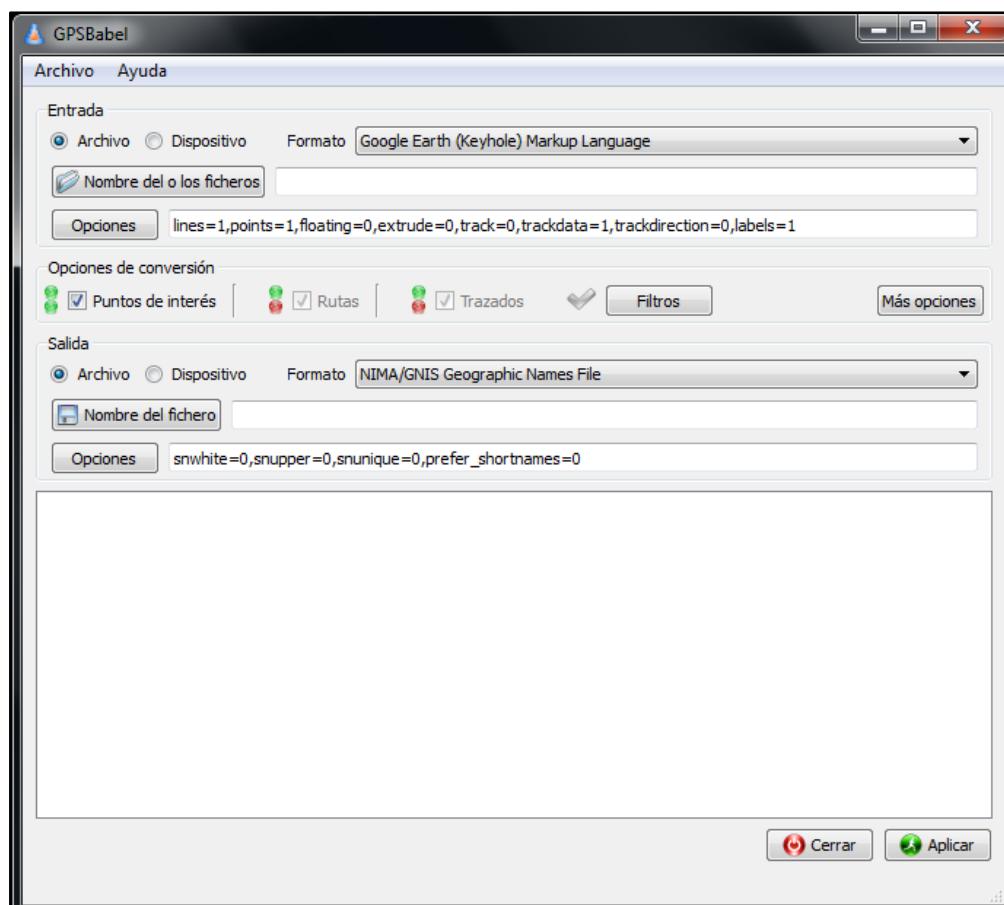


Fig. 36 - Interfaz gráfica del programa GPSBabel.

El uso de este software permite trabajar con archivos de datos del formato KML³ (Keyhole Markup Language) de Google, facilitando de esta manera la conversión de datos extraídos de Google Earth a otros formatos necesarios para la edición.

3.1.2.3.6 Google Earth 6.2.2.6613

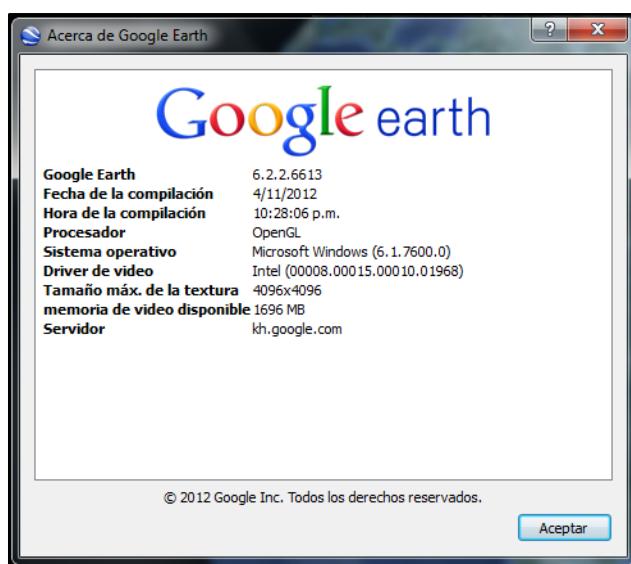


Fig. 37 - Google Earth 6.2.2.6613. Fuente: [Google, 2013c]

Es un software gratuito similar a un sistema de información geográfica (SIG) que permite al usuario observar a través de un globo terráqueo virtual imágenes satelitales, mapas, relieve y edificios de todo el mundo (Fig. 37) [Google, 2013a]. En la Fig. 38 se muestra la interfaz del programa en donde se observa una imagen a escala del planeta y por otro lado las herramientas necesarias para edición,

Se utilizará esta herramienta para importar Hitos, Seguimientos, Rutas y obtener pistas y *LineStrings*⁴ KML a partir de un archivo de datos; se añadirán marcas de posición de Paradas y Tramos de los Itinerarios con sus respectivas informaciones, así también para corregir las rutas (o líneas) cargadas como itinerarios.

³ "KML es un formato de archivo que se utiliza para mostrar información geográfica en navegadores terrestres como Google Earth, Google Maps y Google Maps para móviles." Está basado en el estándar XML. [Google, 2013c]

⁴ "La cadena de líneas LineString consiste en un conjunto conectado de segmentos de línea." [Google, 2013b]

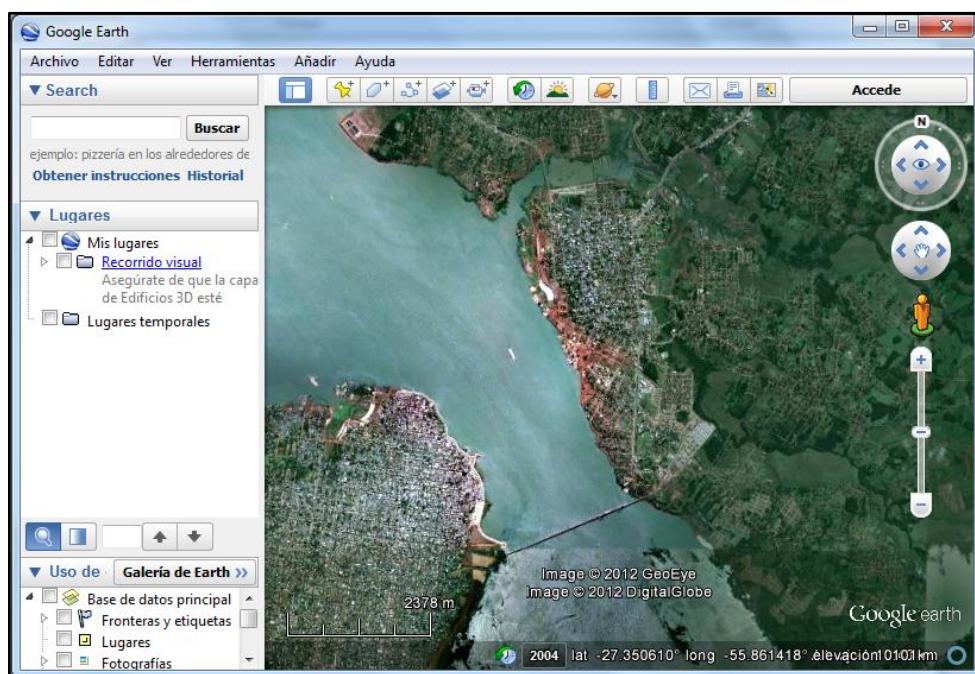


Fig. 38 - Interfaz gráfica de Google Earth.

3.1.2.3.7 My Tracks 2.0.2

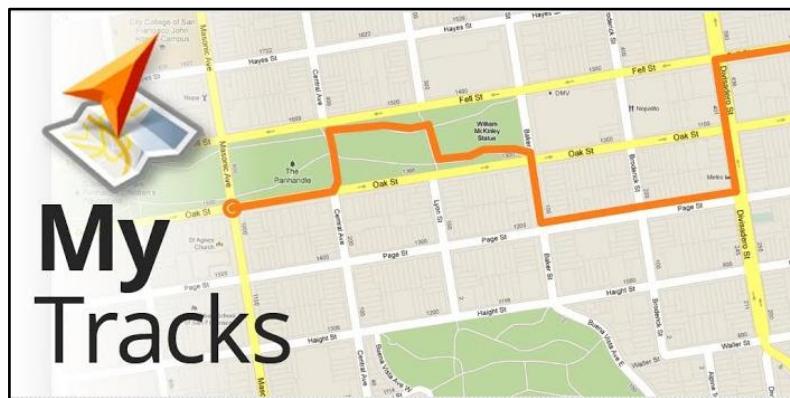


Fig. 39 - My Tracks 2.0.2

My Tracks es un proyecto de software libre desarrollado por Google que permite grabar y compartir recorridos GPS (Fig. 39). Mediante el uso del sensor GPS del teléfono, el software puede grabar una ruta, tiempo, velocidad, distancia y elevación, mientras se realiza alguna actividad al aire libre [Google, 2013e]. Durante la grabación, se pueden visualizar los datos en directo como muestra la Fig. 40, introducir anotaciones (marcas de posición por ejemplo) acerca de la ruta y escuchar comentarios de voz periódicos sobre el progreso.

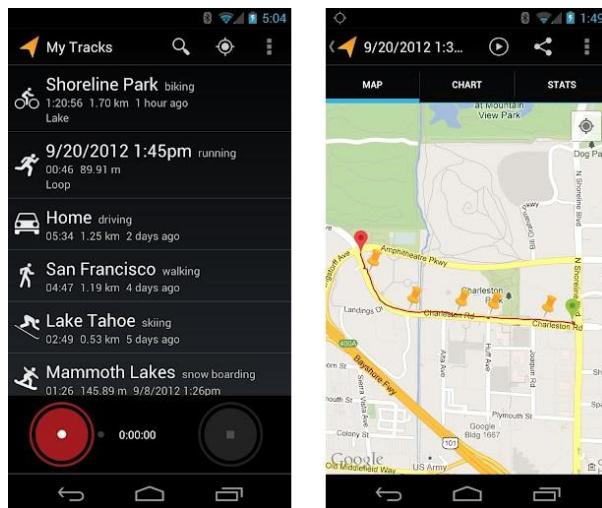
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 40 - Interfaces gráficas de My Tracks.

Una vez finalizada la grabación de las rutas, marcas de posición, etc., éstas se pueden exportar como archivos de tipo GPX, KML, CSV o TCX. Los cuales serán muy útiles para trabajar con diferentes programas de edición. [Google, 2013f]

3.1.3 Prueba experimental y Sistema de evaluación.

Prueba experimental: La misma se ha adecuado a los intereses del trabajo de tesis centrándose en un instrumento metodológico denominado cuestionario de prueba que incluye:

- Datos del usuario / persona que responderá a las premisas descritas en la misma.
- Conocimientos sobre manejo de tecnologías móviles.
- Utilización del transporte urbano de la ciudad de Encarnación y zonas aledañas.
- Necesidad del conocimiento acerca de: horarios pre-establecidos, itinerarios y paradas.

Sistema de evaluación: La evaluación del sistema de recolección de datos (encuestas) se llevó a cabo por medio del método Likert utilizándose el sistema de indicadores, frecuencias y porcentajes a fin de agrupar las informaciones recabadas para cuantificarlos según los objetivos propuestos.

3.1.3.1 Diseño y planificación de las pruebas

En las Fig. 41, Fig. 42 y Fig. 43 se presenta el diseño y planificación de las pruebas a la aplicación móvil.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ITAPÚA FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA EN INFORMATICA																	
<p>Somos alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática de esta casa de estudios; abocados a la realización de nuestro trabajo final de grado, por lo cual le solicitamos su colaboración respondiendo a las premisas descriptas a continuación, garantizándole absoluta confidencialidad y anonimato.</p>																		
<p>Muchas Gracias.</p>																		
<p>DATOS: (Marque con una “X” la casilla que considere cierta, afirmativa o correcta)</p>																		
<p>A) Edad: <input type="checkbox"/> B) Sexo: M: <input type="checkbox"/> F: <input type="checkbox"/></p>																		
<p>C) Utilización del Transporte Público Urbano:</p>																		
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">NO</td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>CASI NUNCA</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>GENERALMENTE</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>CASI SIEMPRE</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>SIEMPRE</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>			NO	<input type="checkbox"/>	CASI NUNCA	<input type="checkbox"/>	GENERALMENTE	<input type="checkbox"/>	CASI SIEMPRE	<input type="checkbox"/>	SIEMPRE	<input type="checkbox"/>						
NO	<input type="checkbox"/>																	
CASI NUNCA	<input type="checkbox"/>																	
GENERALMENTE	<input type="checkbox"/>																	
CASI SIEMPRE	<input type="checkbox"/>																	
SIEMPRE	<input type="checkbox"/>																	
<p>D) Tipo de dispositivo y Sistema operativo móvil utilizado por el consultado/a:</p>																		
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">SMARTPHONE</td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">ANDROID:</td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>TABLET</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>IOS:</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NETBOOK</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>RIM:</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>NOTEBOOK</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			SMARTPHONE	<input type="checkbox"/>	ANDROID:	<input type="checkbox"/>	TABLET	<input type="checkbox"/>	IOS:	<input type="checkbox"/>	NETBOOK	<input type="checkbox"/>	RIM:	<input type="checkbox"/>	NOTEBOOK	<input type="checkbox"/>		
SMARTPHONE	<input type="checkbox"/>	ANDROID:	<input type="checkbox"/>															
TABLET	<input type="checkbox"/>	IOS:	<input type="checkbox"/>															
NETBOOK	<input type="checkbox"/>	RIM:	<input type="checkbox"/>															
NOTEBOOK	<input type="checkbox"/>																	
<p>E) Utilización de internet en el dispositivo móvil: 3G: <input type="checkbox"/> 4G: <input type="checkbox"/> WiFi: <input type="checkbox"/></p>																		
<p>FECHA: / / HORA: :</p>																		

Fig. 41 - Diseño y planificación de pruebas página 1.

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA*(Marque con una "X" la casilla que considere cierta, afirmativa o correcta.)*Primeramente debe acceder a la página web: www.infobus.com.py

- A) Prueba de Servicio de informaciones acerca de ITINERARIOS de ómnibus.

Pasos:

- Ingrese al menú de itinerario.
- Elija el itinerario que desee.

- A.1) Ha visualizado el itinerario completo con sus paradas en el mapa?

SI: NO:

- B) Prueba de Servicio de informaciones acerca de las PARADAS de ómnibus.

Pasos:

- Ingrese al menú de paradas.
- Elija ver todas las paradas

- B.1) Ha visualizado todas las paradas de los itinerarios de ómnibus en el mapa?

SI: NO: Pasos:

- Ingrese al menú de paradas.
- Elija una parada de la lista.

- B2) Ha visualizado en el mapa la parada elegida?

SI: NO:

- C) Prueba de Servicio de informaciones acerca de HORARIOS pre-establecidos.

Pasos:

- Ingrese al menú de horarios, luego Elija un corredor.
- Elija un itinerario, luego Elija una parada.

- C.1) Se ha desplegado la lista de horarios correctamente?

SI: NO:

- C.2) Al hacer click sobre un horario ha visualizado correctamente el horario de parada en el mapa?

SI: NO:

Fig. 42 - Diseño y planificación de pruebas página 2.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

D) Servicio de consulta sobre PREDICCIÓN de tiempo de llegada de ómnibus.

Paso 1: Elegir una parada de origen de viaje.

D.1) Ha visualizado el cambio de figura (verde) de la parada de origen elegida en el mapa?

SI: NO:

Paso 2: Elegir una parada de destino de viaje.

D.2) Ha visualizado el cambio de figura (verde) de la parada de destino elegida en el mapa?

SI: NO:

A partir de este punto el/la consultado/a cronometrará la llegada del ómnibus.

Tomando nota del tiempo inicial que predijo el sistema para su posterior comparación.

Tiempo de llegada predicho inicialmente por el sistema:

D.3) A visualizado de forma gráfica la posición actual del ómnibus en el mapa?

SI: NO:

D.4) Ha visualizado el recorrido desde donde se encuentra actualmente el colectivo hasta la parada de origen elegida?

SI: NO:

D.5) Ha visualizado el recorrido que va a realizar desde la parada de origen a la parada de destino.

SI: NO:

D.6) Ha visualizado en la pantalla la información referente a:

D.6.1) Número de colectivo que debe utilizar para llegar a su destino?

SI: NO:

D.6.2) El tiempo estimado de llegada del colectivo hasta donde Ud. se encuentra?

SI: NO:

D.6.3) La distancia en que se encuentra el colectivo con respecto a la parada donde Ud. se encuentra?

SI: NO:

D.7) Habiendo cronometrado el tiempo de llegada del ómnibus a la parada donde Ud. se encuentra, complete lo siguiente:

Tiempo real de llegada del ómnibus:

Fig. 43 - Diseño y planificación de pruebas página 3.

* Fuentes elaboradas por los tesistas – indicándose que el tamaño de la fuente no se adecua a las normativas de presentación del trabajo de tesis, debido que el instrumento se ha elaborado en una fuente superior a la misma.

3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.2.1 Arquitectura del trabajo de tesis

En esta sección se presenta la arquitectura implementada para la realización del trabajo de tesis. Como se puede observar en la Fig. 44 la arquitectura utilizada es Cliente – Servidor, y consta de dos partes bien definidas que funcionan de manera independiente, por un lado el sistema OpenGTS y por el otro la aplicación móvil.

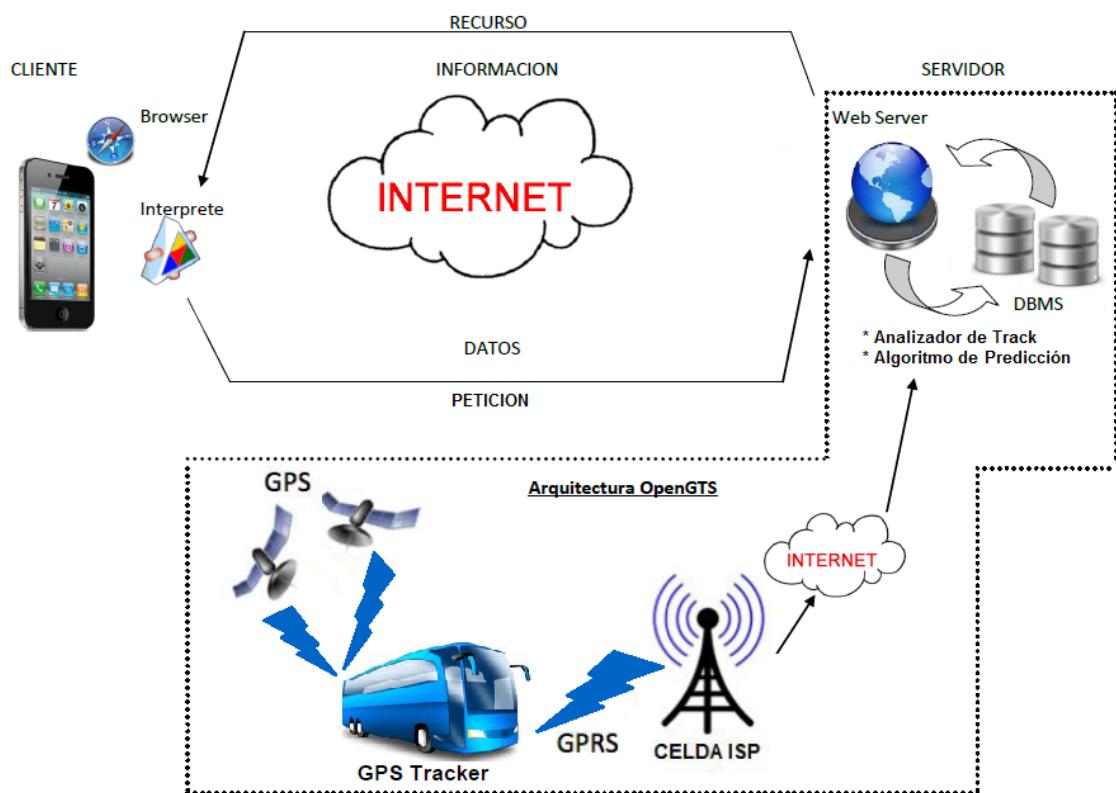


Fig. 44 - Arquitectura general del trabajo de tesis.

Los elementos que componen la arquitectura son:

- Cliente: es la aplicación móvil en sí. Uno de los objetivos principales de este componente es interactuar con el servidor, enviando y recibiendo información, procesarla y mostrarla al usuario final mediante una interfaz gráfica, a fin de que la información recibida pueda ser entendida.
- Internet: se utiliza como medio de comunicación entre el cliente y el servidor, tanto en la aplicación móvil como en el sistema OpenGTS.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Servidor: es el encargado de proveer la información y servicios a los clientes, entre otras funciones. En él se encuentran funcionando los servicios del OpenGTS, la aplicación móvil y el motor de base de datos. En el Anexo7 se presenta el modelo de base de datos utilizado en el trabajo de tesis.
- Web Server: se encarga de recibir “peticiones” de los clientes. En la mayoría de los casos, el cliente solicita una petición a través de internet, también llamada “request”, y el servidor se encarga de enviar el “recurso”. Además de esto, el cliente puede enviar “datos”, el servidor se encarga de procesar esos datos y convertirlos en “información” y muchas veces esa información regresa al cliente para ser desplegada. El web server debe poseer un lugar donde guardar esa información, de manera estructurada y organizada, de modo que después vuelva a acceder a esos datos y los pueda volver a procesar y que no se pierda esa información, esto se guarda en una “base de datos” (en el trabajo de tesis se utilizó como motor de base de datos MySQL). El web server manda la información a la base de datos, y a la vez el mismo web server solicita nuevamente la información guardada.
- GPS Tracker: es el dispositivo instalado en los ómnibus, el cual envía la posición del móvil cada cierto periodo de tiempo pre-establecido.
- GPS: es el sistema de posicionamiento global, se encarga de calcular las posiciones de los GPS Tracker.
- GPRS: es el medio de comunicación entre los GPS Tracker y el servidor.
- El gráfico de la arquitectura OpenGTS muestra como los datos del GPS Tracker son transmitidos al servidor a través de una red GPRS móvil. El dispositivo GPS Tracker contiene un modem de teléfono móvil que a su vez utiliza una tarjeta SIM, proporcionada por un proveedor de datos móviles (ISP – Internet Service Provider). El módem inalámbrico utiliza un plan de datos para establecer una conexión a internet, y luego una conexión a través de socket con el servidor. Una vez conectado con el servidor, por lo general envía su información de ubicación y luego se desconecta. Los datos pueden ser transmitidos utilizando los protocolos UDP o TCP, por lo general UDP es el elegido debido a su eficiencia en la utilización del ancho de banda. En algunos casos, los datos pueden ser enviados al servidor usando mensajes de texto a través de SMS Gateway.

3.2.2 Entorno tecnológico

3.2.2.1 Creación y configuración del Hosting Amazon EC2

3.2.2.1.1 Definición

Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) es un servicio web que proporciona capacidad informática con tamaño modifiable en la nube. Está diseñado para facilitar a los desarrolladores recursos informáticos escalables y basados en web. La sencilla interfaz de servicios web de Amazon EC2 permite obtener y configurar su capacidad con una fricción mínima. Proporciona un control completo sobre sus recursos informáticos y permite ejecutarse en el entorno informático acreditado de Amazon. Además, Amazon EC2 reduce el tiempo necesario para obtener y arrancar nuevas instancias de servidor en minutos, lo que permite escalar rápidamente la capacidad, ya sea aumentándola o reduciéndola, según cambien sus necesidades. Amazon EC2 cambia el modelo económico de la informática, al permitir pagar sólo por la capacidad que utiliza realmente. Amazon EC2 proporciona a los desarrolladores las herramientas necesarias para crear aplicaciones resistentes a errores y para aislarse de los casos de error más comunes [Amazon, 2013].

La siguiente guía de creación y configuración es un aporte desarrollado por los testistas, con el objetivo de facilitar la creación de instancias para servidores en Amazon, de manera básica, sencilla y gráfica. Por ser una tecnología emergente en el ámbito de servidores, teniendo en cuenta sus prestaciones y bajos costos. En la Fig. 45 se presenta un esquema de la creación y configuración del hosting.

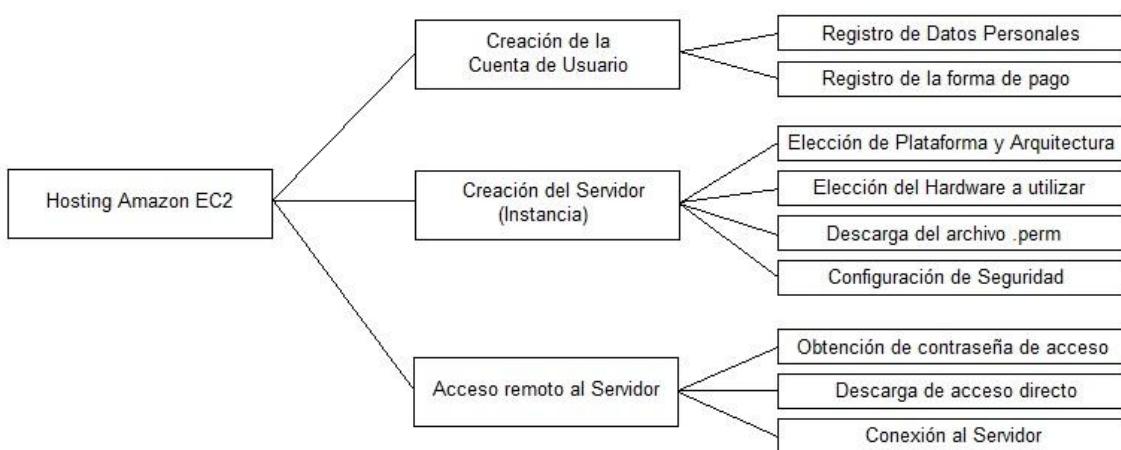


Fig. 45 – Esquema de creación y configuración del Hosting Amazon EC2.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**3.2.2.1.2 Pasos a seguir para la creación y configuración.**

Para poder comenzar a utilizar los servicios de Amazon EC2, lo primero que se tiene que hacer es registrarse como usuario, para ello se debe tener los siguientes requisitos:

- Datos Personales.
- Número telefónico en el cual recibir una llamada para realizar la validación de la cuenta.
- Tarjeta de Crédito, al momento de crear la cuenta se solicitará una tarjeta de crédito.

Para crear una cuenta nueva hay que dirigirse al enlace <http://aws.amazon.com/es/ec2/> y luego “Registrarse ahora” (Fig. 46). Fuente: [Amazon, 2013]:



Fig. 46 - Registro en Amazon Web Services.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Al ingresar al formulario de creación de cuenta se mostrará la pantalla de la Fig. 47:

Fig. 47 - Inicio de creación de cuenta.

Ingresar la dirección de e-mail y seleccionar “I am a new user”, luego click en “Sign in using our secure server”. A continuación se dirige a la siguiente pantalla (Fig. 48):

Fig. 48 – Credenciales de la cuenta.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Completar colocando el nombre completo, ingresar nuevamente la dirección de e-mail y crear una contraseña para la cuenta. Click en “Continue”. En la siguiente pantalla (Fig. 49), completar el formulario con los datos solicitados, escribir el código de seguridad y leer el contrato de cliente de AWS. Marcar la casilla en caso de aceptar los mismos.

The form consists of several sections:

- Nombre completo***: [Text input]
- Nombre de la empresa***: [Text input]
- País***: [Dropdown menu set to United States]
- Línea 1 de dirección***: [Text input]
- Línea 2 de dirección**: [Text input] (Note: Below it says "Dirección postal, apartado de correos, nombre de la compañía, A/A")
- Ciudad***: [Text input]
- Provincia o Región***: [Text input]
- Código postal***: [Text input]
- Número de teléfono***: [Text input]
- Security Check** section:
 - Imagen:** [Image placeholder showing '6gM9']
 - Escribe los caracteres de la imagen***: [Text input]
 - Try a different image
 - Por qué te pedimos que escribas estos caracteres?
 - Problemas? Ponte en contacto con nosotros.
- Contrato de cliente de AWS** section:
 - Marca esta opción para indicar que has leído y aceptas las condiciones generales del Contrato de cliente de Amazon Web Services.

Fig. 49 - Formulario de creación de la cuenta.

Luego click en “Crear y continuar”, en el siguiente formulario (Fig. 50) se pedirán datos de la tarjeta de crédito en la cual se registrarán los gastos que puedan llegar a generar los servicios utilizados. En el servicio de Amazon EC2 se pagan por los recursos utilizados, como horas de uso, IP estáticas utilizadas, hardware, etc. El servicio gratuito incluye algunas especificaciones básicas, en caso de necesitar ampliar los recursos utilizados, el servicio ya tendrá costo adicional. Para más detalle de los costos del servicio, ver: <http://aws.amazon.com/es/ec2/#pricing>

The form includes:

- A summary message: "Se han creado las credenciales de su cuenta de AWS, pero para poder empezar a usar los servicios, necesita indicar sus datos de pago y continuar. No hay tarifa de inscripción, solamente se paga el consumo realizado."
- MÉTODO DE PAGO** section:
 - Tarjeta de crédito***: [Text input] (dropdown menu: Selecciona el tipo de tarjeta)
 - Número de tarjeta***: [Text input]
 - Titular de la tarjeta***: [Text input]
 - Fecha de vencimiento***: [Text input] (dropdown menus: 01, 2012)
- Introduce tu dirección de facturación** section:
 - Selección: Utilizar mi dirección de contacto como dirección de facturación (radio button selected)
 - Nota: (usd asdalgjlgadasd asldfasdf fsaflghasd, Encarnacion, Itapúa 6000, PY, 07125413)
 - Alternativa: Introduce una nueva dirección
- Continuar** button

Fig. 50 - Datos de pago y Facturación.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Click en “Continuar”, el paso siguiente es la verificación de identidad. El proceso es el siguiente: una vez ingresado el número de teléfono, se recibirá una llamada automática (en inglés) en el cual se solicitará que se ingrese el código de seguridad proporcionado en la página, el formato de código son de 4 dígitos numéricos. Si el proceso se desarrolla en forma normal la cuenta quedará activada y se recibirá un e-mail de confirmación, a partir de ese momento se podrá comenzar a utilizar los servicios de Amazon.

Creación del Servidor:

Teniendo activada la cuenta en Amazon ingresar a <http://aws.amazon.com/es/ec2/>, luego a “AWS Management Console”, la consola de administración de los servicios de Amazon (Fig. 51).



Fig. 51 - Ingreso a la consola de administración de los servicios.

Se solicitará los datos de inicio de sesión, y a partir de ahí se ingresa a la consola de servicios (Fig. 52):

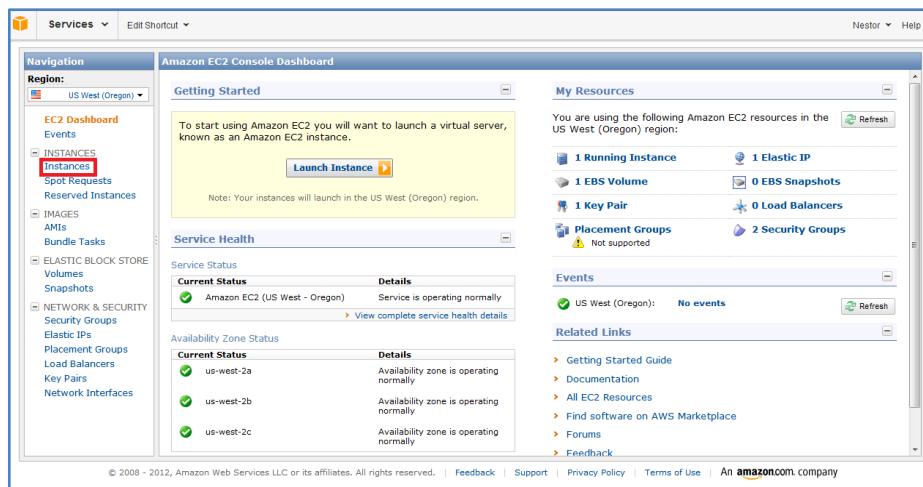


Fig. 52 - Consola de administración de los servicios.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

En dicha consola se podrá administrar las instancias (una instancia es un servidor específico, por ej.: Windows Server 2008; se puede tener varias instancias de acuerdo a la necesidad), administrar la seguridad de cada instancia, creación de IP estática, interfaces de red, entre otros. En este trabajo de tesis, se creará una instancia de Windows server 2008, ingresar a “Launch Instance”, el cual guiará para la creación de la instancia (Fig. 53).

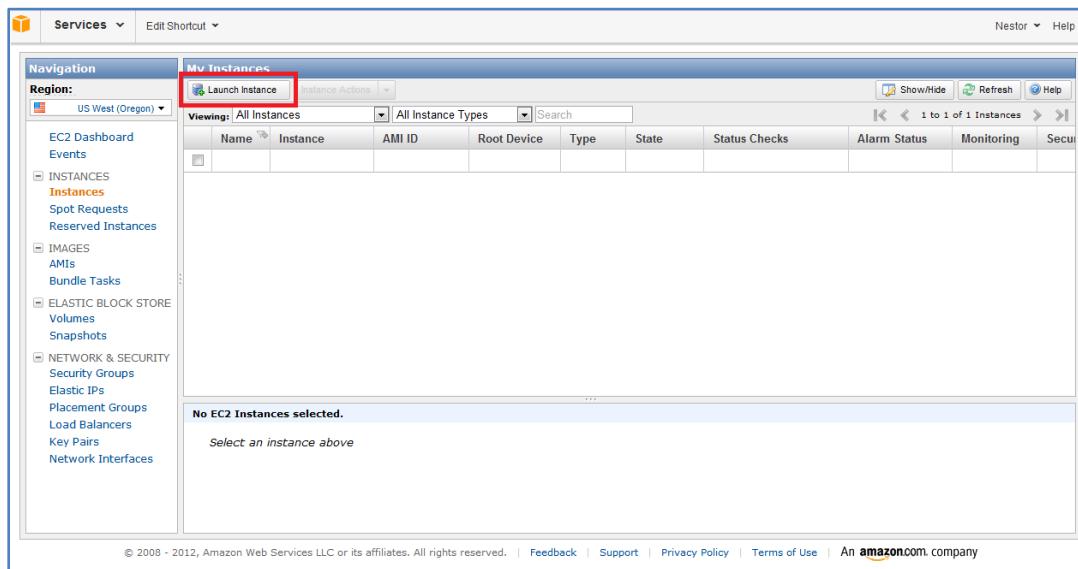


Fig. 53 - Ingresando a Launch Instance.

Seleccionar “Classic Wizard” y “Continue” (Fig. 54):

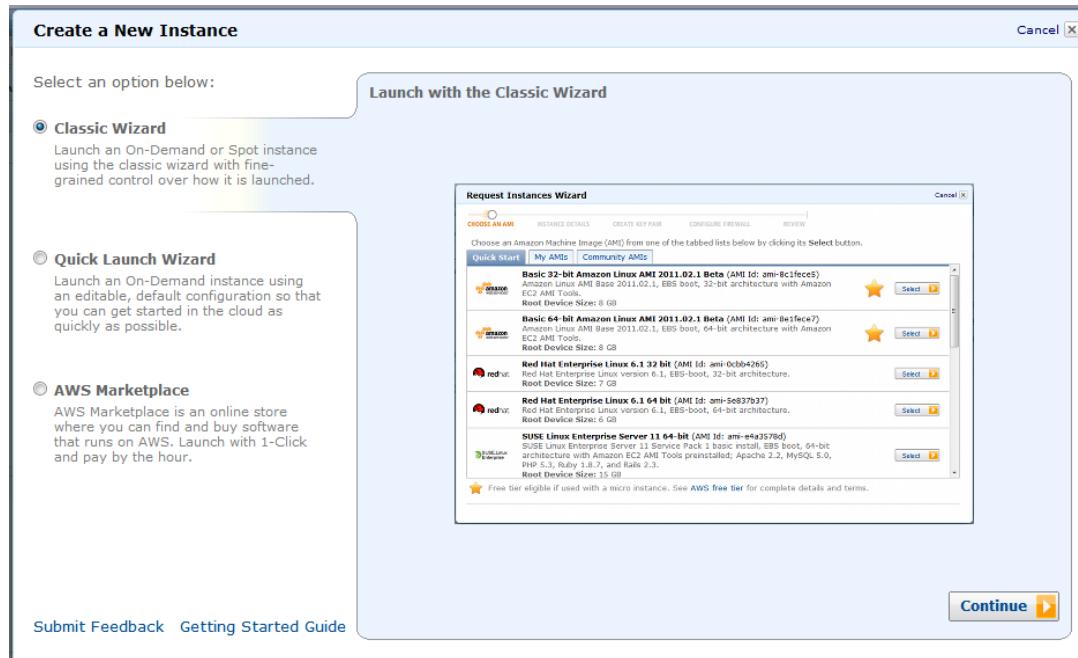


Fig. 54 - Creación de instancia. Launch Instance.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

En el siguiente paso seleccionar la plataforma y la arquitectura en la cual se necesita crear la instancia (Fig. 55), las plataformas pueden ser Linux o Windows, existen algunas plantillas ya predeterminadas que Amazon ofrece para agilizar la creación. En este caso se escogerá Microsoft Windows Server 2008 R2 Base, con arquitectura de 64 bits.

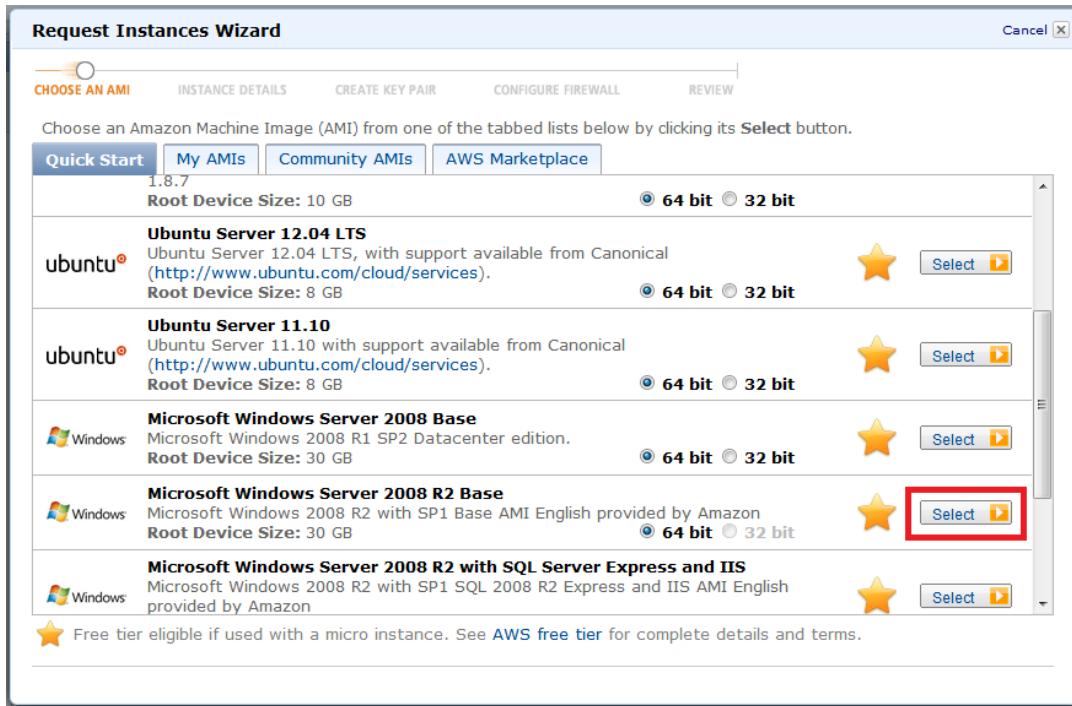


Fig. 55 - Elección de plataforma y arquitectura.

Se informa el número de instancias a crear y el hardware a utilizar (Fig. 56), se debe tener en cuenta que solo Micro (11, micro, 613 MiB) es el hardware que Amazon brinda sin costo, es decir que si se selecciona otro tipo generará un costo a la tarjeta de crédito ingresada. En este trabajo de tesis se utilizó la instancia Micro (11, micro, 613 MiB). Se deja todo tal cual y click en “Continue”.

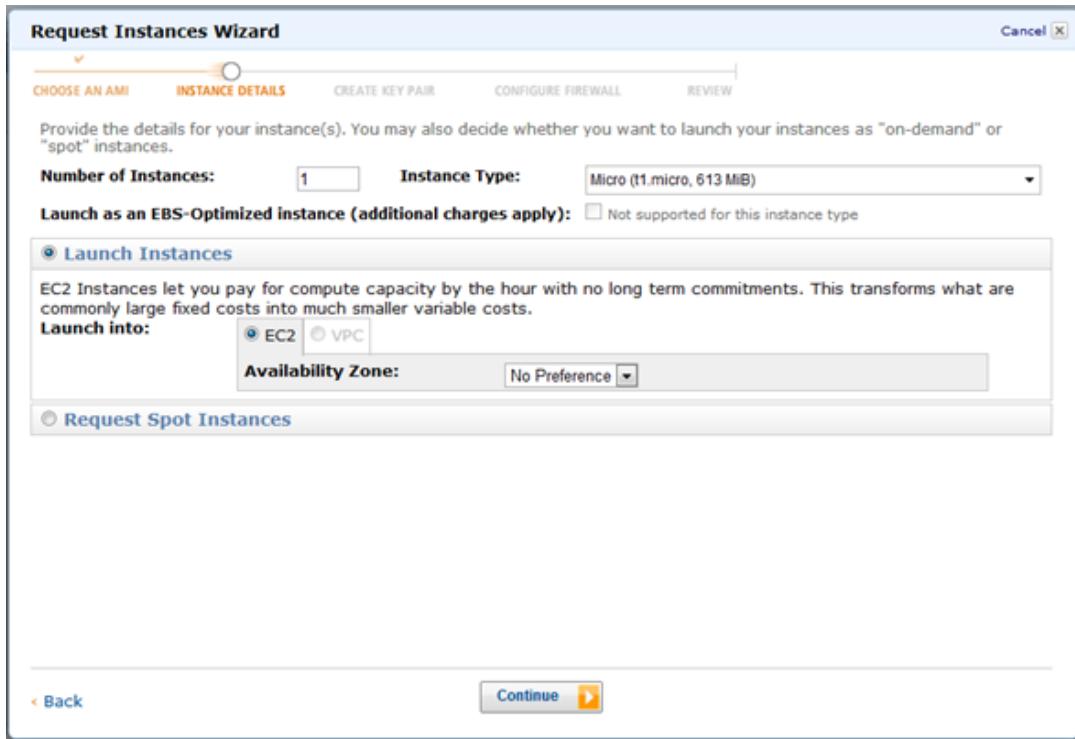
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 56 - Detalles de la instancia a crear.

Se indican opciones avanzadas de la instancia (Fig. 57), cualquier opción modificada generará un costo adicional. Click en “Continue”:

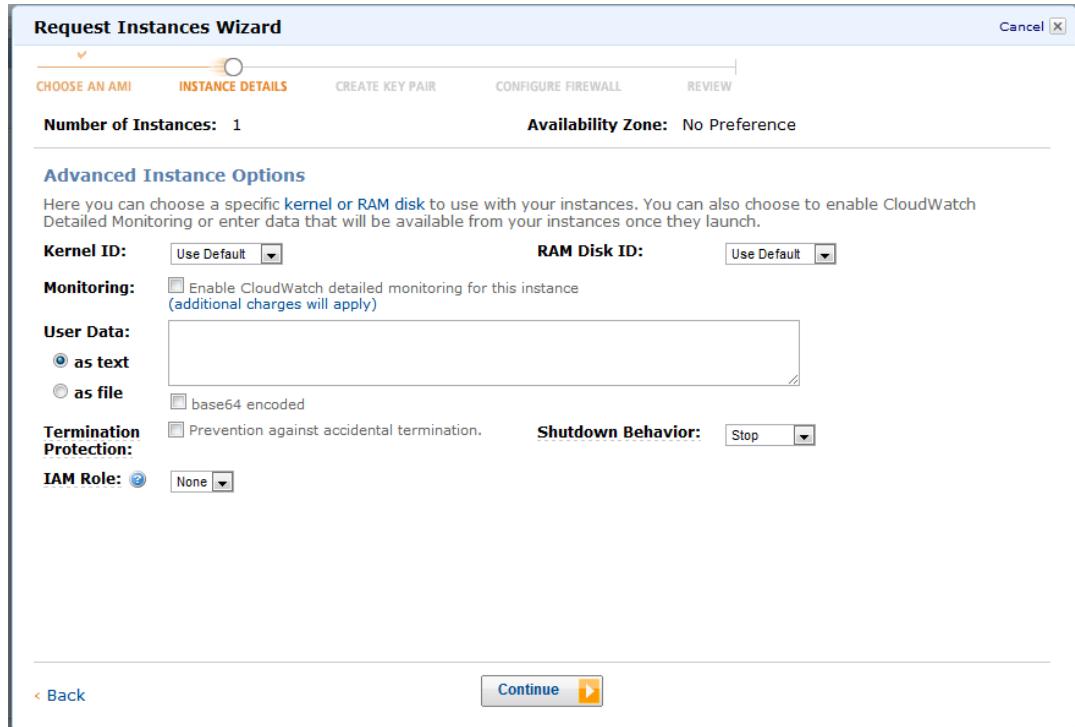


Fig. 57 - Opciones avanzadas de instancia.

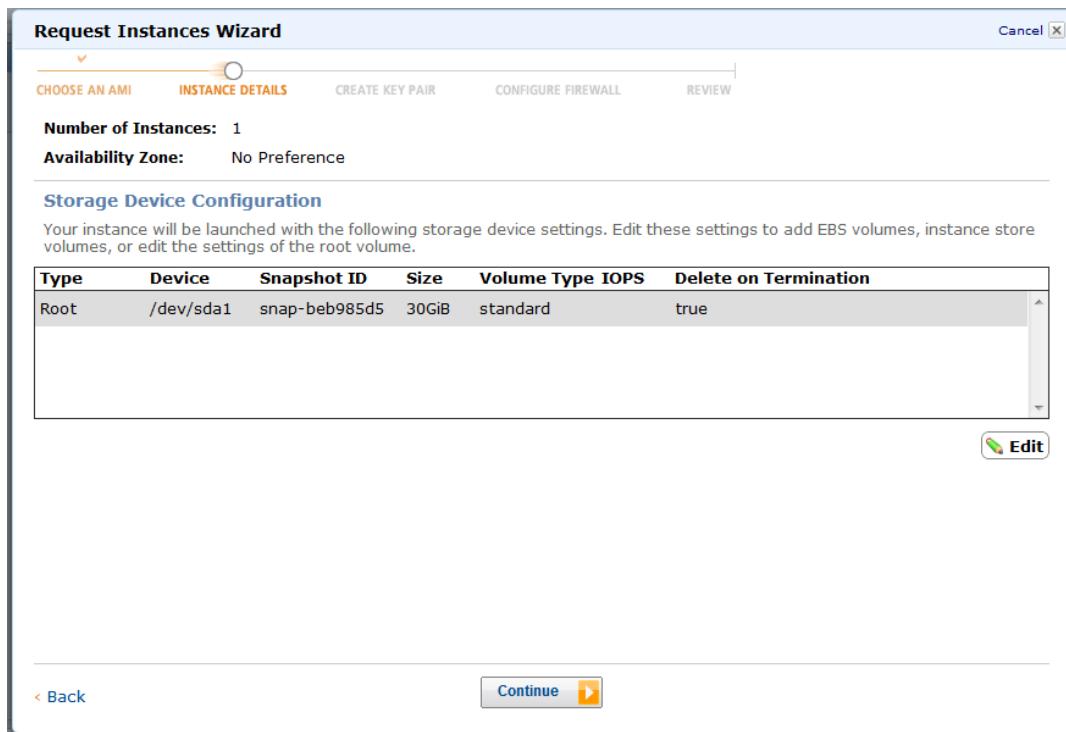
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 58 - Detalles de la instancia a crear.

Colocar el nombre para identificar a la instancia (Fig. 59).

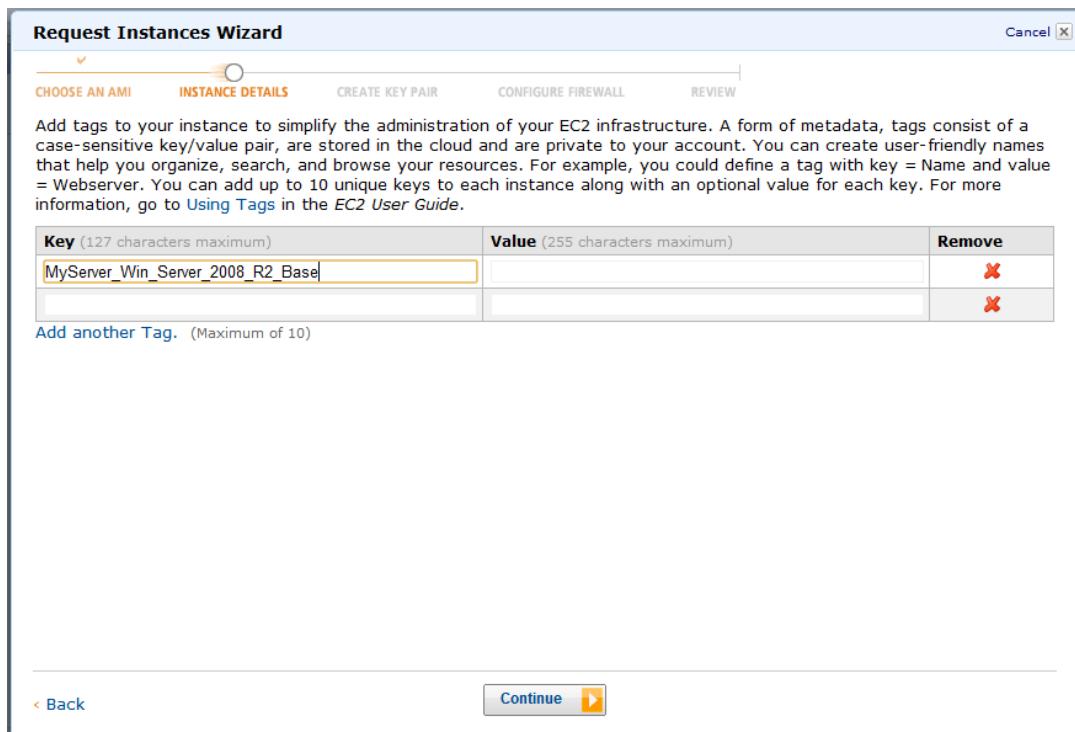


Fig. 59 - Nombre de identificación de la instancia.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

El paso siguiente es uno de los más importantes, consiste en descargar un archivo .perm, el cual se utilizará después para obtener la contraseña de conexión remota. Completar el campo número 1, con el nombre que se dará al archivo .perm. Luego click en “Create & Download your Key Pair”, se descargará el archivo .perm, el cual se debe guardar en un lugar seguro a fin de no extraviarlo, puesto que sin él no se podrá generar la contraseña de acceso remoto. (Fig. 60)

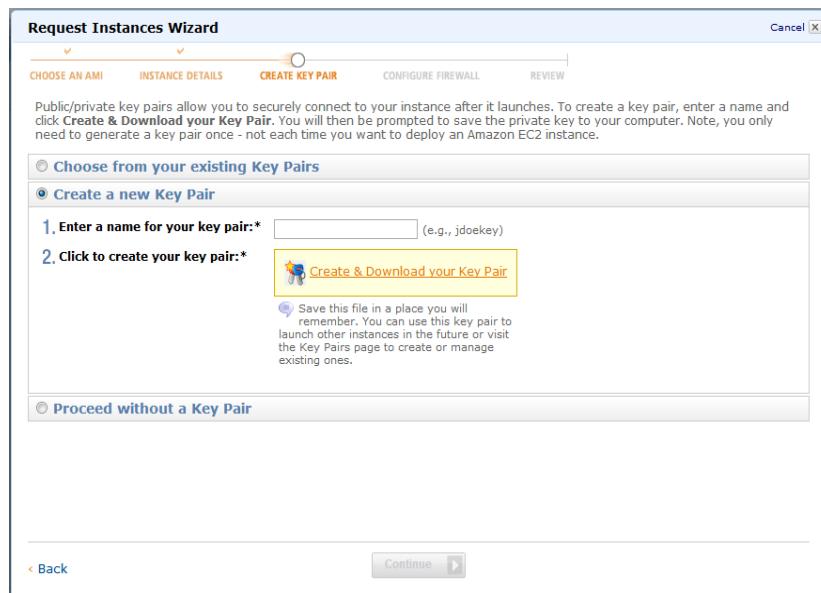


Fig. 60 - Creación y descarga del Key Pair.

La siguiente pantalla (Fig. 61) permite configurar las opciones de seguridad de la instancia, por ej. Apertura de puertos, reglas de los mismos. En este paso seleccionar “default”, puesto que se configurará más adelante.

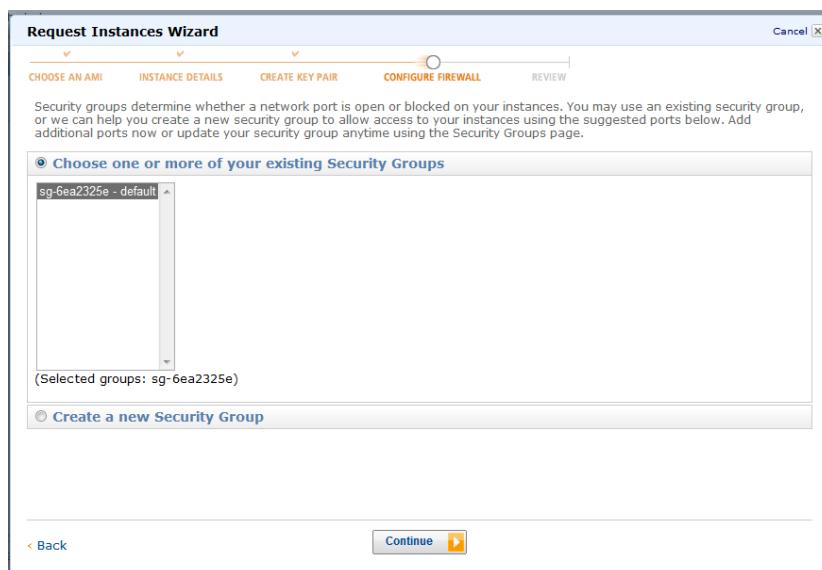


Fig. 61 - Opciones de configuración de seguridad.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Se muestra un resumen de la creación de la instancia (Fig. 62), click en “Launch”.

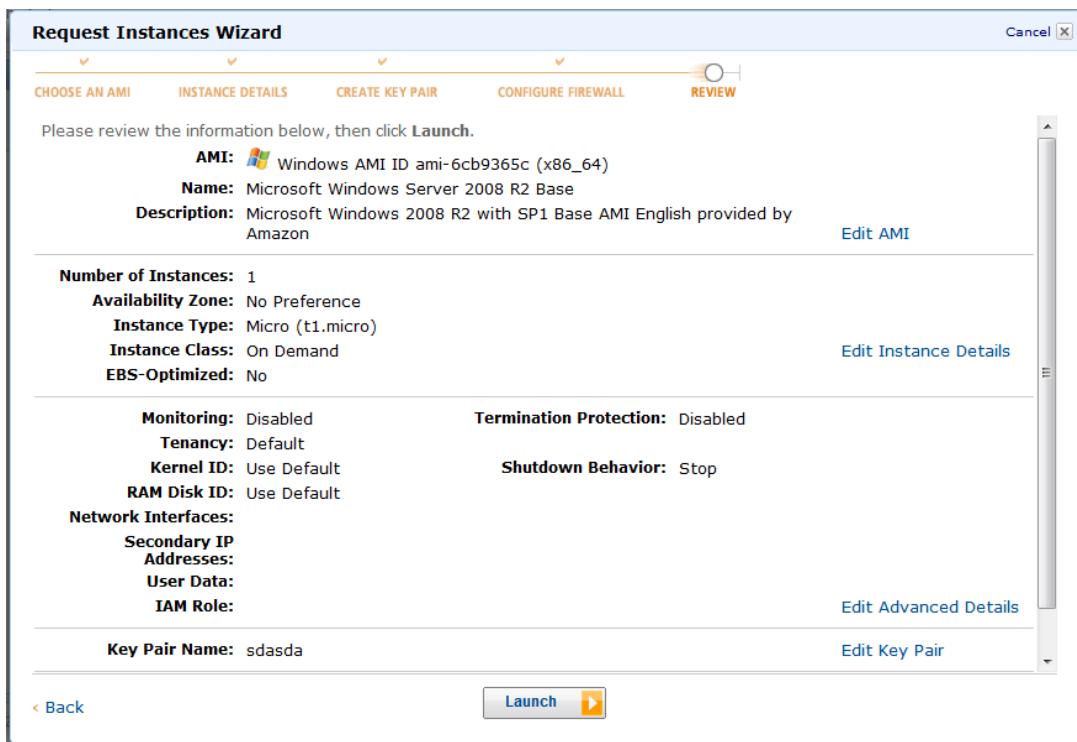


Fig. 62 - Resumen de la creación de la instancia.

La instancia ya fue creada exitosamente (Fig. 63), click en “Close”.

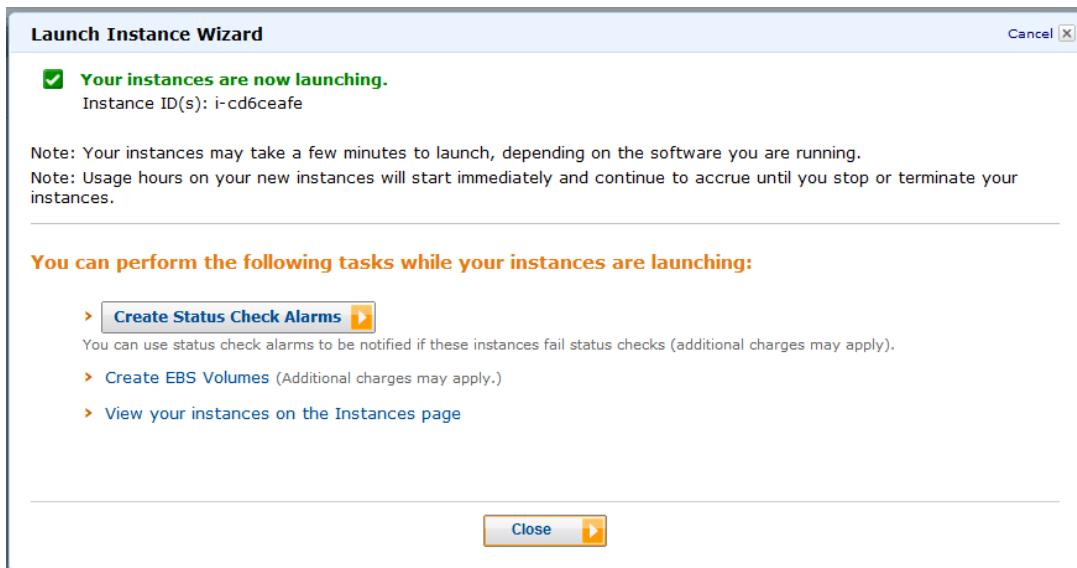


Fig. 63 - Creación exitosa de la instancia.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Al cerrarse el asistente de creación de instancia, se muestra el panel de administración (Fig. 64), mostrando la instancia recién creada. Ahora se debería conectar en forma remota al servidor/instancia creado, para ello se debe inicialmente obtener una contraseña de acceso mediante el archivo .perm que se descargó previamente. Hacer un click derecho sobre la instancia (Fig. 65), y elegir “Get Windows Password”.

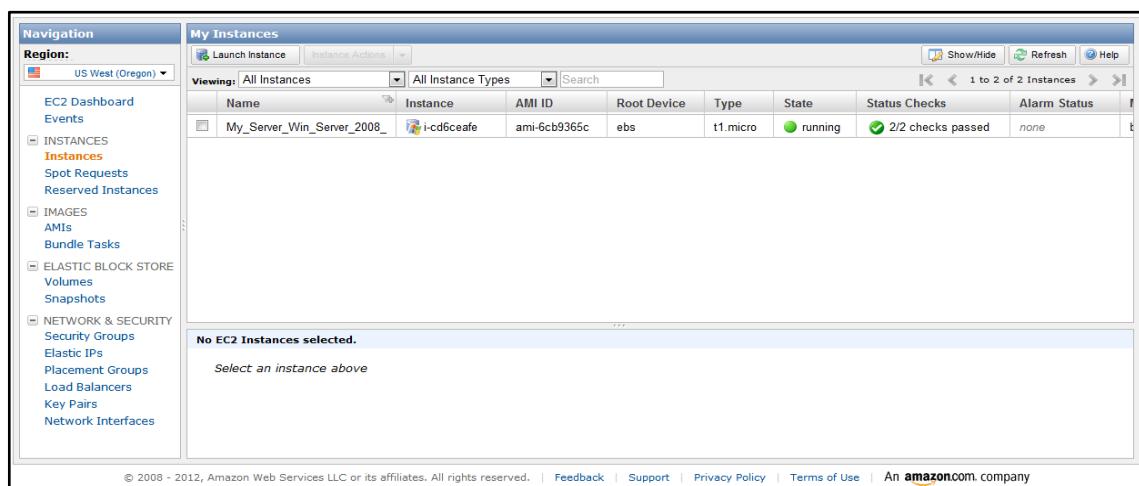


Fig. 64 - Panel de administración.

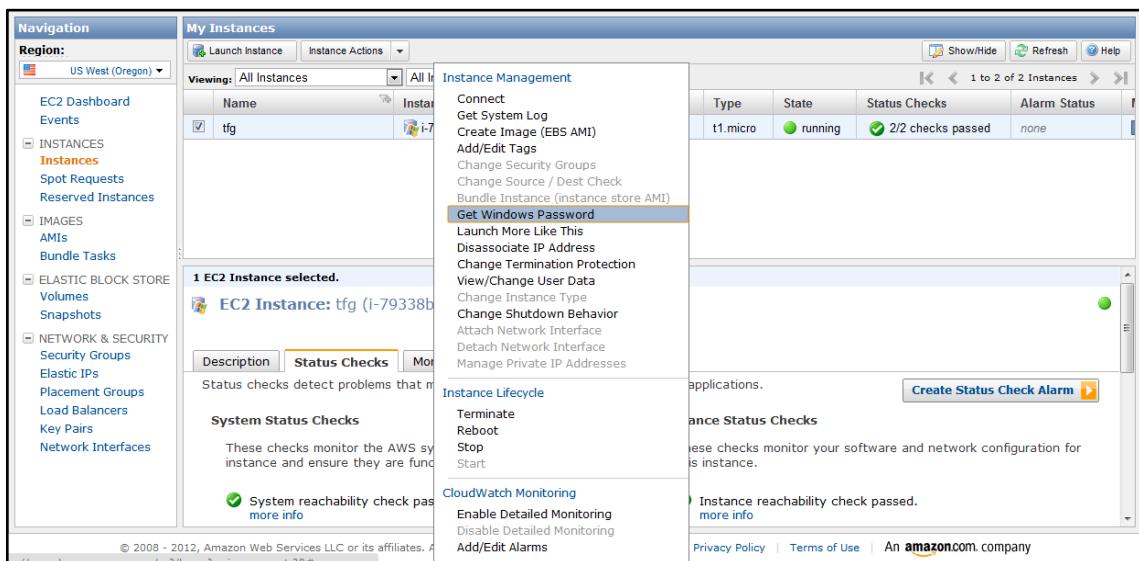


Fig. 65 - Selección de instancia.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Se abrirá una nueva ventana (Fig. 66) en la cual se solicita el ingreso del archivo .perm que se descargó previamente, click en “Seleccionar archivo” y localizar el mismo.



Fig. 66 - Ingreso del archivo .perm

Click en “Decrypt Password” (Fig. 67), y se genera el password de conexión remota (Fig. 68), almacenarlo en un lugar seguro puesto que se necesitará cada vez que se desee conectar al servidor.

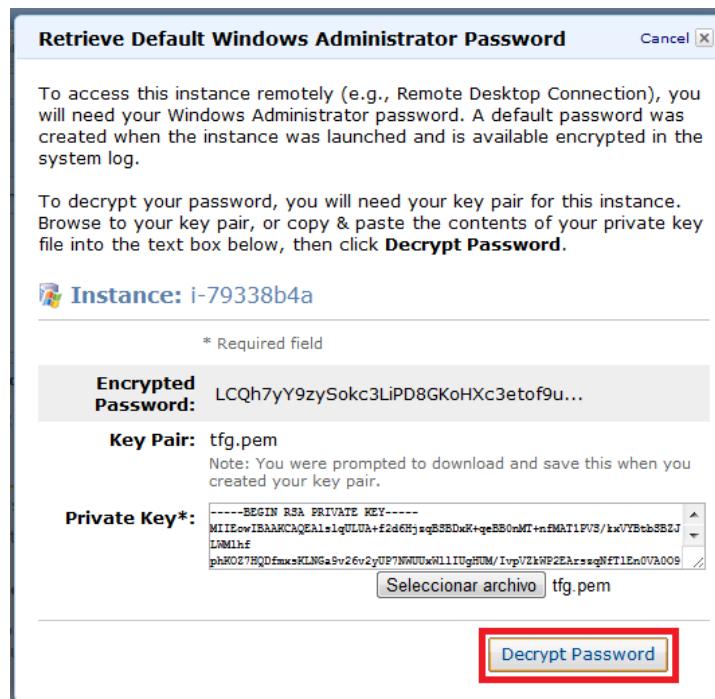


Fig. 67 - Generación de password de conexión remota.

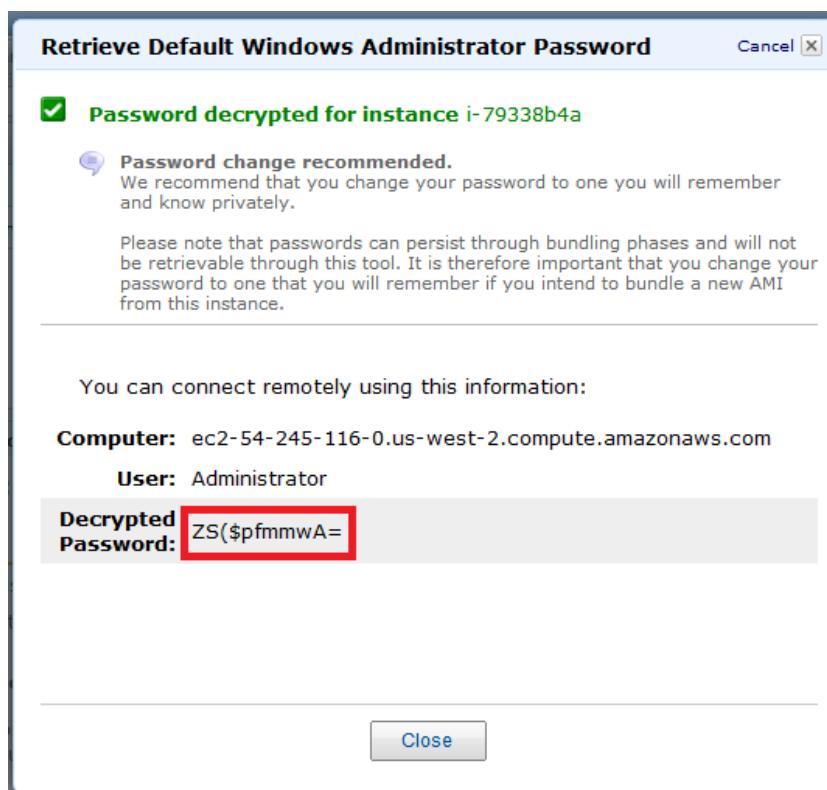
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 68 - Información del password.

De regreso a la consola de administración (Fig. 69), nuevamente click derecho sobre la instancia y seleccionar “Connect”.

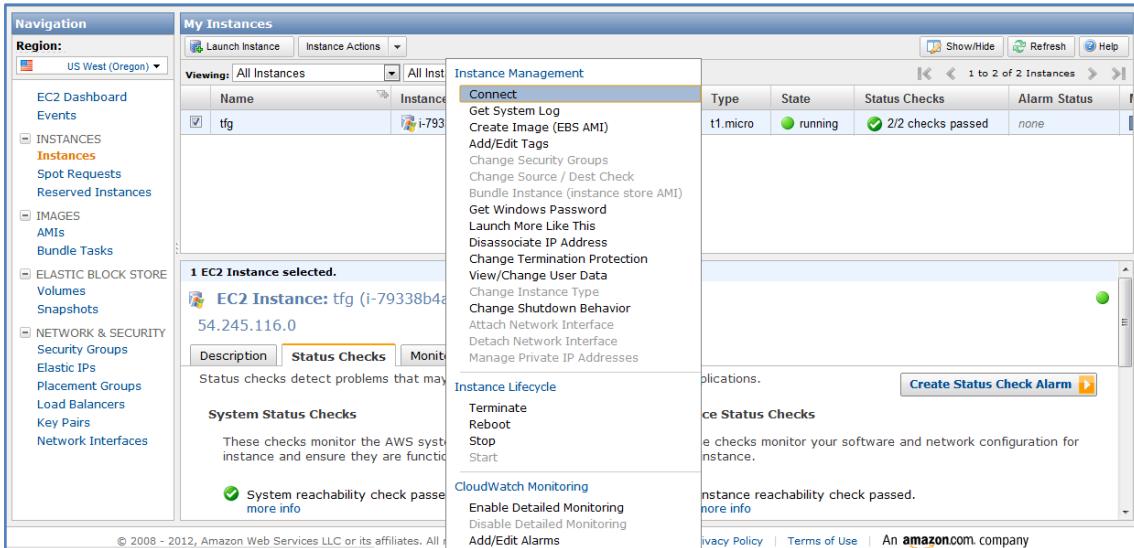


Fig. 69 - Consola de administración, selección de instancia.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Se abrirá una nueva ventana solicitando la descarga del acceso directo de conexión remota al servidor (Fig. 70). Descargar el acceso directo.



Fig. 70 - Descarga de acceso directo de conexión remota.

La imagen del acceso descargado es como muestra la Fig. 71, ahora solo resta conectarse al servidor.



Fig. 71 – Acceso descargado

Se solicitará la contraseña que se ha obtenido previamente, se digita la misma y ya se ingresa al servidor Amazon CE2 (Fig. 72).

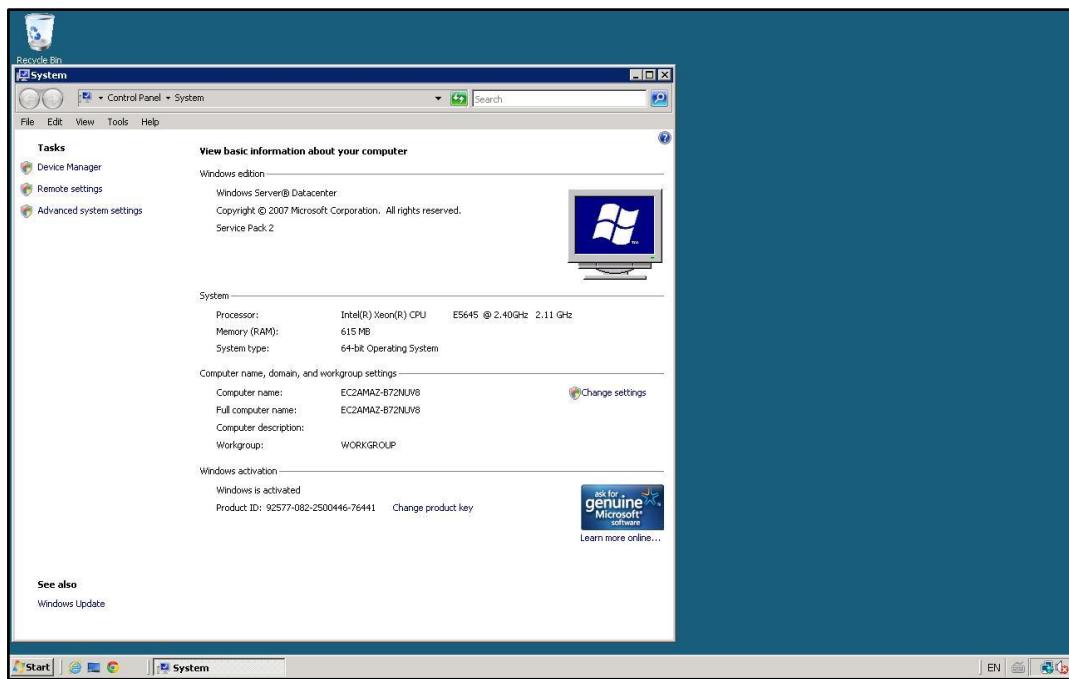
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 72 – Características del servidor visualizado a través de la conexión remota.

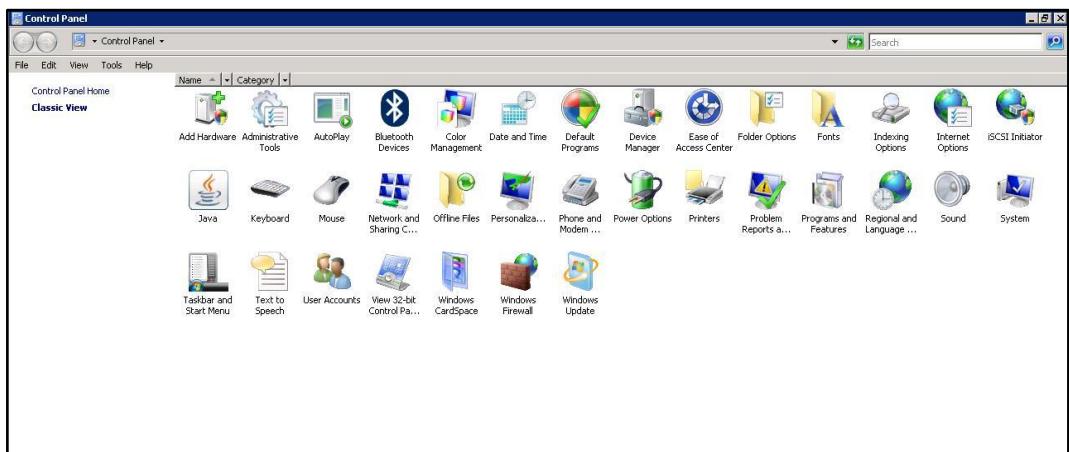


Fig. 73 - Panel de control visualizado a través de la conexión remota.

Cabe destacar que las opciones de configuración elegidas en esta guía, fueron con el fin de no generar costos adicionales, se pueden aumentar los recursos de las instancias, como memoria, almacenamiento, procesamiento, etc. Para este caso, las opciones que ofrece Amazon EC2 free se adaptan perfectamente a la necesidad. Para más información sobre las características del servicio Amazon CE2:

<http://aws.amazon.com/es/ec2/#details> y documentación:

<http://docs.amazonwebservices.com/AWSEC2/latest/WindowsGuide/Welcome.html>

3.2.2.2 Instalación y configuración del OpenGTS

La guía de instalación y configuración del OpenGTS que a continuación se presenta, fue desarrollada por los tesis, pretende complementar (a la guía original) y hacer más sencilla la instalación y configuración, además de crearlo en idioma español y con gráficos más fáciles de interpretar, permite reproducir exactamente todos los procedimientos (paso por paso) a realizar para su puesta en funcionamiento. Para realizar la misma se tomó como base la guía del sitio web oficial http://www.opengts.org/OpenGTS_Config.pdf.

El sistema operativo utilizado para la instalación en el “servidor local” es Windows XP Professional SP3 y en el “servidor amazon” Windows Server 2008 Datacenter Service Pack 2, la guía fue aplicada y ejecutada con éxito en ambos sistemas operativos. En la Fig. 74 se esquematiza el orden del procedimiento de instalación y configuración, además de sus respectivos componentes.

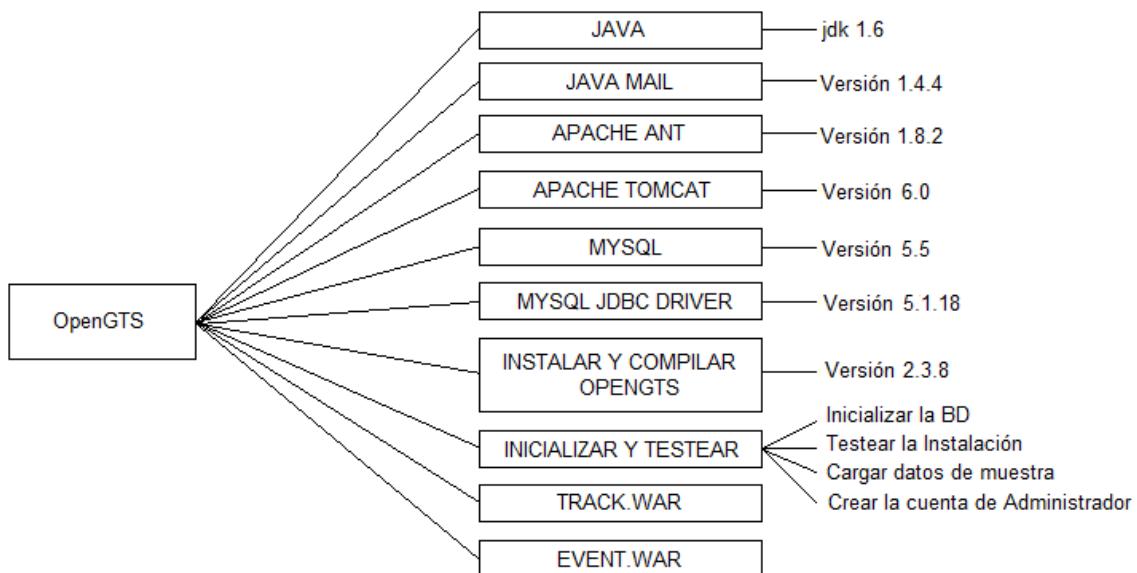


Fig. 74 - Esquema de instalación y configuración del OpenGTS.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

A continuación se presentan los pasos a seguir:

1) Instalar el JDK6.xx

- Configurar nueva variable de sistema (Fig. 75):
 - Nombre de variable: JAVA_HOME
 - Valor de variable: C:\Archivos de Programa\Java\jdk1.6.0_26
(directorio donde está instalado java)
- Modificar la variable del sistema (Path – Fig. 76) :
 - Nombre de variable: Path
 - Valor de variable: %JAVA_HOME%\bin;%PATH%
 - Obs.: Colocar el %JAVA_HOME%\bin antes de
%SYSTEMROOT%\system32

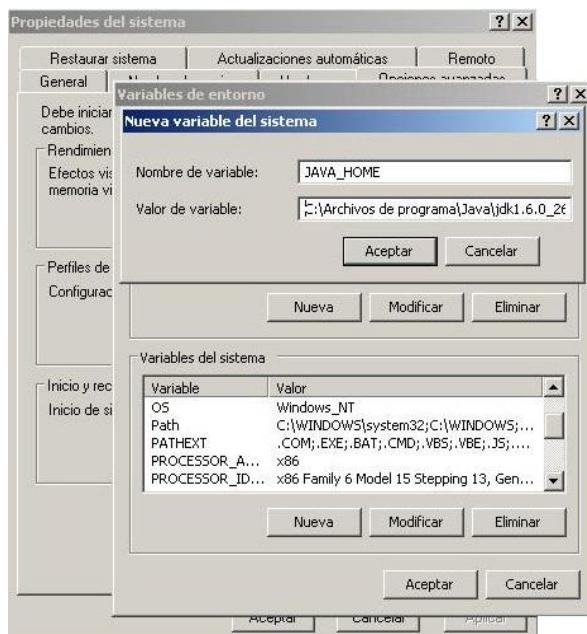


Fig. 75 - Nueva variable del sistema.

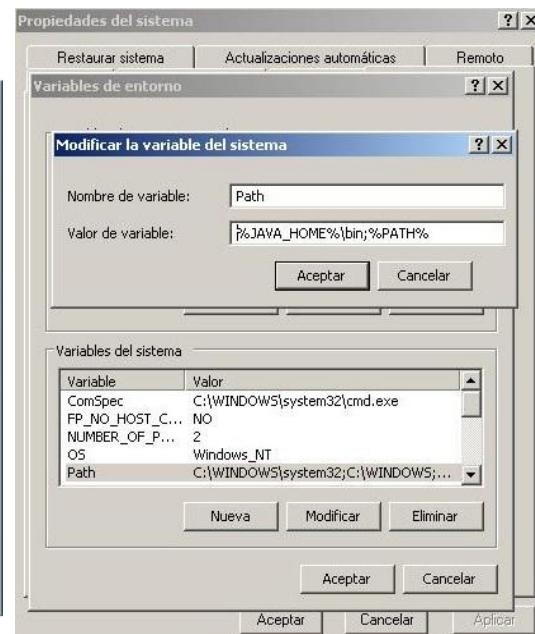
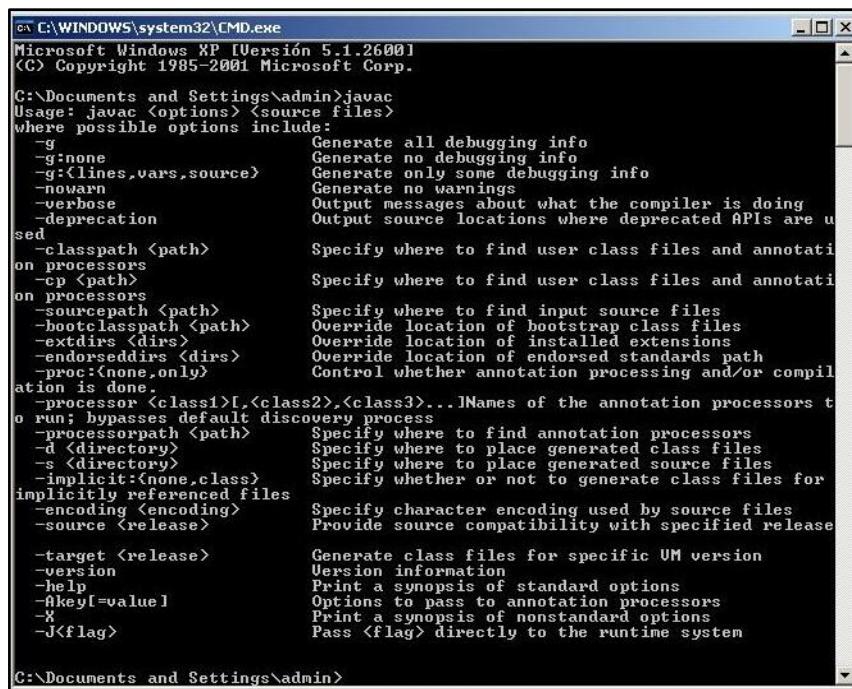


Fig. 76 - Modificación de la variable Path.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Probar si se instaló correctamente el java:
 - Desde la línea de comando ejecutar javac.
 - Se debería obtener un resultado como la Fig. 77.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\admin>javac
Usage: javac <options> <source files>
where possible options include:
  -g                         Generate all debugging info
  -g:none                     Generate no debugging info
  -g:{lines,vars,source}       Generate only some debugging info
  -nowarn                     Generate no warnings
  -verbose                    Output messages about what the compiler is doing
  -deprecation               Output source locations where deprecated APIs are u
sed
  -classpath <path>           Specify where to find user class files and annotati
on processors
  -cp <path>                  Specify where to find user class files and annotati
on processors
  -sourcepath <path>          Specify where to find input source files
  -bootclasspath <path>       Override location of bootstrap class files
  -extdirs <dirs>             Override location of installed extensions
  -endorseddirs <dirs>        Override location of endorsed standards path
  -proc:{none,only}            Control whether annotation processing and/or compil
ation is done.
  -processor <class1>[,<class2>,<class3>...]Names of the annotation processors t
o run; bypasses default discovery process
  -processorpath <path>        Specify where to find annotation processors
  -d <directory>              Specify where to place generated class files
  -s <directory>              Specify where to place generated source files
  -implicit:{none,class}      Specify whether or not to generate class files for
implicitly referenced files
  -encoding <encoding>         Specify character encoding used by source files
  -source <release>            Provide source compatibility with specified release
  -target <release>            Generate class files for specific VM version
  -version                     Version information
  -help                        Print a synopsis of standard options
  -Xkey[=value]                Options to pass to annotation processors
  -X                          Print a synopsis of nonstandard options
  -J<flag>                   Pass <flag> directly to the runtime system

C:\Documents and Settings\admin>

```

Fig. 77 - Prueba de correcta instalación de Java.

2) Instalar el JavaMail Support

- Descomprimir el archivo mail.jar (Fig. 78)

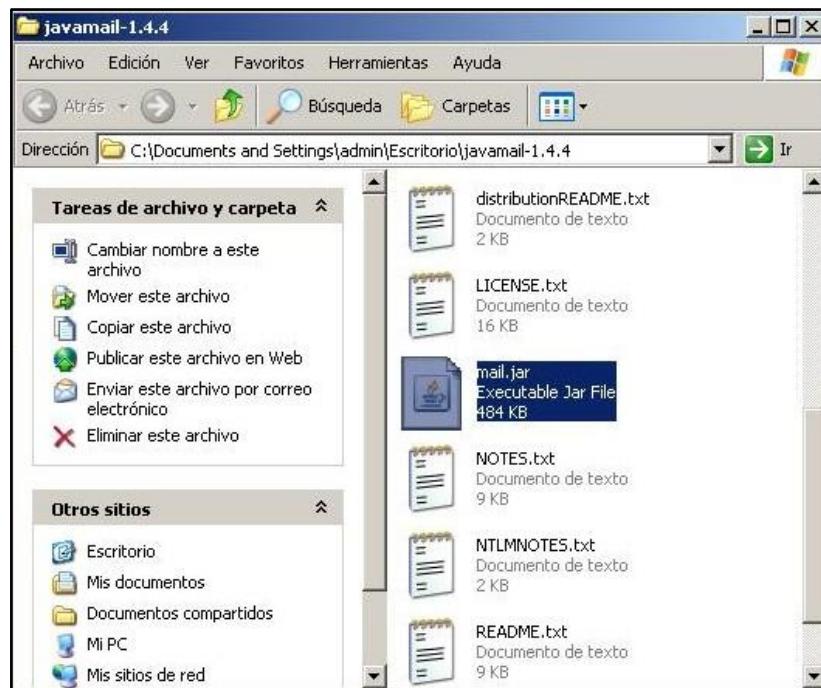


Fig. 78 - Ubicación del archivo mail.jar

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Copiar el archivo mail.jar dentro del directorio JAVA_HOME\jre\lib\ext

Obs.: JAVA_HOME = C:\Archivos de Programa\Java\jdk1.6.0_26 (Fig. 79)

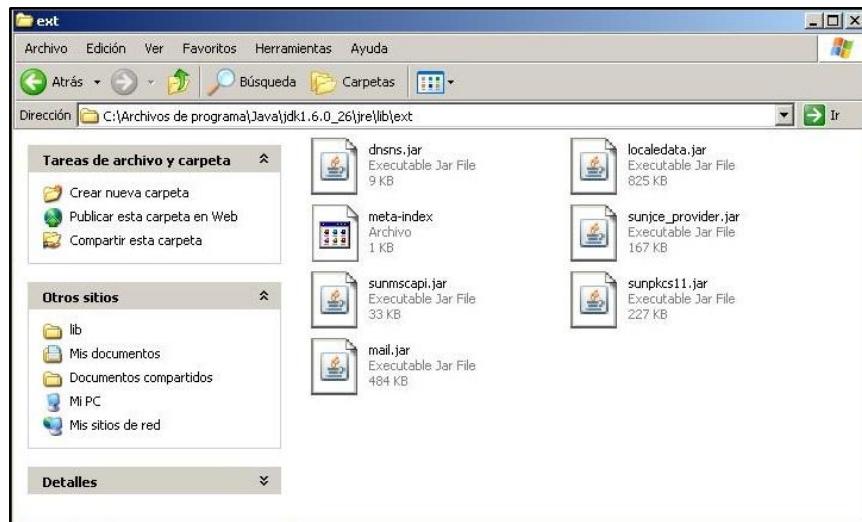


Fig. 79 - Copia del archivo mail.jar

3) Instalar Apache "Ant":

- Descomprimir el archivo apache-ant-1.8.2-bin.zip
- Renombrar la carpeta extraída a = apache-ant
- Crear una carpeta en C: llamada Apache
- Copiar la carpeta apache-ant dentro de la carpeta creada (C:\Apache)
- Crear una nueva variable de sistema (Fig. 80):
 - Nombre de variable: ANT_HOME
 - Valor de variable: C:\Apache\apache-ant

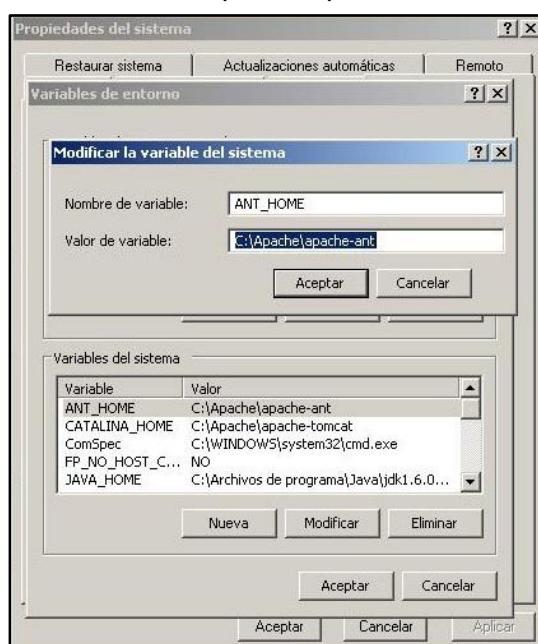


Fig. 80 - Variable del sistema ANT_HOME

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

4) Instalar Apache Tomcat Servlet Container:

- Descomprimir el archivo apache-tomcat-6.0.33.-windows-x86.zip
- Renombrar la carpeta extraída a = apache-tomcat
- Copiar la carpeta apache-tomcat dentro de la carpeta creada (C:\Apache – Fig. 81)



Fig. 81 - Ubicación de la carpeta de Apache.

- Crear una nueva variable de sistema (Fig. 82):
 - Nombre de variable: CATALINA_HOME
 - Valor de variable: C:\Apache\apache-tomcat

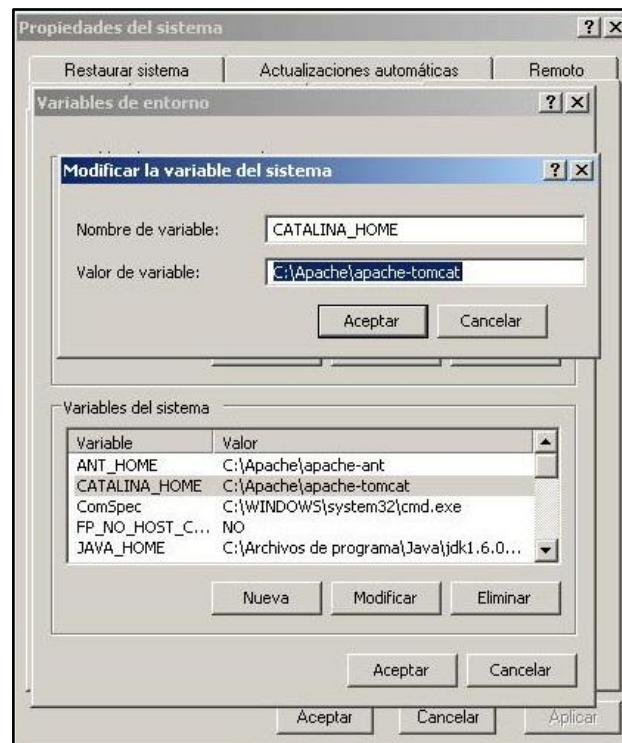


Fig. 82 - Variable del sistema CATALINA_HOME

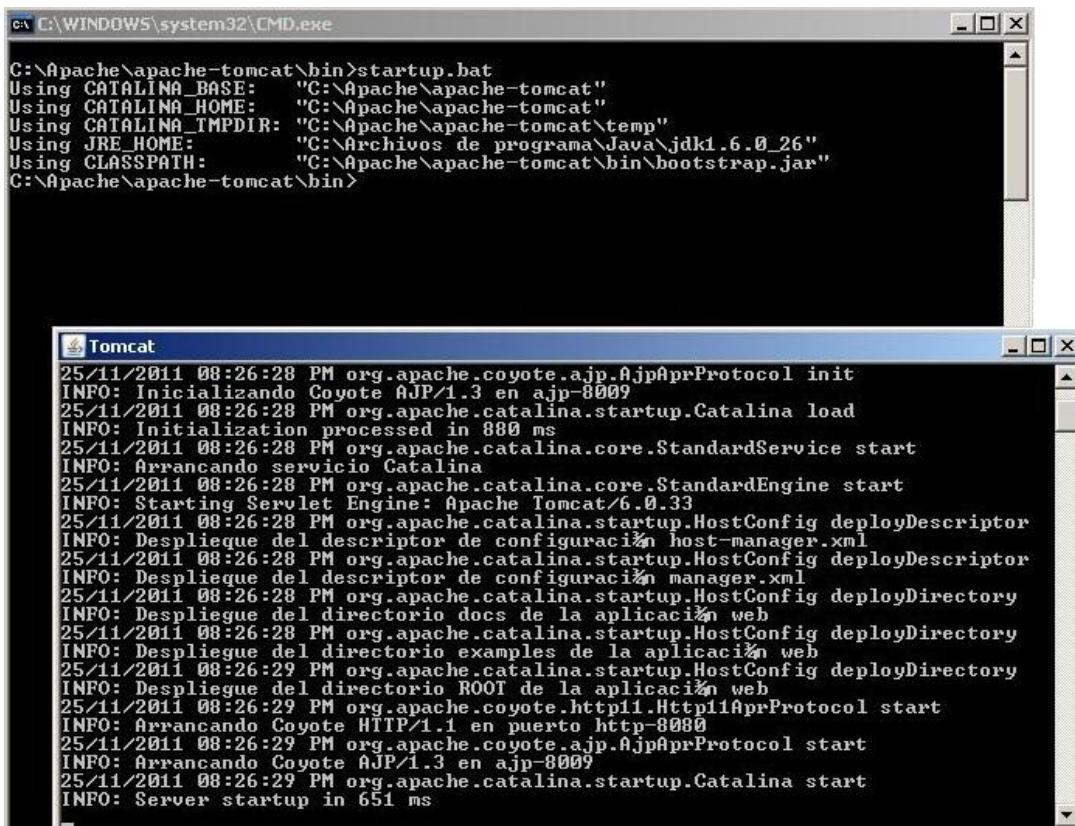
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Probar si se instaló correctamente el tomcat:

- Desde la línea de comando ir a:

C:\Apache\apache-tomcat\bin>startup.bat

- Se debería obtener un resultado como la Fig. 83.



The image shows two windows side-by-side. The top window is a command prompt titled 'C:\WINDOWS\system32\cmd.exe' with the title bar 'CMD'. It contains the command 'C:\Apache\apache-tomcat\bin>startup.bat' and its output, which includes environment variable settings like CATALINA_BASE, CATALINA_HOME, CATALINA_TMPDIR, JRE_HOME, and CLASSPATH, followed by the path 'C:\Apache\apache-tomcat\bin>'. The bottom window is titled 'Tomcat' and contains the log output from the startup process. The log starts with initialization parameters and then proceeds through various Catalina and StandardService logs, including engine startup, host configuration deployment, and protocol startup (HTTP/1.1 and AJP/1.3). The log concludes with a total startup time of 651 ms.

```
C:\Apache\apache-tomcat\bin>startup.bat
Using CATALINA_BASE:      "C:\Apache\apache-tomcat"
Using CATALINA_HOME:      "C:\Apache\apache-tomcat"
Using CATALINA_TMPDIR:    "C:\Apache\apache-tomcat\temp"
Using JRE_HOME:           "C:\Archivos de programa\Java\jdk1.6.0_26"
Using CLASSPATH:          "C:\Apache\apache-tomcat\bin\bootstrap.jar"
C:\Apache\apache-tomcat\bin>

Tomcat
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.coyote.ajp.AjpAprProtocol init
INFO: Inicializando Coyote AJP/1.3 en ajp-8009
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.startup.Catalina load
INFO: Initialization processed in 880 ms
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.core.StandardService start
INFO: Arrancando servicio Catalina
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.core.StandardEngine start
INFO: Starting Servlet Engine: Apache Tomcat/6.0.33
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.startup.HostConfig deployDescriptor
INFO: Despliegue del descriptor de configuración host-manager.xml
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.startup.HostConfig deployDescriptor
INFO: Despliegue del descriptor de configuración manager.xml
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.startup.HostConfig deployDirectory
INFO: Despliegue del directorio docs de la aplicación web
25/11/2011 08:26:28 PM org.apache.catalina.startup.HostConfig deployDirectory
INFO: Despliegue del directorio examples de la aplicación web
25/11/2011 08:26:29 PM org.apache.catalina.startup.HostConfig deployDirectory
INFO: Despliegue del directorio ROOT de la aplicación web
25/11/2011 08:26:29 PM org.apache.coyote.http11.Http11AprProtocol start
INFO: Arrancando Coyote HTTP/1.1 en puerto http-8080
25/11/2011 08:26:29 PM org.apache.coyote.ajp.AjpAprProtocol start
INFO: Arrancando Coyote AJP/1.3 en ajp-8009
25/11/2011 08:26:29 PM org.apache.catalina.startup.Catalina start
INFO: Server startup in 651 ms
```

Fig. 83 - Prueba de instalación del Tomcat.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- 5) Instalar MySQL (para este caso se utilizo XAMPP por cuestión de posterior uso de otras herramientas dentro del trabajo de tesis)

- Crear una nueva variable de sistema (Fig. 84):
 - Nombre de variable: MYSQL_HOME
 - Valor de variable: C:\xampp\mysql

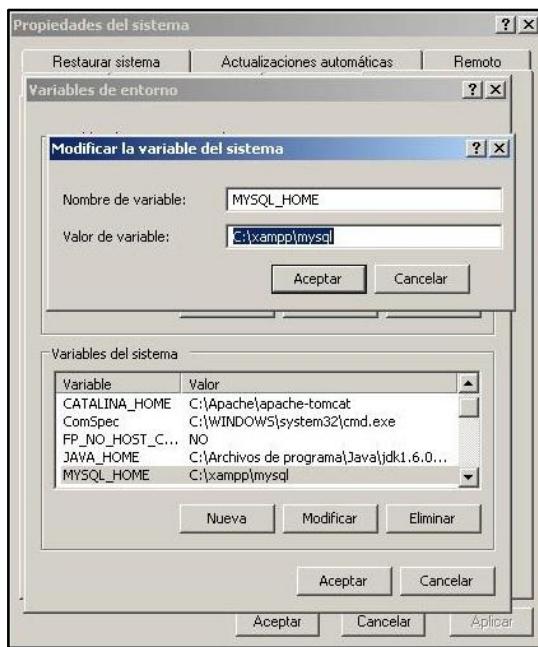


Fig. 84 - Variable del sistema MYSQL_HOME

- 6) Instalar MySQL JDBC Driver:

- Descomprimir el archivo mysql-connector-java-5.1.18.zip
- Copiar el archivo mysql-connector-java-5.1.18-bin.jar dentro de la carpeta: C:\Archivos de programa\Java\jdk1.6.0_26\jre\lib\ext (Fig. 85)

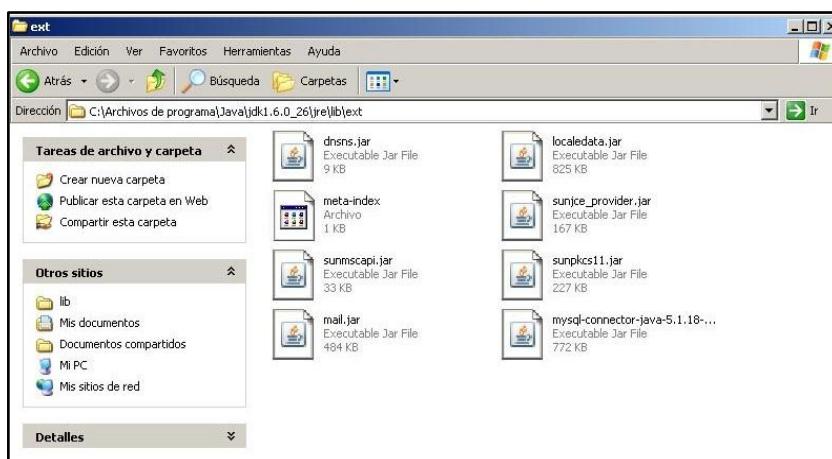


Fig. 85 - Ubicación del archivo mysql-connector-java-5.1.18-bin.jar

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

7) Instalar y Compilar el OpenGTS Source:

- Descomprimir el archivo OpenGTS_2.3.8.zip
- Renombrar la carpeta descomprimida a = OpenGTS
- Copiar la carpeta OpenGTS en C:\ (Fig. 86)



Fig. 86 - Ubicación de la carpeta OpenGTS.

- Crear una nueva variable de sistema (Fig. 87):

- Nombre de variable: GTS_HOME
- Valor de variable: C:\OpenGTS

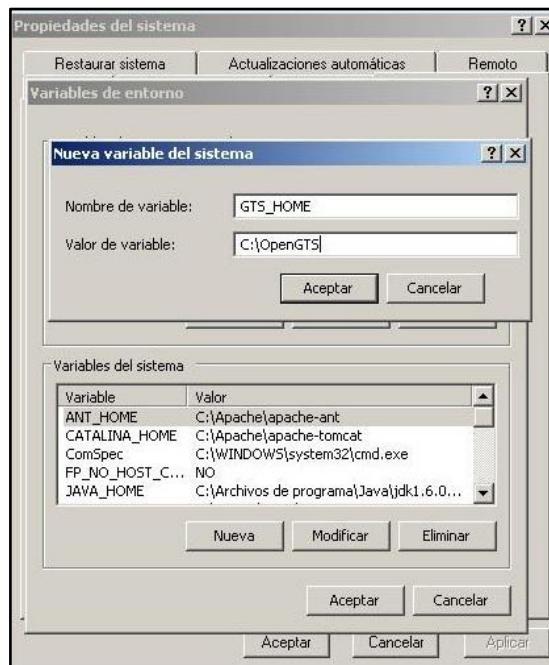


Fig. 87 - Variable del sistema GTS_HOME.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Modificar la variable del sistema (Path – Fig. 88) de manera que quede de la siguiente forma:

- Nombre de variable: Path

- Valor de variable:

%JAVA_HOME%\bin;%MYSQL_HOME%\bin;%ANT_HOME%\bin;%PATH%

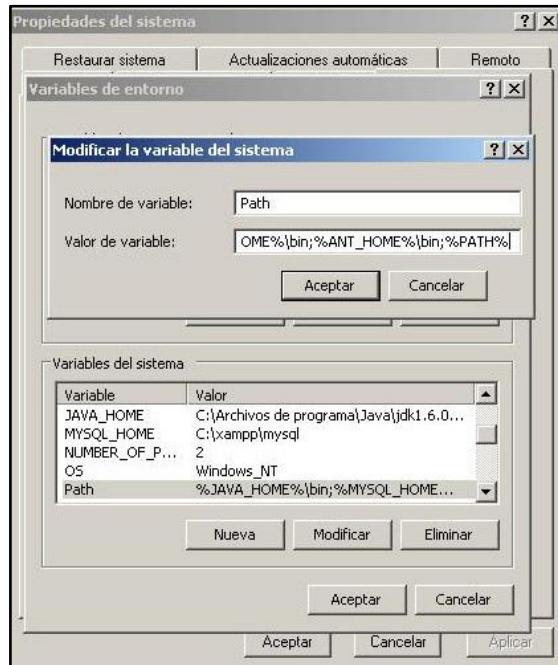


Fig. 88 - Modificación de la variable del sistema PATH.

- Compilar los archivos de la librería GTS:

- Desde la línea de comando, ir a C:\OpenGTS>ant all

- Se debería obtener un resultado como la Fig. 89.

```

tjavac] Compiling 2 source files to C:\OpenGTS\build\gpsmapper\WEB-INF\classes
es
[javac] Creating empty C:\OpenGTS\build\gpsmapper\WEB-INF\classes\org\opengts\
s\war\gpsmapper\package-info.class
[copy] Copying 5 files to C:\OpenGTS\build\gpsmapper\WEB-INF
[copy] Copying 1 file to C:\OpenGTS\build\gpsmapper
[copy] Copying 2 files to C:\OpenGTS\build\gpsmapper\WEB-INF
[copy] Warning: C:\OpenGTS\clients\gts\private does not exist.

gpsmapper.war:
[echo] Creating 'gpsmapper.war' archive ...
[war] Building war: C:\OpenGTS\build\gpsmapper.war

gpsmapper:
[echo] 'gpsmapper.war' created.

compile.servlets:
[echo] Servlet/War file compiled ...

compile:
[echo] Libraries compiled ...

all:
[echo] Build 'all' complete.

BUILD SUCCESSFUL
Total time: 22 seconds
C:\OpenGTS>

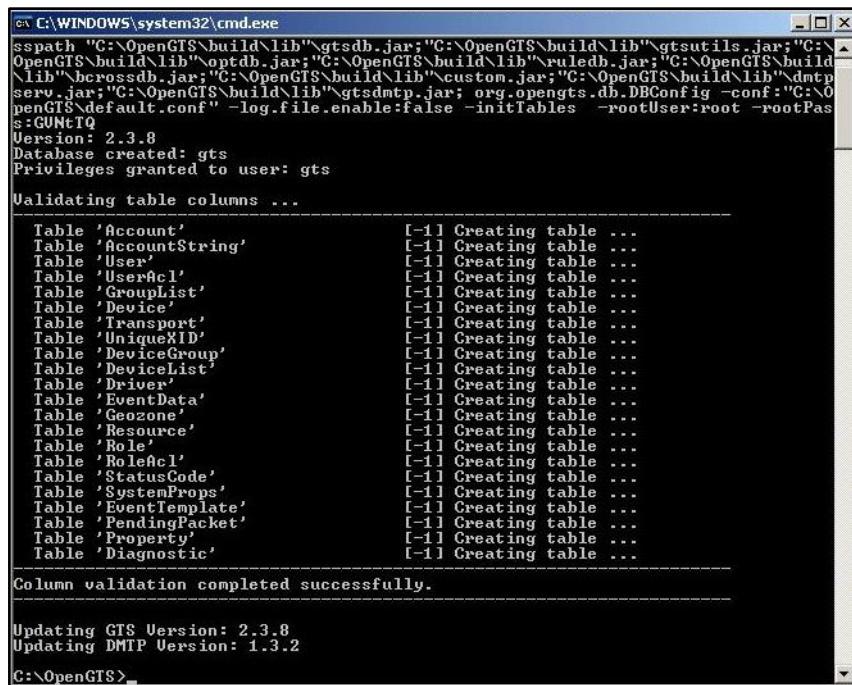
```

Fig. 89 - Compilación de la librería GTS.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**8) Inicialización y Testeo****8.1) Desde la línea de comando ir a:**

```
C:\OpenGTS>bin\initdb.bat -rootUser:root -rootPass:GVNtTQ
```

- Se debería obtener un resultado como la Fig. 90.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
sspath "C:\OpenGTS\build\lib\gtsdb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\gtsutils.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\optdb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\ruledb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\bcrossdb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\custom.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\dmtpserv.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\gtsdmt.jar;" org.openpts.db.DBConfig -conf:"C:\OpenGTS\default.conf" -log.file.enable:false -initTables -rootUser:root -rootPass:GVNtTQ
Version: 2.3.8
Database created: gts
Privileges granted to user: gts
Validating table columns ...
Table 'Account' [-1] Creating table ...
Table 'AccountString' [-1] Creating table ...
Table 'User' [-1] Creating table ...
Table 'UserAc1' [-1] Creating table ...
Table 'GroupList' [-1] Creating table ...
Table 'Device' [-1] Creating table ...
Table 'Transport' [-1] Creating table ...
Table 'UniqueXID' [-1] Creating table ...
Table 'DeviceGroup' [-1] Creating table ...
Table 'DeviceList' [-1] Creating table ...
Table 'Driver' [-1] Creating table ...
Table 'EventData' [-1] Creating table ...
Table 'Gezone' [-1] Creating table ...
Table 'Resource' [-1] Creating table ...
Table 'Role' [-1] Creating table ...
Table 'RoleAc1' [-1] Creating table ...
Table 'StatusCode' [-1] Creating table ...
Table 'SystemProps' [-1] Creating table ...
Table 'EventTemplate' [-1] Creating table ...
Table 'PendingPacket' [-1] Creating table ...
Table 'Property' [-1] Creating table ...
Table 'Diagnostic' [-1] Creating table ...
Column validation completed successfully.

Updating GTS Version: 2.3.8
Updating DMIP Version: 1.3.2
C:\OpenGTS>

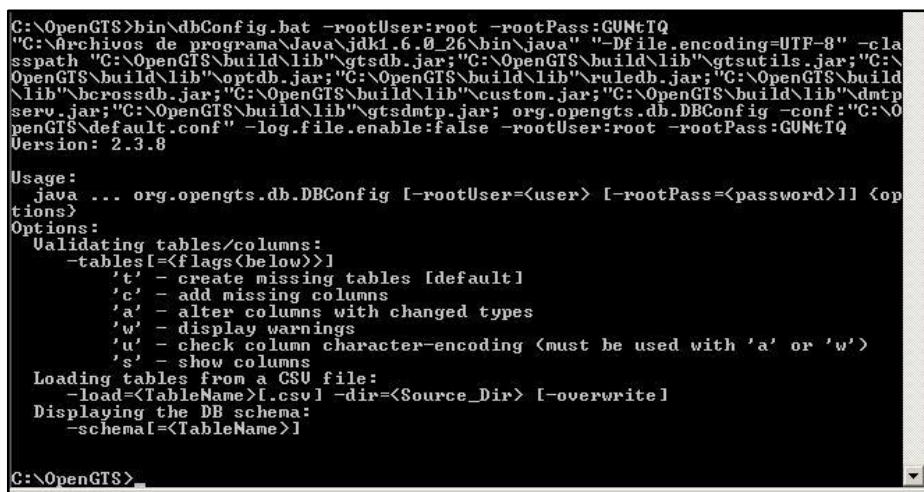
```

Fig. 90 - Resultado de la ejecución del archivo initdb.bat

- Ejecutar:

```
C:\OpenGTS>bin\dbConfig.bat -rootUser:root -rootPass:GVNtTQ
```

- Se debería obtener un resultado como la Fig. 91.



```

C:\OpenGTS>bin\dbConfig.bat -rootUser:root -rootPass:GVNtTQ
'C:\Archivos de programa\Java\jdk1.6.0_26\bin\java' "-Dfile.encoding=UTF-8" -classpath "C:\OpenGTS\build\lib\gtsdb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\gtsutils.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\optdb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\ruledb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\bcrossdb.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\custom.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\dmtpserv.jar;" "C:\OpenGTS\build\lib\gtsdmt.jar;" org.openpts.db.DBConfig -conf:"C:\OpenGTS\default.conf" -log.file.enable:false -rootUser:root -rootPass:GVNtTQ
Version: 2.3.8

Usage:
  java ... org.openpts.db.DBConfig [-rootUser=<user> [-rootPass=<password>]] <options>
Options:
  Validating tables/columns:
    -tables[=<Flags<below>>]
      't' - create missing tables [default]
      'c' - add missing columns
      'a' - alter columns with changed types
      'w' - display warnings
      'u' - check column character-encoding (must be used with 'a' or 'w')
      's' - show columns
  Loading tables from a CSV file:
    -load=<TableName>[.csv] -dir=<Source_Dir> [-overwrite]
  Displaying the DB schema:
    -schema[=<TableName>]

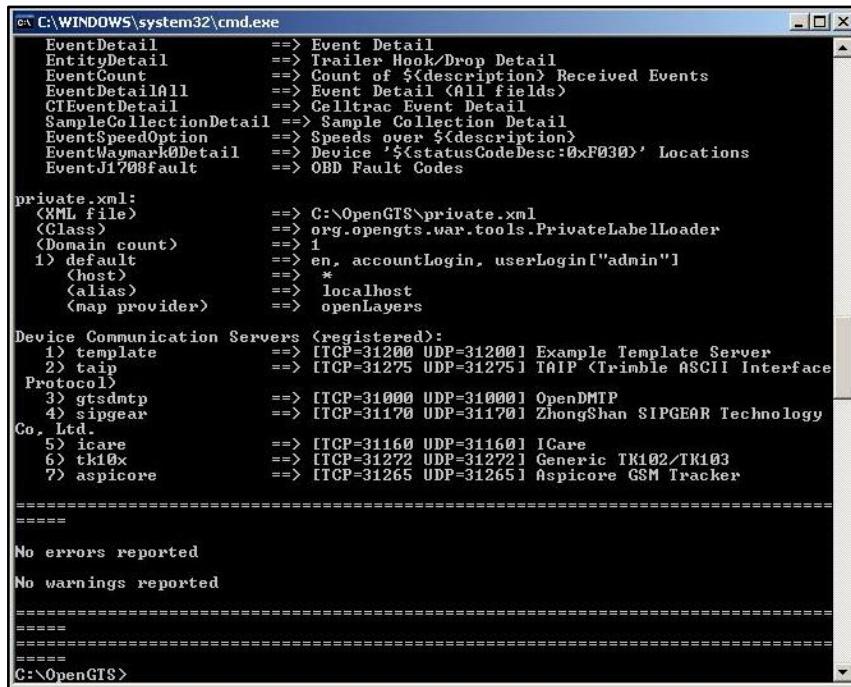
C:\OpenGTS>

```

Fig. 91 - Resultado de la ejecución del archivo dbConfig.bat

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**8.2) Testear la instalación**

- Ejecutar: C:\OpenGTS>bin\checkInstall.bat
- Se debería obtener un resultado como la Fig. 92.



```

c:\ C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
EventDetail      ==> Event Detail
EntityDetail     ==> Trailer Hook/Drop Detail
EventCount       ==> Count of ${description} Received Events
EventDetailAll   ==> Event Detail <All fields>
CTEventDetail    ==> Celltrac Event Detail
SampleCollectionDetail ==> Sample Collection Detail
EventSpeedOption ==> Speeds over ${description}
EventWaymark0Detail ==> Device '${statusCodeDesc:0xF030}' Locations
EventJ1708fault  ==> OBD Fault Codes

private.xml:
<XML file>          ==> C:\OpenGTS\private.xml
<Class>              ==> org.opengts.var.tools.PrivateLabelLoader
<Domain count>       ==> 1
1> default           ==> en, accountLogin, userLogin["admin"]
<host>               ==> *
<alias>              ==> localhost
<map provider>       ==> openLayers

Device Communication Servers <registered>:
1> template          ==> [TCP=31200 UDP=31200] Example Template Server
2> taip               ==> [TCP=31275 UDP=31275] TAIP <Trimble ASCII Interface
Protocol>
3> gtsdmtp          ==> [TCP=31000 UDP=31000] OpenDMTP
4> sipgear            ==> [TCP=31170 UDP=31170] ZhongShan SIPGEAR Technology
Co., Ltd.
5> icare              ==> [TCP=31160 UDP=31160] ICare
6> tk10x              ==> [TCP=31272 UDP=31272] Generic TK102/TK103
7> aspicore           ==> [TCP=31265 UDP=31265] Aspicore GSM Tracker

=====
=====
No errors reported
No warnings reported
=====
=====
=====
C:\OpenGTS>

```

Fig. 92 - Resultado de la ejecución del archivo checkInstall.bat

8.3) Cargar datos de muestra:

- Ver el archivo README.txt que se encuentra en
C:\OpenGTS\sampleData
- Desde la línea de comando ejecutar:
 - C:\OpenGTS>bin\admin.bat Account –account:demo –nopass –create
Resultado = Created Account-ID: demo
 - C:\OpenGTS>bin\admin.bat Device -account:demo -device:demo -create
Resultado = Created Device: demo/demo
 - C:\OpenGTS>bin\admin.bat Device -account:demo -device:demo2 -create
Resultado = Created Device: demo/demo2
 - C:\OpenGTS>bin\dbConfig.bat -load:EventData -dir:./sampleData
 - Ir a: C:\OpenGTS y editar el archivo private.xml

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**8.4) Crear la cuenta administrador:**

- C:\OpenGTS>bin\admin.bat Account -account:sysadmin -pass:admin –create

Resultado = Created Account-ID: sysadmin

9) Instalar track.war:

- En la línea de comando ejecutar C:\OpenGTS>ant track

- Copiar el archivo track.war que se encuentra en C:\OpenGTS\build
(Fig. 93)



Fig. 93 - Ubicación del archivo track.war

- Ir a C:\Apache\apache-tomcat\webapps y pegar el track.war (Fig. 94)

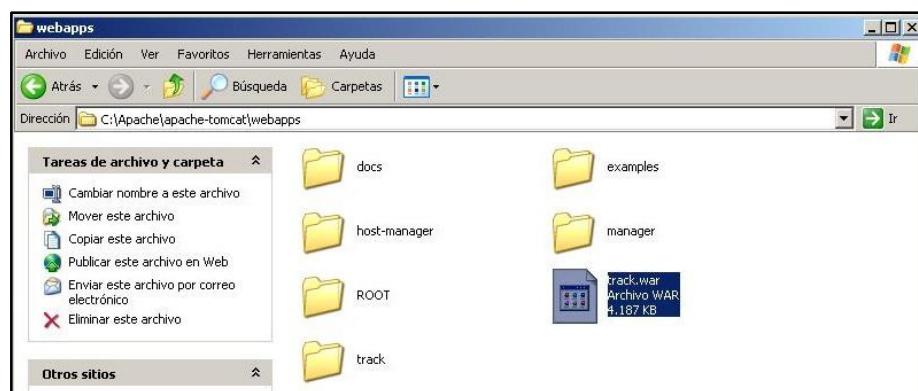


Fig. 94 - Nueva ubicación del archivo track.war

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- Reiniciar el servidor tomcat
- En el navegador acceder a: <http://localhost:8080/track/Track> (Fig. 95)
- En Account: demo
- Al acceder se debería visualizar el sistema OpenGTS (Fig. 96)



Fig. 95 - Interfaz inicial del sistema OpenGTS.

Resultado:

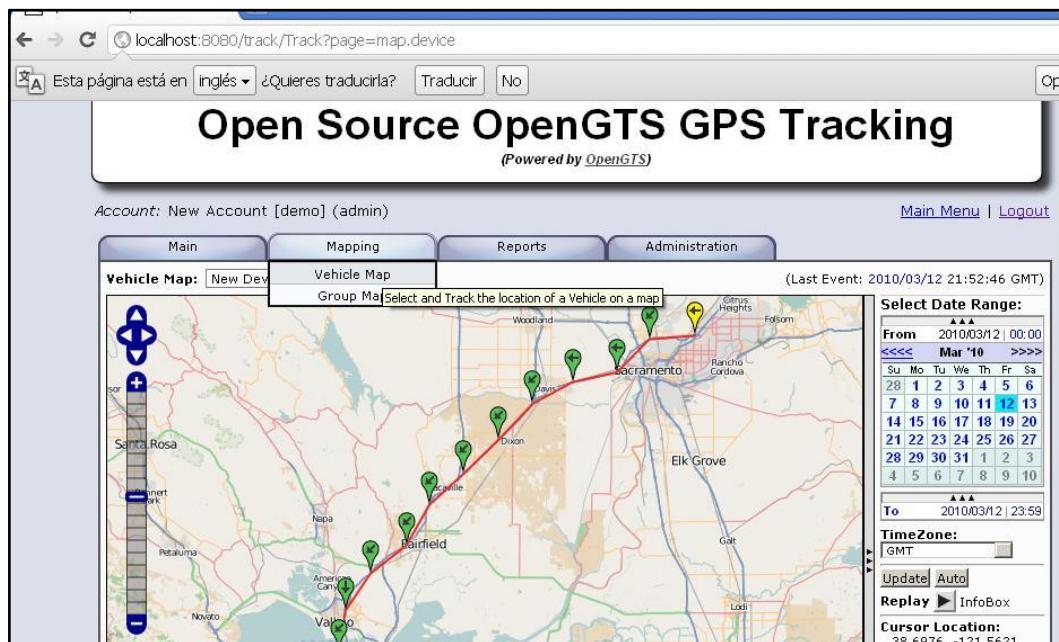


Fig. 96 - Interfaz del sistema OpenGTS.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**9.1) Configuración y personalización de la interfaz de usuario web:**

- Ir a: <http://code.google.com/intl/es-419/apis/maps/signup.html>
- En el campo de texto ingresar la dirección del servidor.
- (Tener en cuenta localhost, o ip público dependiendo del caso).
- Ver Fig. 97.

No puedes modificar ni ocultar los logotipos ni la atribución del mapa.

- Deberás indicar si tu aplicación utiliza un sensor (por ejemplo, un localizador GPS) para identificar la ubicación del usuario.
- Puedes utilizar el API (salvo en el caso de Static Maps API) en sitios web o en aplicaciones de software. En el caso de sitios web, regístrate con la URL en la que se encuentre tu implementación. En el caso de otras aplicaciones de software, regístrate con la URL de la página en la que se puede descargar tu aplicación.
- Google actualizará las API periódicamente. Si deseas recibir una notificación sobre las actualizaciones, suscríbete a las listas de avisos.
- Recuerda que Google se reserva el derecho de suspender o finalizar el uso de este servicio en cualquier momento, por lo que te recomendamos que leas las preguntas frecuentes y los artículos publicados en los foros para que determine si tu sitio cumple las condiciones del servicio antes de que empieces a integrar el API.

Última actualización: 26 de noviembre de 2008 Last Updated: April 8, 2011

1. Your relationship with Google.

1.1 Use of the Service is Subject to these Terms. Your use of any of the Google Maps/Google Earth APIs (referred to in this document as the "Maps API(s)" or the "Service") is subject to the terms of a legal agreement between you and Google Inc., whose principal place of business is at 1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, California 94043, USA ("Google"). This legal agreement is referred to as the "Terms".

He leído y acepto los términos y condiciones ([versión imprimible](#))

URL de mi sitio web:

Sugerencia: normalmente es mejor registrar una clave para <http://tudominio.com>, ya que esta funcionará para todos los subdominios y los directorios. Para obtener más información, consulta esta [pregunta frecuente](#).

[Generar clave de API](#)

Fig. 97 - Configuración del sitio web en el API de Google Maps.

- Guardar la clave generada para su posterior uso (Fig. 98).

Registro en el API de Google Maps

Gracias por registrarte para obtener una clave de API de Google Maps.

Tu clave es la siguiente:

ABQIAAAiay3gf0pl03w_KBYEVWKiLxSP9C-0TI9CsNce9dY3T8i9BxLvbxB61SByUEfk4hToRKib040QXmcYw

Nota: para obtener más información sobre el sistema de claves del API, consulta la página <http://code.google.com/intl/es/apis/maps/faq.html#keysystem>.

La forma de utilización de la clave depende del producto o servicio del API de Google Maps que se utilice. La clave se puede utilizar en todas las soluciones pertenecientes a la familia de productos del API de Google Maps. En los ejemplos que aparecen a continuación se muestra cómo utilizar la clave en la familia de productos del API de Google Maps.

Ejemplo de API de Google Maps para JavaScript

Accede al API de Google Maps para JavaScript y, al cargar el API, coloca la clave en la etiqueta de secuencia de comandos:

```
...
// Note: you will need to replace the sensor parameter below with either an explicit true or false value.
<script src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2&sensor=true_or_false&key=ABQIAAAiay3gf0pl03w_KBYEVWKiLxSP9C-0TI9CsNce9dY3T8i9BxLvbxB61SByUEfk4hToRKib040QXmcYw" type="text/javascript"></script>
...
```

Fig. 98 - Clave de registro en el API de Google Maps.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

-
- Ir a: C:\OpenGTS y editar el archivo private.xml
 - Hacer una copia de respaldo del archivo antes de modificar.
 - Modificar el formato de fecha a dd/MM/yyyy
 - Modificar el proveedor de mapa, poner en false el de openLayers active=false, buscar el proveedor googleMaps y cambiar active=true.
 - En el Domain.MapProvider.key colocar la clave anteriormente generada en la página: <http://code.google.com/intl/es-419/apis/maps/signup.html>
 - En la propiedad key=accountLogin.showLocaleSelection cambiar a true.
 - En la propiedad Domain.locale cambiar a "es" para español
 - Guardar los cambios y salir.
 - Detener el servidor Tomcat.
 - Abrir la consola de comando, ejecutar: C:\OpenGTS>ant track
 - El resultado debe ser exitoso.
 - Ir a C:\OpenGTS\build y copiar el archivo track.war
 - Pegar en: C:\Apache\apache-tomcat\webapps
 - Iniciar el servidor Tomcat
 - Corroborar que el MySQL este corriendo.
 - Probar, abrir el navegador en la dirección:
<http://5.69.154.78:8080/track/Track>

Cuenta: demo y el resto vacío.

Obs.: En caso de que no se levante el servicio de mapas, o no se actualicen los cambios hechos, los pasos a seguir son:

- Detener el servidor Tomcat
- Abrir la consola de comando, ejecutar: C:\OpenGTS>ant all (esto recompila todo el proyecto OpenGTS nuevamente)
- Abrir la consola de comando, ejecutar: C:\OpenGTS>ant track
- El resultado debe ser exitoso.

- Ir a C:\OpenGTS\build y copiar el archivo track.war
- Pegar en: C:\Apache\apache-tomcat\webapps
- Iniciar el servidor Tomcat
- Corroborar que el MySQL este corriendo.
- Probar, abrir el navegador en la dirección:
<http://5.69.154.78:8080/track/Track>

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**10) Instalar event.war****10.1) Compilar e Instalar "events.war" Java Servlet:**

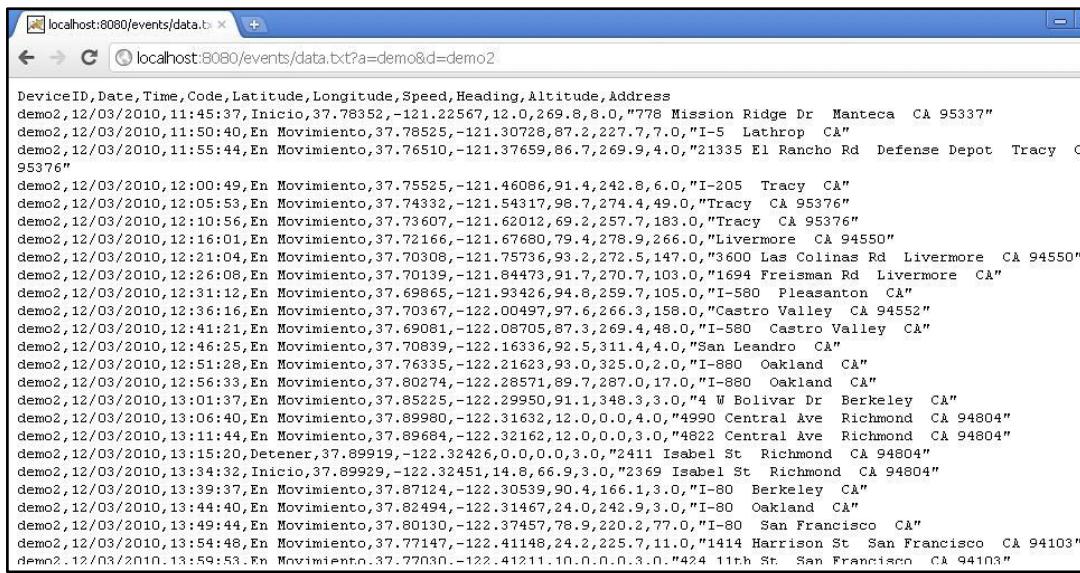
- Abrir la consola de comando, y ejecutar: C:\OpenGTS>ant events
- El resultado debe ser exitoso.
- Ir a C:\OpenGTS\build y copiar el archivo events.war
- Copiar en: C:\Apache\apache-tomcat\webapps

Para probar:

- Abrir el navegador e ir a:

<http://localhost:8080/events/data.txt?a=demo&d=demo2>

- Resultado (Fig. 99):



```

DeviceID,Date,Time,Code,Latitude,Longitude,Speed,Heading,Altitude,Address
demo2,12/03/2010,11:45:37,Inicio,37.78352,-121.22567,12.0,269.8,8.0,"778 Mission Ridge Dr Manteca CA 95337"
demo2,12/03/2010,11:50:40,En Movimiento,37.78525,-121.30728,87.2,227.7,7.0,"I-5 Lathrop CA"
demo2,12/03/2010,11:55:44,En Movimiento,37.76510,-121.37659,86.7,269.9,4.0,"21335 El Rancho Rd Defense Depot Tracy CA 95376"
demo2,12/03/2010,12:00:49,En Movimiento,37.75525,-121.46086,91.4,242.8,6.0,"I-205 Tracy CA"
demo2,12/03/2010,12:05:53,En Movimiento,37.74332,-121.54317,98.7,274.4,49.0,"Tracy CA 95376"
demo2,12/03/2010,12:10:56,En Movimiento,37.73607,-121.62012,69.2,257.7,183.0,"Tracy CA 95376"
demo2,12/03/2010,12:16:01,En Movimiento,37.72166,-121.67680,79.4,278.9,266.0,"Livermore CA 94550"
demo2,12/03/2010,12:21:04,En Movimiento,37.70308,-121.75736,93.2,272.5,147.0,"3600 Las Colinas Rd Livermore CA 94550"
demo2,12/03/2010,12:26:08,En Movimiento,37.70139,-121.84473,91.7,270.7,103.0,"1694 Freisman Rd Livermore CA"
demo2,12/03/2010,12:31:12,En Movimiento,37.69865,-121.93426,94.8,259.7,105.0,"I-580 Pleasanton CA"
demo2,12/03/2010,12:36:16,En Movimiento,37.70367,-122.00497,97.6,266.3,158.0,"Castro Valley CA 94552"
demo2,12/03/2010,12:41:21,En Movimiento,37.69081,-122.08705,87.3,269.4,48.0,"I-580 Castro Valley CA"
demo2,12/03/2010,12:46:25,En Movimiento,37.70839,-122.16336,92.5,311.4,4.0,"San Leandro CA"
demo2,12/03/2010,12:51:28,En Movimiento,37.76335,-122.21623,93.0,325.0,2.0,"I-880 Oakland CA"
demo2,12/03/2010,12:56:33,En Movimiento,37.80274,-122.28571,89.7,287.0,17.0,"I-880 Oakland CA"
demo2,12/03/2010,13:01:37,En Movimiento,37.85225,-122.29950,91.1,348.3,3.0,"4 W Bolivar Dr Berkeley CA"
demo2,12/03/2010,13:06:40,En Movimiento,37.89980,-122.31632,12.0,0.0,4.0,"4990 Central Ave Richmond CA 94804"
demo2,12/03/2010,13:11:44,En Movimiento,37.89684,-122.32162,12.0,0.0,3.0,"4822 Central Ave Richmond CA 94804"
demo2,12/03/2010,13:15:20,Detener,37.89919,-122.32426,0.0,0.0,3.0,"2411 Isabel St Richmond CA 94804"
demo2,12/03/2010,13:34:32,Inicio,37.89929,-122.32451,14.8,66.9,3.0,"2369 Isabel St Richmond CA 94804"
demo2,12/03/2010,13:39:37,En Movimiento,37.87124,-122.30539,90.4,166.1,3.0,"I-80 Berkeley CA"
demo2,12/03/2010,13:44:40,En Movimiento,37.82494,-122.31467,24.0,242.9,3.0,"I-80 Oakland CA"
demo2,12/03/2010,13:49:44,En Movimiento,37.80130,-122.37457,78.9,220.2,77.0,"I-80 San Francisco CA"
demo2,12/03/2010,13:54:46,En Movimiento,37.77147,-122.41148,24.2,225.7,11.0,"1414 Harrison St San Francisco CA 94103"
demo2,12/03/2010,13:59:53,En Movimiento,37.77030,-122.41211,0.0,0.0,3.0,"424 11th St San Francisco CA 94103"

```

Fig. 99 - Prueba de instalación del event.war

En el Anexo8, Anexo9 y Anexo10 se presentan imágenes del funcionamiento real del OpenGTS con los ómnibus, así también el reporte que generan los eventos y las informaciones de los respectivos ómnibus.

3.2.2.3 Características y configuración del GPS Tracker

Para la configuración del dispositivo GPS Tracker se utilizó como base las siguientes fuentes de información:

- Manual de instrucciones del equipo adquirido.
- <http://www.orangecool.com/cool/suporte.html>
- Modelo GPS Tracker: Orange OR-TK103 (Fig. 100)

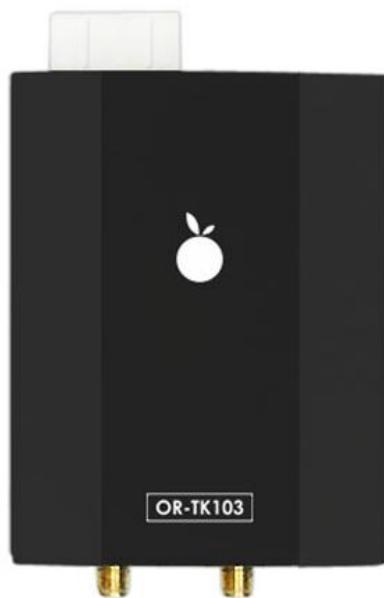


Fig. 100 - Dispositivo GPS Tracker.

3.2.2.3.1 Características

- Funciona basado en redes GSM/GPRS y satélites GPS.
- Localiza y monitorea el vehículo vía SMS o GPRS.
- Tres modos de funcionamiento.
- Protegido con contraseña personalizada.
- Envía avisos por SMS si el motor se puso en marcha, si se aleja del perímetro (500m), si se corta la energía maliciosamente, si se supera la velocidad máxima especificada.
- Sólo responde a números autorizados.
- Función Auto-Track (envía mensajes con la posición cada cierto tiempo).
- Botón S.O.S.
- Detiene el vehículo con un SMS.

3.2.2.3.2 Configuración

Introducción:

- Contratación de un servicio de internet GPRS (tarjeta sim). Para este caso se adquirió de la telefonía TIGO [Telecel, 2012] un plan de transferencia de datos de 200Mb limitados por mes.
- Insertar la tarjeta sim en el dispositivo GPS.
- El dispositivo GPS se configura a través del envío de SMS, desde un celular con línea preferentemente del mismo proveedor.
- Los SMS son comandos que desde el celular se solicita al dispositivo GPS que los ejecute, el cual responderá con otro SMS dependiendo del caso.
- Es muy importante en el momento de configurar el dispositivo, que el mismo este al aire libre y sin obstáculos.

Pasos a seguir:

- 1) Enviar un SMS al número telefónico del GPS, el contenido del mensaje deberá ser:

begin+password Ej.: begin123456

Este comando realiza la carga de configuraciones de fábrica al equipo, el password por defecto del dispositivo es 123456. Se debería recibir un SMS que diga “**Begin ok**”.

- 2) Autorizar el número de teléfono al cual deberá responder el GPS a los comandos ejecutados o recepción de posicionamiento.

admin+password+espacio+numeroDeTelefono

Ej.: admin123456 09XXXXXXXX

Se debería recibir un SMS que diga “**09XXXXXX ok**”.

3) Configurar el APN (Access Point Name). El APN está definido para cada proveedor del servicio GPRS, los parámetros de configuraciones deben ser obtenidos solicitándolo al mismo. Para el trabajo de tesis, el servicio es prestado por la compañía telefónica Tigo, los parámetros de configuración son los siguientes:

APN: broadband.tigo.py

Nombre de usuario: tigo

Contraseña: tigo

- Configurar el nombre, enviar un mensaje de texto al dispositivo con el siguiente comando:

apn+password+espacio+nombreAPN

Ej.: apn123456 broadband.tigo.py

Se debería recibir un SMS que diga “**apn broadband.tigo.py ok**”

- Configurar nombre de usuario:

apnuser+password+espacio+nombreDeUsuario

Ej.: apnuser123456 tigo

Se debería recibir un SMS que diga “**apnuser tigo ok**”

- Configurar contraseña:

apnpasswd+password+espacio+contraseñaAPN

Ej.: apnpasswd123456 tigo

Se debería recibir un SMS que diga “**apnpasswd tigo ok**”

-
- 4) Configurar los parámetros del servidor que recibirá las coordenadas del GPS. En este caso, la dirección IP (pública) utilizada es 201.217.38.202 y el puerto en el que escucha el servidor que recibe e interpreta los datos enviados por el GPS es 31272.

adminip+password+espacio+ip+espacio+puerto

Ej.: adminip123456 201.217.38.202 31272

Se debería recibir un SMS que diga “**adminip ok**”

- 5) Configurar la función auto-tracking, esta función se encarga de enviar las coordenadas en las que se encuentra el dispositivo en un intervalo de tiempo definido por el usuario.

t*s***n+password**

En donde:

*******: Deben ser 3 valores, hasta 255. Por ejemplo 001, 005, 020, 120, etc., el mismo define con que periodo de tiempo serán enviado los datos. Ej.: 005s, enviará los datos cada 5 segundos.

s: unidad de medida de tiempo, puede ser s (segundo), m (minuto), h (hora). Ej.: 020m, enviará los datos cada 20 minutos.

*****n**: Define la cantidad de mensajes que serán enviados en el intervalo de tiempo definido previamente. Ej.: 120n, enviará 120 datos y luego dejará de enviar. Si se desea enviar datos sin límites se debe colocar en vez de números asteriscos.

Ej.: t030s005n123456

Este comando activará la función auto-tracking, enviará cada 30 segundos un mensaje de posicionamiento. Enviara un total de 5 mensajes en ese lapso (dos minutos y medio), luego se detendrá. La configuración utilizada en el dispositivo para el trabajo de tesis es la siguiente:

t005s*n123456**

Esta configuración, enviará en forma indeterminada y cada 5 segundos los mensajes de posicionamiento del mismo.

3.2.2.4 Especificaciones e instalación de GPS Tracker en unidades móviles.

3.2.2.4.1 Especificaciones técnicas

Dimensiones	80mm x 60mm x 25mm
Peso	100 gramos
Conectividad	GSM/GPRS
Banda	850/900/1800/1900 MHz
Chip	SIRF3
Sensibilidad	-159dBm
Precisión	5 Mts
Cargador	Entrada 12 – 24 V. Salida 5 V.
Batería	Recargable de 3.7V. Li-ion 800mAh.
Standby	48 Horas

Tabla 13 - Especificaciones técnicas del GPS Tracker.

Conectores del equipo:

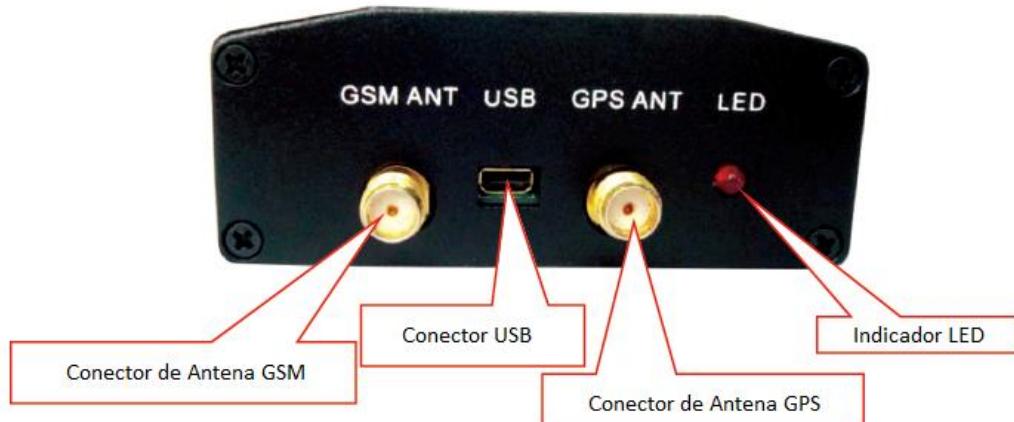


Fig. 101 - Imagen de los conectores del GPS Tracker



Fig. 102 - Antenas y Cables de conexión del GPS Tracker.

3.2.2.4.2 Instalación

Instalación del Chip: el equipo trae dos zócalos para chip (Fig. 103), uno denominado A y otro B, puede funcionar con un solo chip independientemente del zócalo en el que este colocado, o puede funcionar con ambos chips, utilizando uno como respaldo.

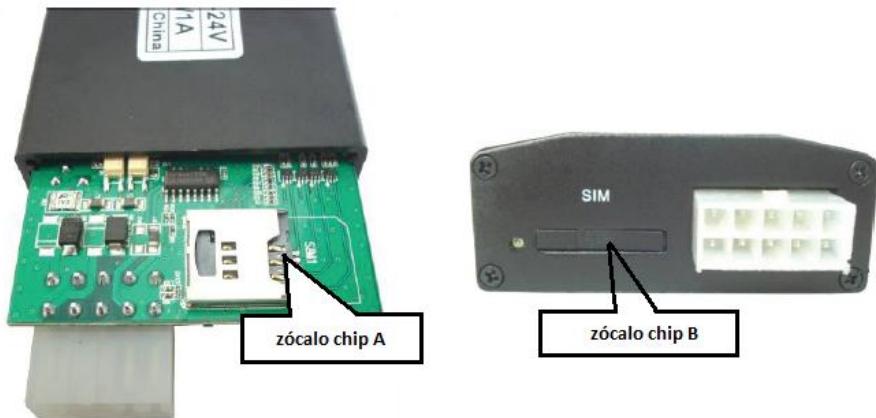


Fig. 103 - Zócalos A y B disponibles para la inserción de chips.

Conexión al vehículo: para el trabajo de tesis se utilizaron solamente 3 cables principales, que son el negro, rojo y violeta (Fig. 104). No fueron conectados los otros que son para medición de combustible, micrófono, etc. El cable rojo es el encargado de alimentar con el voltaje positivo (+), el negro es maza o tierra y el violeta es ACC (Corriente a partir del contacto de la llave).



Fig. 104 - Cables de conexión utilizados en la instalación del GPS Tracker.

La ubicación física del equipo debe ser preferentemente en el interior del vehículo, protegido del alcance del agua y del calor excesivo. Para la señal de la antena GPS y GSM hay que tener en cuenta que deberían estar libres de obstáculos, es decir que existe una disminución de señal si las antenas están bajo el parabrisas y mayor aun si están bajo el techo del vehículo (chapa). En el Anexo 11 de este trabajo se presentan algunas de las fotos tomadas durante la instalación de los dispositivos GPS Tracker en los ómnibus.

3.2.3 Aplicación móvil

3.2.3.1 Interfaz de usuario

En esta sección se presentan las interfaces de usuario desarrolladas, teniendo en cuenta las funcionalidades planteadas como objetivos. El siguiente esquema (Fig. 105) muestra la interfaz de forma general, su diseño y presentación de las informaciones.

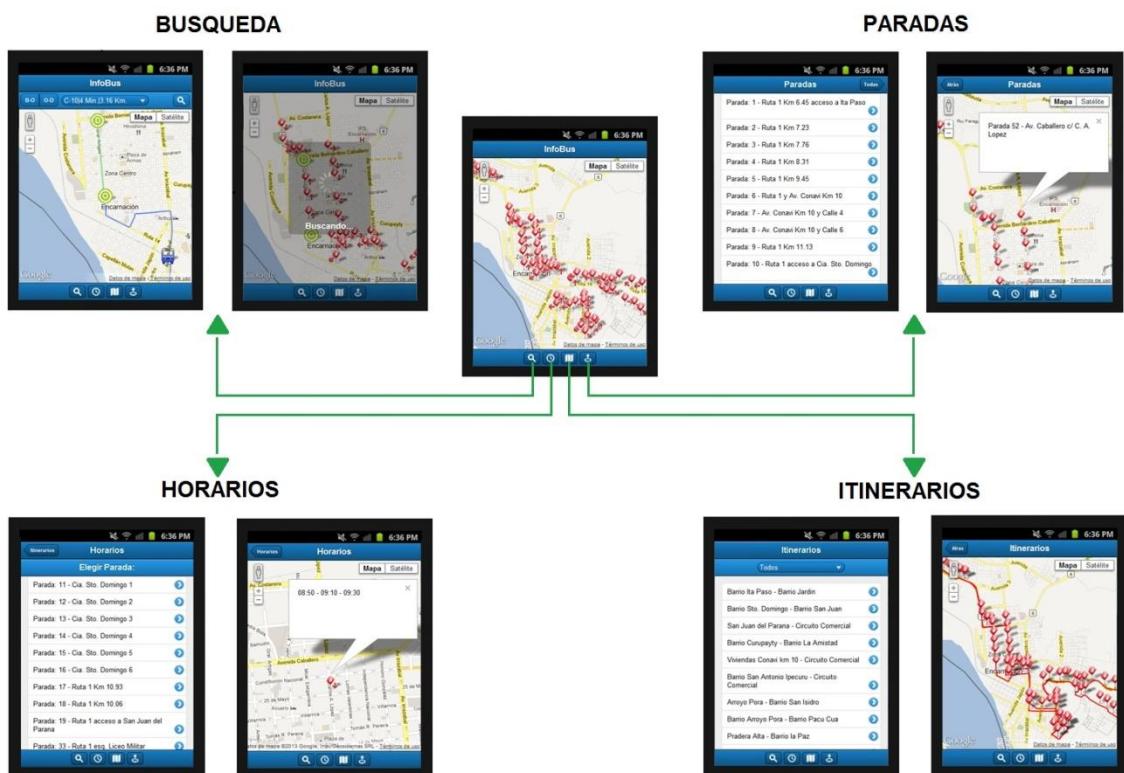


Fig. 105 - Interfaz general de la aplicación móvil.

La aplicación se encuentra alojada en la dirección web www.infobus.com.py, y en el momento de acceder a la misma, se muestra la interfaz inicial de búsqueda (Fig. 106).

El objetivo es que el usuario pueda realizar una búsqueda de manera rápida y directa para encontrar un ómnibus que satisfaga su viaje y saber el tiempo en que éste arribará a la parada en la que se encuentra. Por ende lo primero que se observa al ingresar es un mensaje ofreciendo al usuario realizar una búsqueda:

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

“Selecciona Origen y Destino y encontrare tu bus” (Fig. 106), una vez que se ingresa se observa la interfaz principal y los accesos a los diferentes módulos de la aplicación (Fig. 107).



Fig. 106 -Selección de origen y destino.

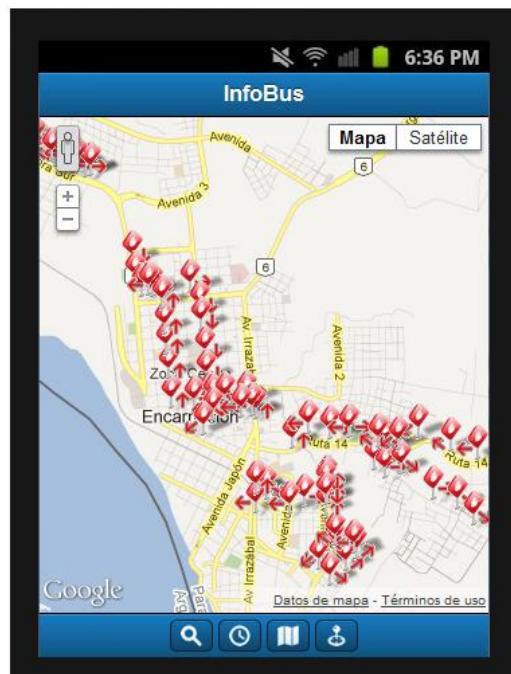


Fig. 107 - Interfaz principal de la aplicación.

En la interfaz se puede observar una barra de accesos en la parte inferior, los cuales brindan el acceso a cada uno de los módulos del sistema que se definen a continuación.

La aplicación está dividida principalmente en cuatro módulos:

1) Módulo de búsqueda: en él se realizan las búsquedas de los ómnibus que cumplan con el viaje que el usuario pretende realizar. Un viaje está compuesto por los siguientes elementos: un origen y un destino como parámetros de búsqueda, y como resultados, un numero de ómnibus, tiempo de arribo a la parada origen, distancia en que se encuentra, trayectoria del ómnibus hasta la parada origen y trayectoria del recorrido que realizara el ómnibus para arribar al destino. En la Fig. 109 se puede observar la interfaz de punto de partida para la búsqueda de un ómnibus, en la misma se visualizan cada una de las paradas existentes en la ciudad, éstas pertenecen a todos los itinerarios posibles que los ómnibus realizan. Las paradas indican la dirección o sentido en que circulan los ómnibus mediante las flechas.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Primeramente se realiza la selección de la parada origen, inmediatamente se podrá observar un cambio en la parada seleccionada la cual es diferenciada de las demás paradas con una letra “O” de color verde y se visualiza como la Fig. 108:

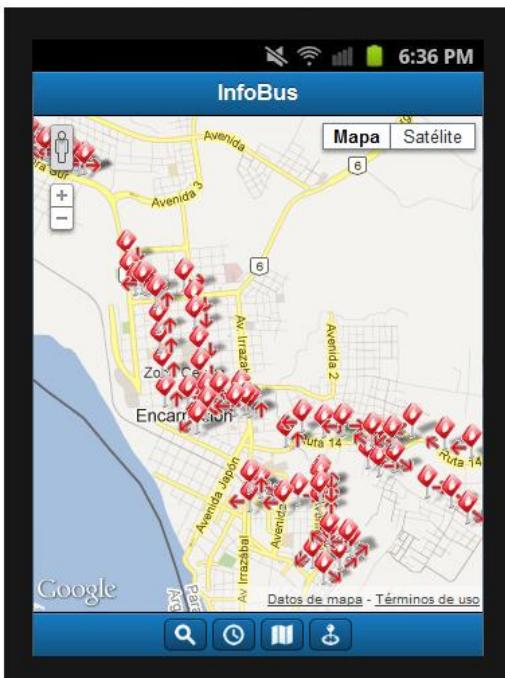


Fig. 109 – Interfaz de búsqueda inicial.

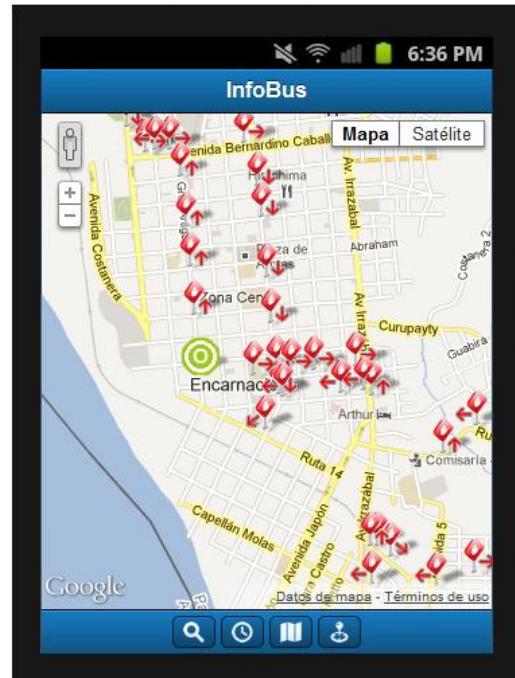


Fig. 108 – Selección de parada de origen.

A continuación se debe seleccionar la parada de destino, observando nuevamente un cambio en la parada seleccionada con una letra “D” y visualizando la siguiente pantalla (Fig. 110):

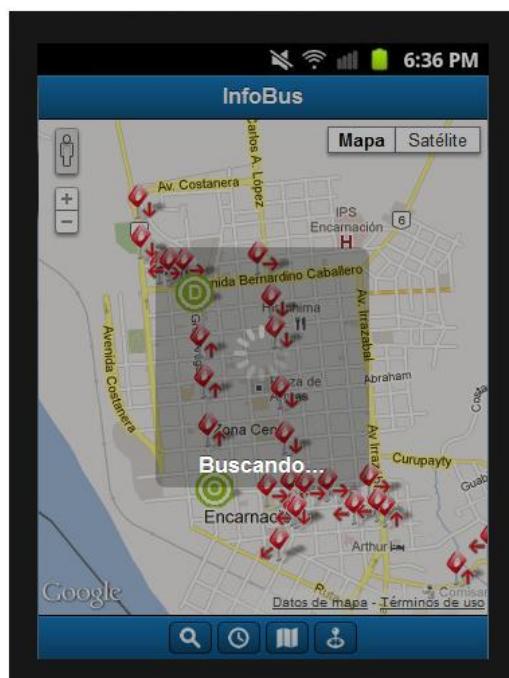


Fig. 110 - Selección de parada de destino.

A partir de ese momento la aplicación realiza una búsqueda en tiempo real de todos los ómnibus que puedan cumplir con esa combinación de origen y destino retornando las tres primeras opciones que cumplen con el viaje y con los menores tiempos de arribo a la parada origen. Para cada resultado de búsqueda obtenido la aplicación grafica en el mapa las paradas origen y destino y las rutas del viaje correspondiente (desde el origen al destino y la trayectoria del ómnibus hasta la parada origen). Se visualiza la siguiente interfaz (Fig. 111):



Fig. 111 - Resultado de una búsqueda.

La aplicación realiza la actualización en tiempo real de los resultados obtenidos cada 30 segundos, actualizando el tiempo de arribo, distancia y gráfico de las trayectorias y posición de los ómnibus, a fin de que la información presentada sea lo más precisa posible. Además, la aplicación permite seleccionar cuales son las trayectorias que el usuario desea ver graficadas en el mapa, mediante los botones B-O de la Fig. 113 y O-D de la Fig. 112 (Bus-Origen y Origen-Destino respectivamente).

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 113 – Trayectoria Bus / Origen.



Fig. 112 - Trayectoria Origen / Destino.

2) Módulo de Horarios: permite al usuario obtener información sobre los horarios predefinidos y la periodicidad (indicados por el ente regulador) por el cual los ómnibus pasan por las diferentes paradas de un itinerario. El acceso al módulo se obtiene pulsando el botón con el ícono de reloj y su interfaz inicial es la Fig. 114:

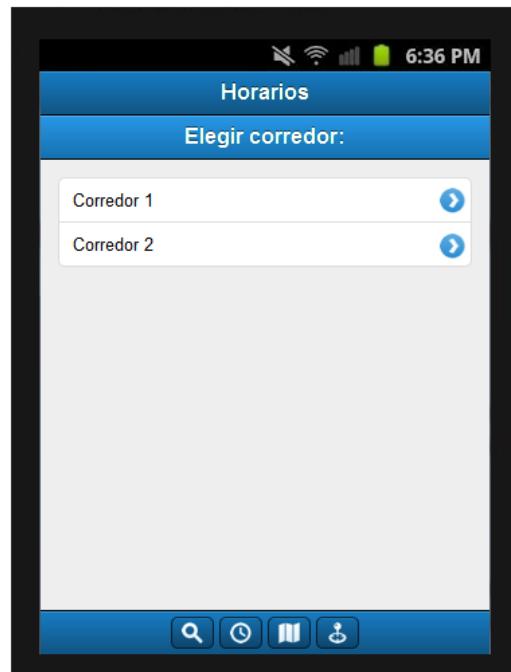


Fig. 114 - Interfaz inicial del módulo de Horarios.

La aplicación presenta dos opciones a elegir Corredor 1 y Corredor 2. Ambos corredores están clasificados por sus recorridos de acuerdo a la ruta que utilizan, Corredor 1: es el que realiza sus recorridos por la ruta 1 y Corredor 2 realiza sus recorridos por la ruta 6. Cada corredor tiene a su vez diferentes Itinerarios como muestra la Fig. 115:

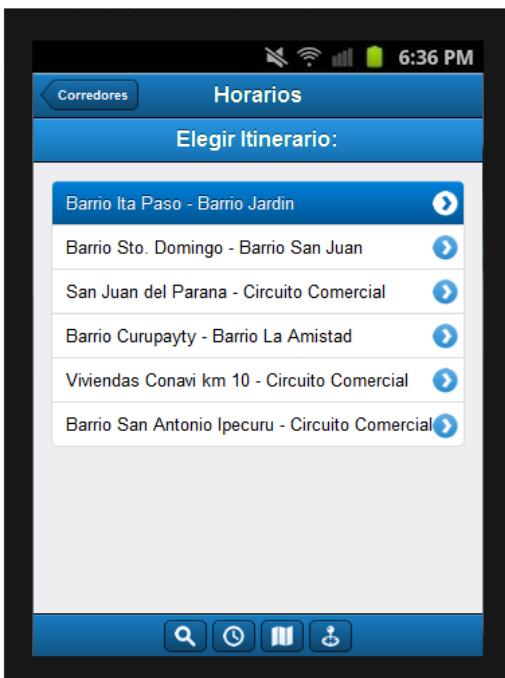


Fig. 115 – Itinerarios en el módulo de Horarios.



Fig. 116 – Paradas en el módulo de Horarios.

Una vez elegido el itinerario del cual se desea obtener la información, la aplicación presenta en forma de lista todas las paradas contenidas en el mismo (Fig. 116), se realiza la selección de la parada y se muestran todos los horarios posibles que pasa un ómnibus, también se puede visualizar en el mapa la parada seleccionada con sus respectivos horarios.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

3) Módulo de Itinerarios: permite al usuario obtener información sobre cada itinerario, conocer en forma gráfica el recorrido completo de cada uno y las paradas por las cuales pasa el ómnibus durante el trayecto. Se accede al módulo y su interfaz principal es la siguiente (Fig. 117):

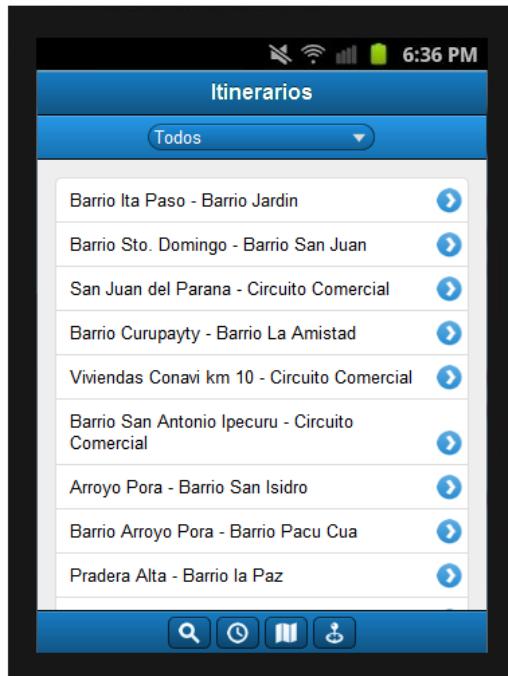


Fig. 117 - Interfaz principal de Itinerarios.

La aplicación muestra una lista con todos los itinerarios de la ciudad de Encarnación y alrededores, permite visualizar solo los itinerarios de un solo corredor o todos los itinerarios sin importar de qué corredor sean como se presenta en la Fig. 118.



Fig. 118 - Elección del corredor a visualizar.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Se escoge el itinerario del cual se quiere obtener información y la aplicación mostrará la siguiente interfaz, con vista de satélite en la Fig. 119 y con vista de mapa en la Fig. 120:

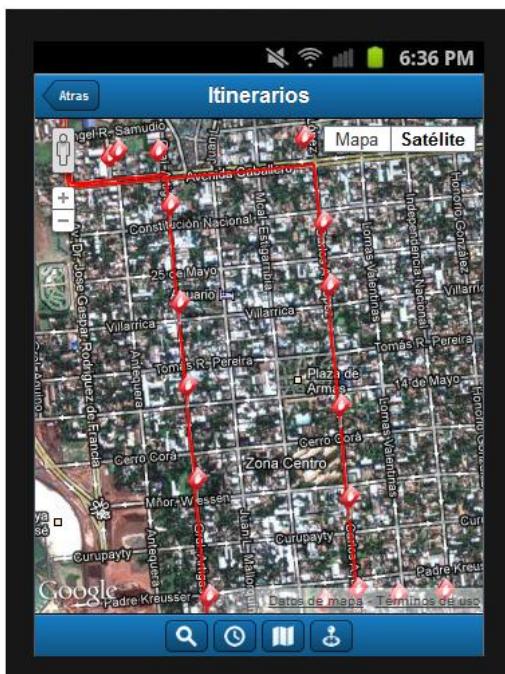


Fig. 119 – Vista de satélite de un itinerario.

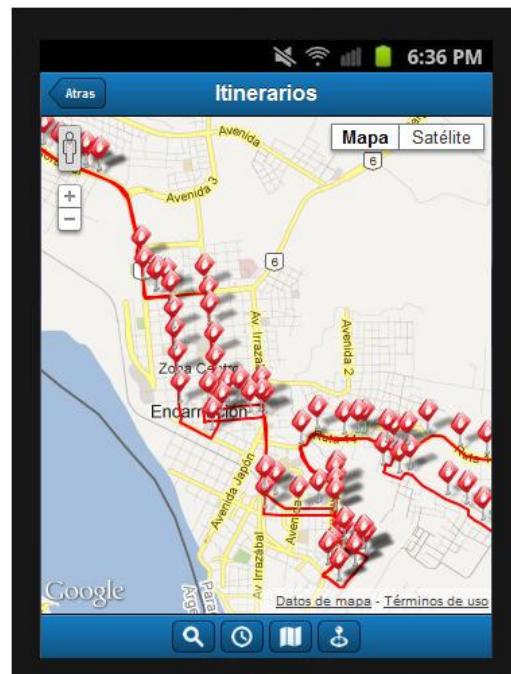


Fig. 120 - Vista de mapa de un itinerario.

En la interfaz se presenta el recorrido real del itinerario seleccionado, con todas las paradas involucradas en el mismo y la información de cada una de ellas (Fig. 121). Se puede optar por la vista satelital del mapa y aumentar o reducir el zoom para obtener una mejor perspectiva de los gráficos.

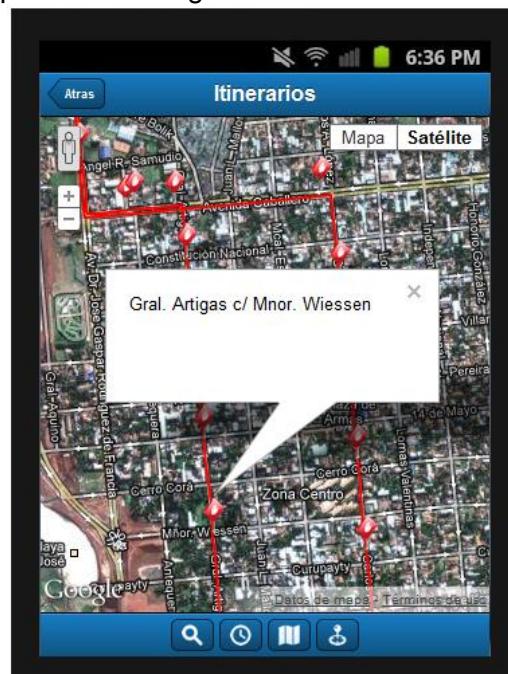


Fig. 121 - Información desplegada de una parada.

4) Módulo de Paradas: modulo en el cual el usuario obtiene información sobre las paradas de todos los itinerarios. Su interfaz principal es la siguiente (Fig. 122):

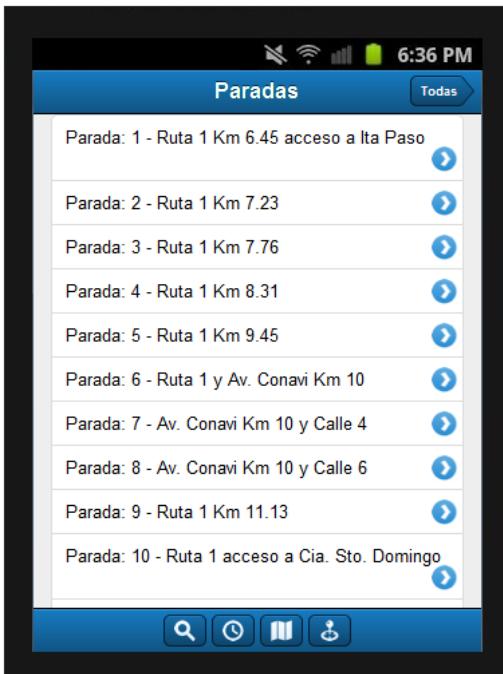


Fig. 122 – Interfaz principal del módulo de Paradas.

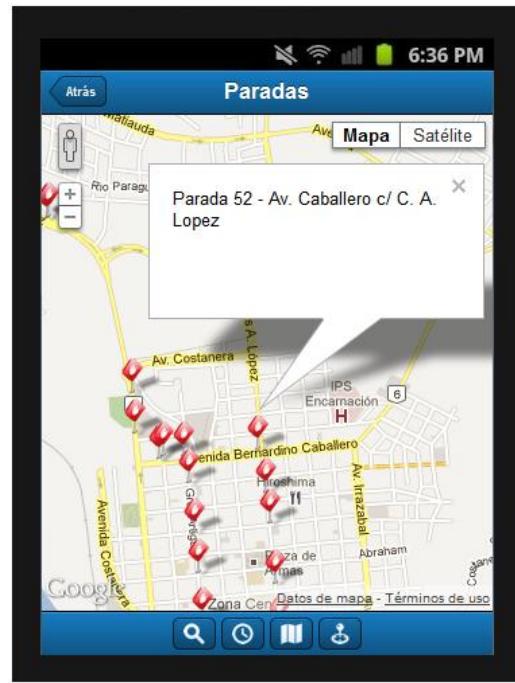


Fig. 123 – Información gráfica de una Parada.

Se puede obtener información gráfica en el mapa de una parada específica o de todas como muestra la Fig. 123, y cada una de ellas posee información con nombres de calles, intersecciones y posiciones geográficas reales.

3.2.3.2 Desarrollo de algoritmos

3.2.3.2.1 Analizador de track

Para desarrollar el analizador de track, se hicieron modificaciones al proyecto Open GTS, principalmente al servidor que recibe los reportes de los dispositivos GPS. Dicho servidor se encuentra en el directorio: OpenGTS/src/org/openpts/Servers/TK10X/TrackClientPacketHandler.java. El Open GTS incluye varios tipos de servidores, como aspicore, gtsdmtp, icare, taip, tk10x, los cuales brindan el servicio de oyente entre el servidor Open GTS y los dispositivos GPS que se están reportando. Cada uno de estos servidores fue desarrollado para analizar reportes GPS teniendo en cuenta el protocolo y la funcionalidad de cada dispositivo, por ej.: en el trabajo de tesis se utilizó el dispositivo GPS TK103 (utiliza el protocolo de comunicación tk103), por ende el servidor que se encarga de analizar, procesar y almacenar la información recibida es el tk10x. La tarea específica del servidor tk10x, es estar atendiendo a los clientes en un puerto definido, recibir reportes de los dispositivos, procesar la información (hora del reporte, velocidad, coordenadas de posición, distancia, dirección, etc.) y almacenar los resultados en la base de datos.

Se denomina “Analizador de track” al algoritmo que fue embebido dentro del código fuente servidor tk10x del OpenGTS con el fin de cumplir con los siguientes objetivos:

1. Detectar las paradas por las cuales cada uno de los ómnibus va pasando durante su recorrido.
2. Registrar la última parada por la cual paso un determinado ómnibus en un momento dado.
3. Detectar un retraso en la comunicación con el dispositivo GPS y verificar cuales son las paradas que se pudieron saltar.
4. En caso de producirse algún desvío no planificado en el itinerario, poder recalcular la posición en el momento en el cual el ómnibus retoma el itinerario y detectar cuáles son las paradas que pudieron ser salteadas.
5. Detectar si un determinado ómnibus por algún motivo ingresa a su terminal (La empresa de ómnibus).
6. Cálculo y actualización del tiempo que le toma a cada ómnibus llegar de una parada a su siguiente.

Solución aplicada a los objetivos:

- 1) Detectar las paradas por las cuales cada uno de los ómnibus va pasando durante su recorrido.

El punto de partida para resolver dicho objetivo, fue la definición del concepto de “Itinerario”. Un Itinerario es un recorrido completo que realiza un ómnibus y tiene elementos que lo identifican entre cada uno de ellos, como ser nombre del itinerario (Barrio Santo Domingo – Barrio San Juan), las calles que forman el recorrido, las paradas por las cuales debería pasar, los horarios que debería cumplir, etc. En el trabajo de tesis, el concepto de itinerario fue definido como una lista compuesta de coordenadas geográficas que se encuentran ordenadas teniendo en cuenta el recorrido del ómnibus. Dentro del conjunto de coordenadas que componen el Itinerario se encuentran también las paradas que realiza el ómnibus, las mismas están enumeradas y ordenadas. Una parada se diferencia de un punto de coordenada por los atributos que contiene como ser nombre, dirección, sentido entre otros.

Cada una de las coordenadas geográficas que componen un itinerario se encuentra a una distancia no mayor de 40 metros de sus coordenadas adyacentes respectivas. Esta distancia fue determinada con el objetivo de tener por lo menos 2 puntos de coordenadas por cuadra, teniéndose en cuenta que normalmente una cuadra posee aproximadamente 100 metros. Se debe tener en cuenta que a mayor distancia entre puntos se pierde precisión y a menor distancia mejora. A su vez la menor distancia entre puntos implica mayor cantidad de los mismos dentro del conjunto de coordenadas y esto implica mayor costo de procesamiento.

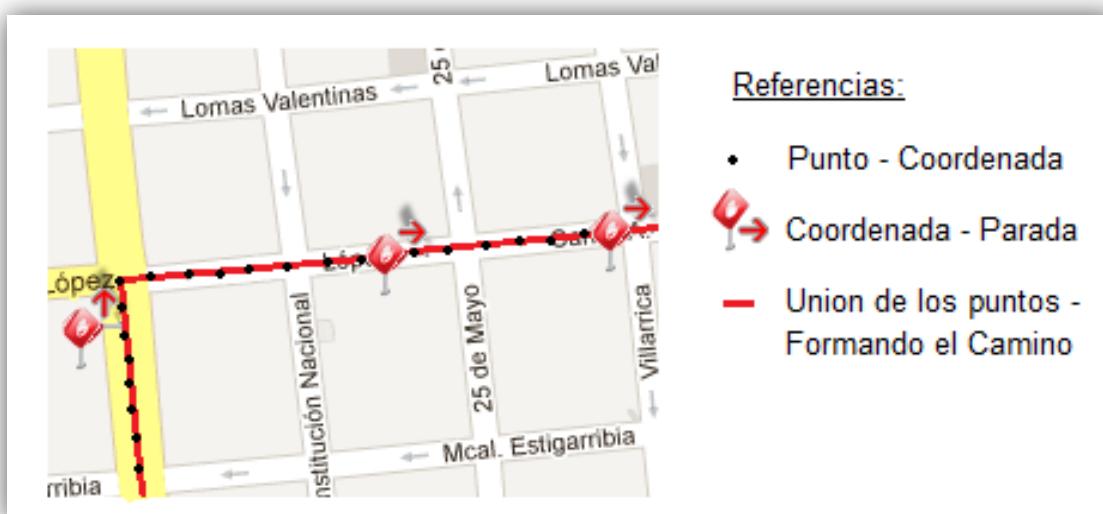


Fig. 124 - Concepto de itinerario.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

En la Fig. 124 se presenta un sector de mapa en el cual se pueden observar el concepto de itinerario, un conjunto de puntos de coordenadas y paradas que tienen propiedades, y que unidos entre sí forman el camino por el cual circula el ómnibus.

Para detectar una parada por la cual pasa un ómnibus durante su recorrido, el dispositivo GPS Tracker fue configurado para reportarse periódicamente cada 5 segundos, y por cada reporte se realizan los siguientes pasos:

- a) Se obtiene el radio definido en 60 Metros (0,06 km), teniendo en cuenta que en condiciones normales el GPS Tracker se reporta cada 30 metros aproximadamente con una velocidad promedio de 20 km/h del ómnibus dentro del casco urbano de la ciudad.
- b) Se obtiene la coordenada (latitud y longitud) de la parada por la cual debería pasar.
 - b.1) Si es la primera parada del recorrido del día, entonces se obtiene la primera parada de la lista.
 - b.2) Si no es la primera parada del recorrido del día, se consulta cual fue la última parada pasada y se retorna la siguiente de la lista.
- c) Del reporte del dispositivo GPS Tracker, se obtiene la coordenada latitud y longitud del ómnibus.
- d) Mediante la función geométrica “Distancia entre dos puntos”, se calcula la distancia entre la posición del ómnibus y la posición de la parada a ser detectada.
- e) Si la distancia es menor o igual al radio, se marca como parada pasada.

En la Fig. 125 se representa gráficamente una situación de una parada con su radio y la distancia existente con el ómnibus en su posición actual.

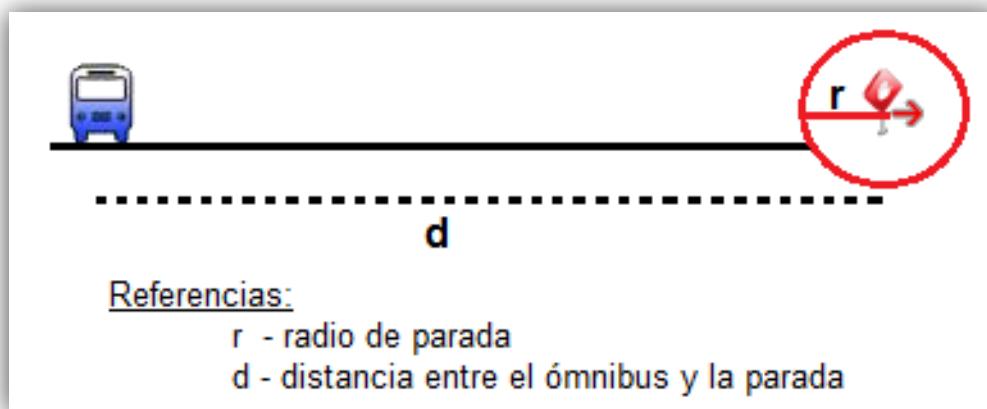


Fig. 125 - Representación del radio de parada y la distancia del ómnibus.

Una vez obtenidas las latitudes y longitudes tanto del ómnibus como de la parada objetivo, se analiza la condición:

Sí, $d \leq r$, entonces se detecta que el ómnibus pasó por la parada.

En el caso de la Fig. 125 se puede observar que la condición no es cierta, es decir, la distancia no es menor al radio, significa que el ómnibus no pasó por la parada. Sin embargo, en la Fig. 126 se demuestra la detección de una parada, en donde se puede observar que la distancia entre el ómnibus y la parada es menor o igual al radio definido, por lo cual se detecta que el ómnibus pasó por la parada.



Fig. 126 – Representación del ómnibus dentro del radio de la parada.

Cabe destacar que la detección de la parada puede ser realizada tanto a 60 metros antes que el colectivo pase por la parada como también 60 metros después que pase por la misma.

- 2) *Registrar cuál fue la última parada por la cual paso un determinado ómnibus en un momento dado.*

Una vez que una parada fue detectada como “pasada”, el siguiente paso es almacenar dicho evento en la base de datos para poder ser utilizado posteriormente. Los datos almacenados en la base de datos son: el valor clave perteneciente a la parada, el valor clave de la parada dentro de un itinerario, el valor clave del ómnibus, la fecha y la hora.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

- 3) Detectar un retraso en la comunicación con el dispositivo GPS y verificar cuales son las paradas que se pudieron saltar.

Los dispositivos GPS están configurados para reportarse cada 5 segundos. En ocasiones puede suceder que por diversos motivos puede no reportarse en el periodo asignado, como por ej. Falta de señal en la antena GSM, error en la cobertura de internet, zonas con poca señal, etc. Estos inconvenientes pueden provocar fallas a la hora de detectar una parada, se supone el siguiente caso: la siguiente parada por lo cual debería pasar el ómnibus, es la numero X, el mismo se reporta con normalidad a una distancia de 80 mts. de la parada y teniendo en cuenta el radio de 60 mts. se determina que el ómnibus aún no ha pasado la parada (que es correcto). Ahora, se supone que hubo algún error en la comunicación del GPS y su próximo reporte llega al servidor después de 42 segundos, es altamente probable que haya pasado la parada y que el algoritmo no lo haya detectado así, ocasionando una perdida en la marcación de parada del algoritmo, es decir que siempre se quedará la parada X como la siguiente parada y el algoritmo no la va a detectar nunca porque el ómnibus va a estar cada vez más lejos por lo cual la distancia siempre va a ser mayor al radio. En la Fig. 127 se muestra gráficamente el ejemplo presentado.

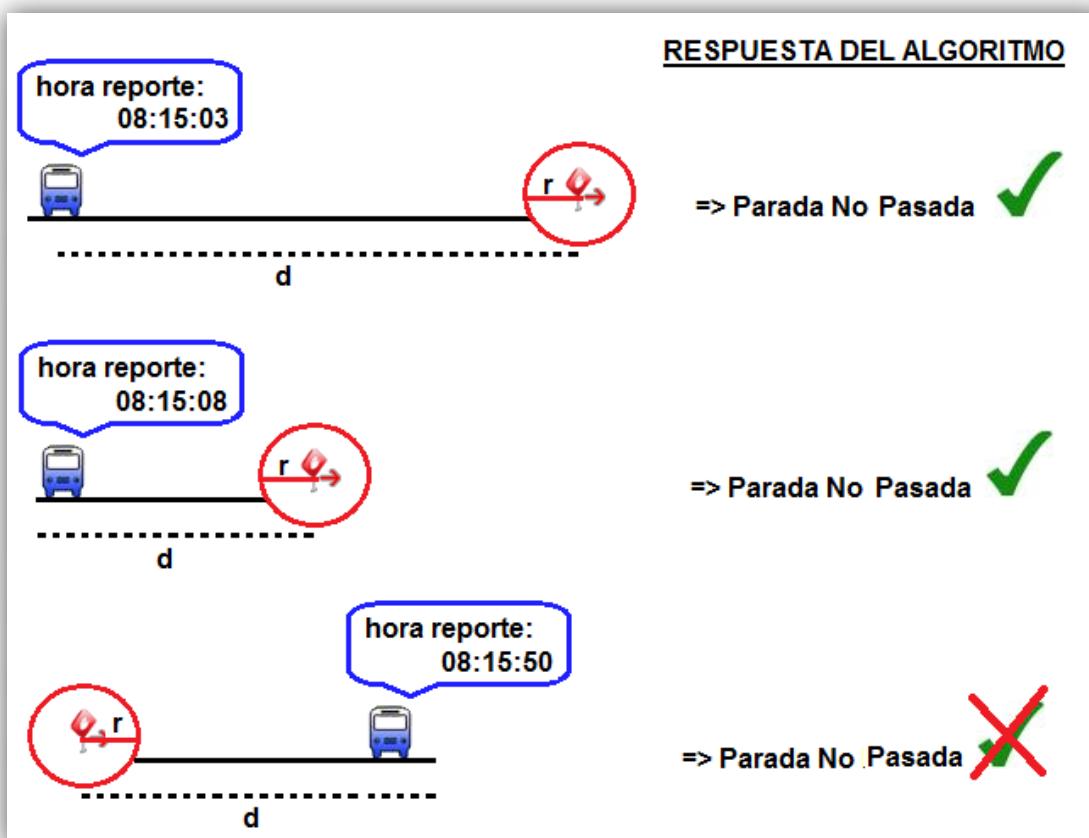
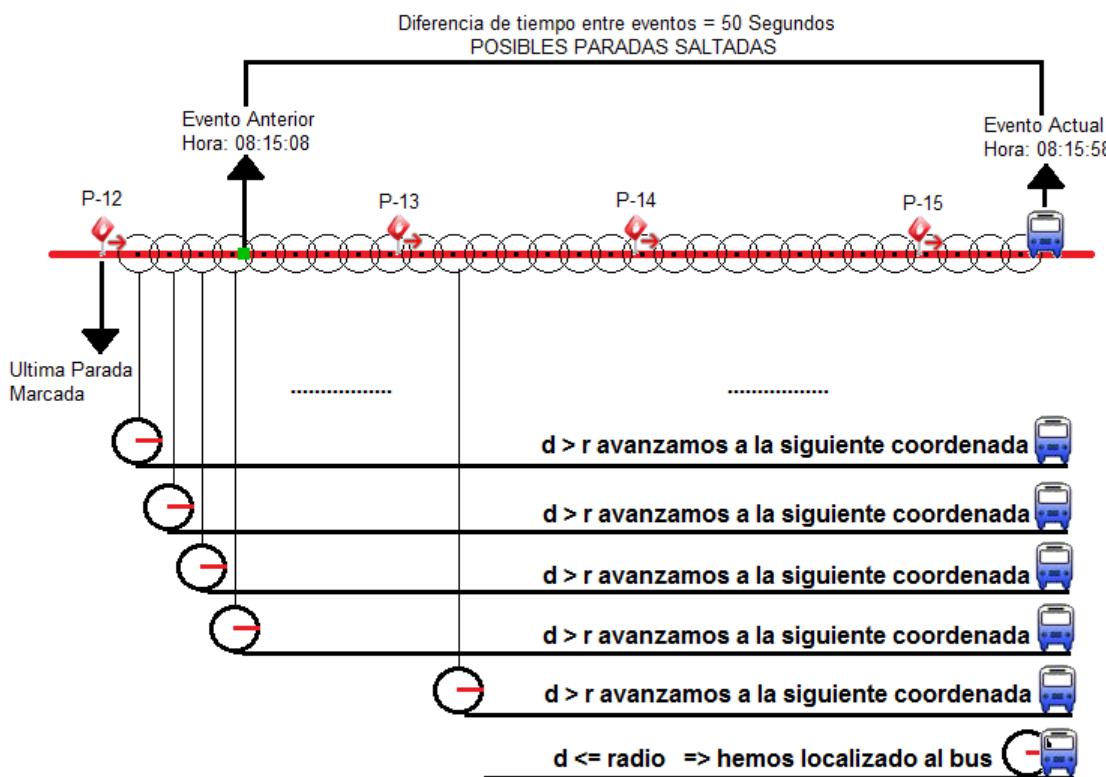


Fig. 127 - Fallo en el tiempo de reporte del GPS y respuesta del algoritmo.

Es evidente que no se puede manejar un problema como la falta de cobertura o la escasa señal en dispositivo GPS porque está establecida como una limitación, lo que se puede hacer es detectar el caso citado y realizar modificaciones al algoritmo para que sea capaz de detectar los casos en los cuales hubo un retraso en la comunicación y pueden haberse saltado paradas. La solución aplicada al siguiente problema es obtener el momento (hora) del reporte anterior y el actual, restar ambos tiempos obteniendo así la diferencia, que debería ser de 5 segundos, o mayor si existió algún problema por el cual no pudo reportarse a tiempo. Si la diferencia de tiempo es mayor a 5 segundos se supone que pudo haber sucedido algo no esperado que puede ocasionar una perdida en la continuidad de la lista de paradas a visitar.

Volviendo a la Fig. 124, y en base a la definición de Itinerario, se tienen los siguientes datos: el conjunto de coordenadas (puntos y paradas) ordenadas que forman el itinerario. Se define un radio de 50 metros (teniendo en cuenta la distancia de 40 metros entre cada uno de los puntos de coordenadas especificados en el primer objetivo, esto permite que el reporte del GPS tracker siempre se ubique dentro del área de algún punto) para todos los puntos coordenadas y tomando como punto de partida la última parada que fue marcada se avanza por los puntos de coordenadas siguientes, aplicando el mismo método de detección que se utiliza para las paradas, pero con los puntos de coordenadas para detectar si el ómnibus esta dentro o fuera del área. Al ir pasando paradas que se supone fueron pasadas por alto, se van guardando en una lista temporal y al momento de encontrar una distancia que sea menor o igual al radio de un punto coordenada, se verifica la lista, si tiene alguna parada se marca como visitada, de lo contrario si la lista está vacía, significa que durante el error en el tiempo de reporte del GPS, no se saltó ninguna parada por tanto el algoritmo puede seguir su flujo normal. En la Fig. 128 se ejemplifica la solución al problema del fallo en el tiempo de reporte del GPS.



=> Marcar las paradas P-13, P-14, P-15 como visitadas, quedando P-15 como ultima parada visitada

Fig. 128 - Solución al fallo en el tiempo del reporte del GPS.

Aplicando esta solución es posible relocalizar al ómnibus, entonces se puede detectar cuales son las paradas que pudo haberse salteado.

- 4) *En caso de producirse algún desvío no planificado en el itinerario, poder recalcular la posición en el momento en el cual el ómnibus retoma el itinerario y detectar cuáles son las paradas que pudieron ser saltadas.*

Muchas veces puede suceder que durante el recorrido el ómnibus se desvíe del itinerario por motivos que pueden ser: calles en reparación, accidentes, desvío para recoger estudiantes de colegios nocturnos, zonas de peligro en la noche, etc. No es posible prever el desvío que puede realizar un ómnibus por no existir un sistema de información de tráfico que brinde dichas informaciones, tampoco se puede identificar por cuánto tiempo estará fuera del itinerario normal. Lo que se plantea como solución para recalcular la posición del ómnibus es que una vez que el mismo ingresa nuevamente a su itinerario, utilizar el mismo método definido en el objetivo 3, y conocer si durante el desvío salto alguna de sus paradas por las cuales debería pasar.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

-
- 5) Detectar si un determinado ómnibus por algún motivo ingresa a su terminal
(La empresa de ómnibus).

En ocasiones sucede que el ómnibus ingresa a la empresa (terminal) para realizar limpiezas, reparaciones, cambio de conductor u otros motivos que ocasionan una interrupción en el funcionamiento normal del itinerario. En caso de que un determinado ómnibus ingrese a la terminal, se denomina fuera de servicio, y depende del motivo por el cual ingreso el tiempo que estará fuera de servicio. Por ej. no tardará el mismo tiempo en realizar un lavado del ómnibus que si ingresa por un desperfecto mecánico que muchas veces hasta puede no salir más durante el día. Para solucionar dicho problema, se trazó una circunferencia con un radio de 150 metros tomando como punto central la terminal, si el ómnibus se detiene por un periodo mayor a 2 minutos entonces es considerado fuera de servicio y el algoritmo lo detecta como tal. Si vuelve a salir de la circunferencia establecida, el algoritmo se encarga de relocalizarlo (utilizando el método definido en el objetivo 3) a la posición correspondiente dentro del itinerario. La imagen de la Fig. 129 es una foto satelital de la terminal donde se detienen los ómnibus cuando están fuera de servicio, para determinar la medida del radio es indispensable realizar las mediciones correspondientes.



Fig. 129 - Circunferencia que determina el espacio físico de la terminal.

- 6) Cálculo y actualización del tiempo que le toma a cada ómnibus llegar de una parada a su siguiente.

Cada vez que un ómnibus pasa por una parada, se almacena en la base de datos la información necesaria de tal evento, principalmente la hora, el número de parada pasada, el ómnibus que la pasó, etc. Tomando como punto principal la hora en la cual fue pasada una parada y el momento en el cual el ómnibus arribo a la siguiente parada se puede determinar el tiempo que le tomó llegar de una parada a su siguiente. El tiempo se obtiene de la diferencia entre ambos eventos como indica la Fig. 130.

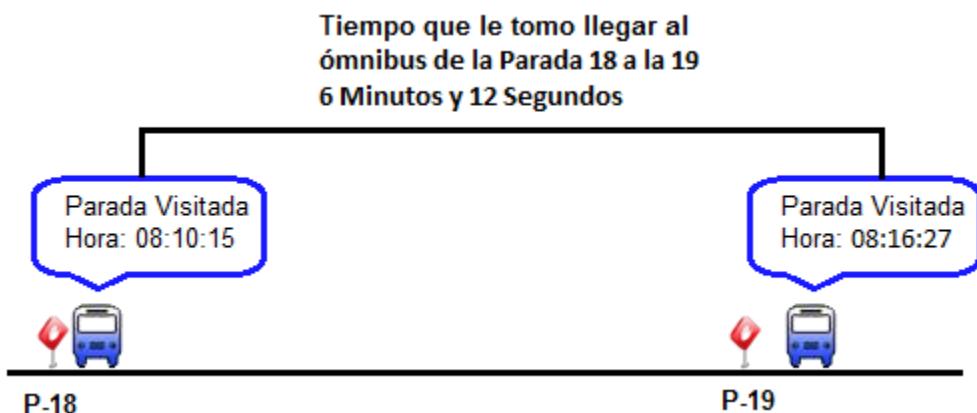


Fig. 130 - Tiempo de viaje entre dos paradas continuas.

Para cada parada que se pase se puede guardar el tiempo, que será utilizado posteriormente para realizar la predicción, es decir de P-1 a P2, de P-2 a P-3, de P-3 a P-4 y guardar los tiempos para el itinerario completo. Un tema muy importante es que el tiempo que se obtiene no es solamente el del viaje del ómnibus entre parada y parada, sino también se consideran tiempos de ascenso y descenso de pasajeros, semáforos, paradas con mayor concurrencia de personas, etc. Es decir, que en el momento que un ómnibus pasa una parada, puede detenerse a incorporar pasajeros, luego continua hacia la siguiente parada y al momento de llegar a ésta se obtiene el tiempo completo. No todos los días a un ómnibus le toma el mismo tiempo llegar de una parada a su siguiente, por diferentes factores que pueden ser el tráfico, días de semana, horas pico, franjas horarias son algunos de ellos y pueden intervenir en la veracidad del tiempo obtenido. Tomando en cuenta estos factores se incorporó al algoritmo la funcionalidad para que pueda actualizar constantemente los tiempos en

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

caso de ser necesario. Por ejemplo, en un día de mucho tráfico al ómnibus le tomará más tiempo llegar de una parada a la siguiente, provocando que el tiempo almacenado en la base de datos no sea real. Para realizar la actualización se obtiene el tiempo guardado y se compara con el actual, tomando un margen de error de 34 % (+ y -) para evaluar si la variación de tiempo es normal, por ej.: el tiempo almacenado en la base de datos para llegar de la parada P-18 a la P-19 es de 6 minutos y 12 segundos, en un cálculo en un día de mayor tráfico se obtiene un tiempo de 7 minutos y 10 segundos, evaluando de acuerdo al margen de error se puede decir que es correcto, por ende se procede a promediar ambos tiempos y almacenar el nuevo valor en la base de datos. El cálculo de obtención del margen de error se explica en el Anexo12. Este procedimiento NO se realiza en el caso de que se haya reportado un error en el tiempo de comunicación entre el GPS y el servidor. La actualización de tiempo es un elemento más que importante, teniendo en cuenta que todos los ómnibus de todos los itinerarios están adaptando constantemente el tiempo guardado, obteniendo resultados cada vez más exactos y reales.

3.2.3.2.2 Algoritmo de predicción para el arribo del ómnibus.

El algoritmo de predicción es el encargado de entregar al usuario la información útil necesaria para realizar el viaje ingresado. Las fases que realiza el algoritmo son:

- 1) Recibir los parámetros de búsqueda desde el cliente (Paradas Origen y Destino).
- 2) Buscar los itinerarios que contengan dentro de su lista de paradas el origen y destino seleccionado.
- 3) Se obtienen los ómnibus que realizan los itinerarios encontrados.
- 4) Determinar a qué franja horaria corresponde la búsqueda.
- 5) Predecir el tiempo de llegada, desde la última parada visitada hasta el origen.
- 6) Retornar los resultados al cliente.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fase 1: Recibir los parámetros de búsqueda desde el cliente (Paradas Origen y Destino).

Recibe por medio de la interfaz gráfica del cliente (dispositivo móvil) una parada origen (Fig. 131) y un destino (Fig. 132), es decir de donde se quiere ir y hasta donde.

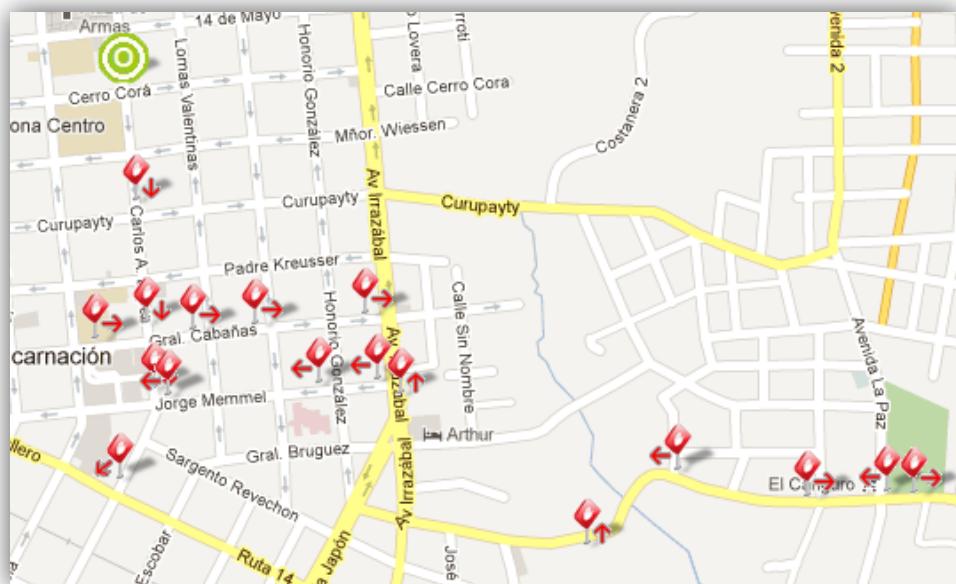


Fig. 131 - Selección de la parada de origen.

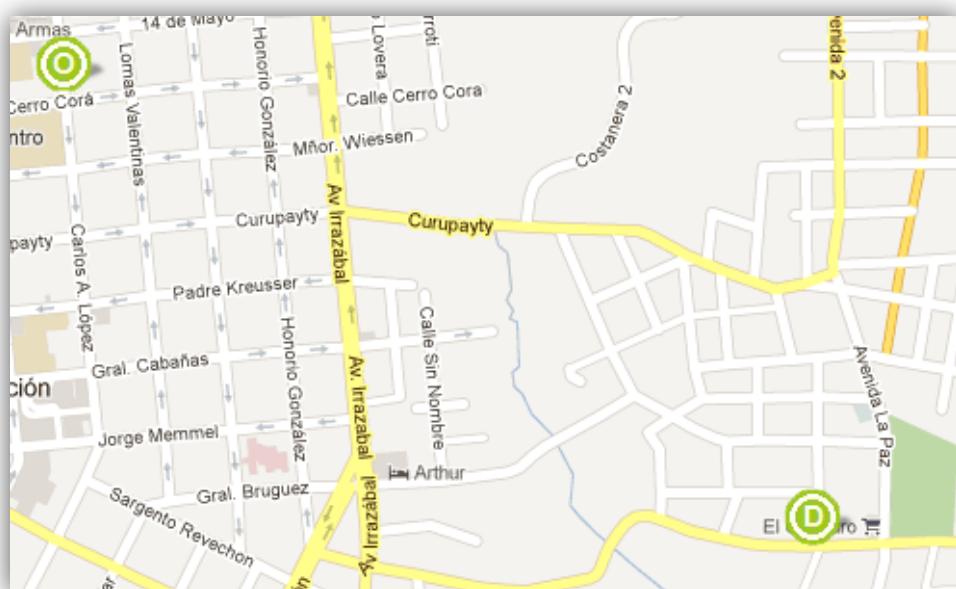


Fig. 132 - Selección de la parada de destino.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Una vez elegidas las paradas de origen y destino, se envían al servidor los números que las identifica. Ej. Parada de Origen: 54, Parada de Destino: 105.

Fase 2: Buscar los itinerarios que contengan dentro de su lista de paradas el origen y destino seleccionado.

Cada itinerario contiene un conjunto de paradas (Fig. 133), algunas de ellas son comunes con otros itinerarios y otras no.

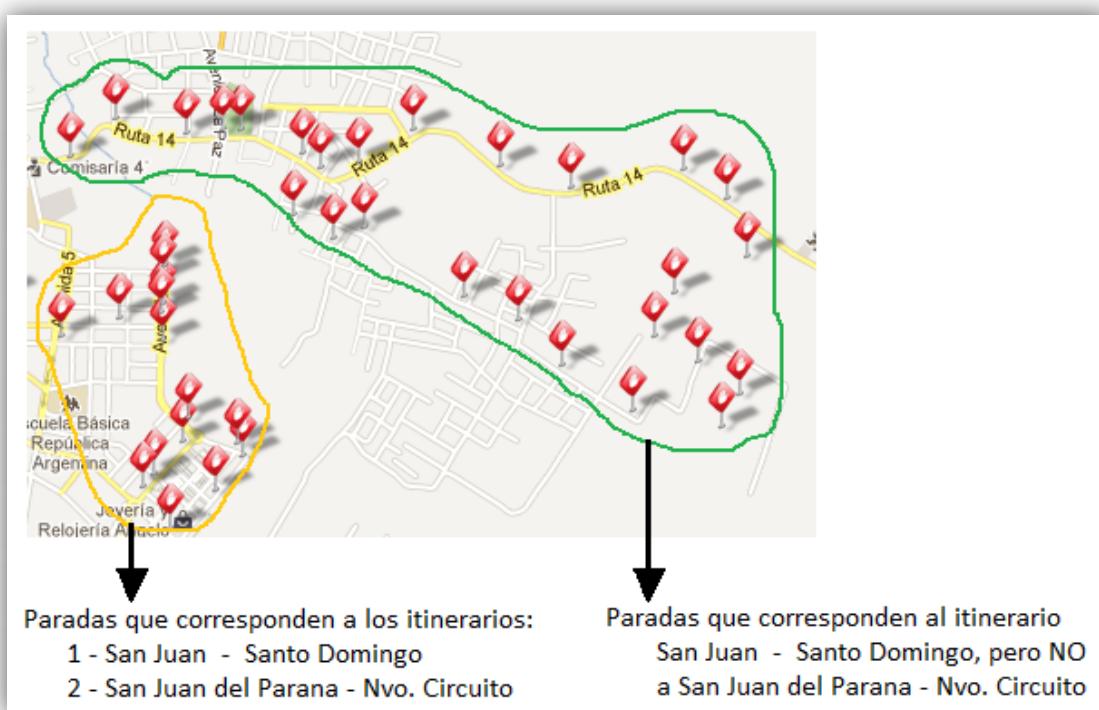


Fig. 133 - Paradas comunes y no comunes.

El algoritmo, en su segunda fase realiza una búsqueda de todos los itinerarios que contengan en su lista de paradas el origen y destino seleccionado. Los resultados pueden ser ninguno, uno o muchos itinerarios que coincidan con la búsqueda (Fig. 134). Por ejemplo:

1ra. Fase	2da. Fase
Origen -> P-54	San Juan - Santo Domingo
Destino -> P-105	San Juan del Paraná - Nvo. Circuito

Fig. 134 - Búsqueda de itinerarios que contengan las paradas de origen y destino.

Fase 3: Se obtienen los ómnibus que realizan los itinerarios encontrados.

Una vez conocidos los resultados de los itinerarios, la tercera fase consiste en obtener todos los ómnibus que están en servicio para cada itinerario del resultado (Fig. 135). Cada ómnibus por medio del dispositivo GPS Tracker está asociado a un itinerario en particular. Por ej. El dispositivo cuyo imei es: tk_012207009022481, pertenece al ómnibus número 10, y cuyo itinerario es San Juan – Santo Domingo.

1ra. Fase	2da. Fase	3ra. Fase
Origen -> P-54	San Juan - Santo Domingo	ómnibus Num. 10, 22
Destino -> P-105	San Juan del Paraná - Nvo. Circuito	ómnibus Num. 15, 16

Fig. 135 - Obtención de ómnibus que forman parte de cada itinerario.

Fase 4: De los ómnibus encontrados, obtener cuales fueron las últimas paradas visitadas.

Para cada uno de los ómnibus que puedan realizar el viaje seleccionado por el cliente, se debe obtener cual fue la última parada visitada, para luego poder determinar a qué distancia del origen se encuentra (Fig. 136). Obs.: La última parada visitada por cada ómnibus es detectada por el Analizador de Track (Cap. 3.2.3.2.1).

3ra. Fase	4ta. Fase
ómnibus 10	Ult. Parada Visitada 15
ómnibus 22	Ult. Parada Visitada 8
ómnibus 15	Ult. Parada Visitada 3
ómnibus 16	Ult. Parada Visitada 25

Fig. 136 - Obtención de la última parada visitada por cada ómnibus.

Fase 5: Determinar a qué franja horaria corresponde la búsqueda.

Cada parada de un itinerario tiene guardado datos como la distancia a la siguiente parada, la dirección o sentido, la posición geográfica y además el “tiempo” que le toma al ómnibus llegar de esa parada a su siguiente. Hay que tener en cuenta que el tiempo (el cual es calculado y actualizado por el analizador de track) no siempre es constante por factores muy comunes por ej. Horas pico, menor frecuencia de pasajeros, horarios nocturnos, etc. Para poder obtener un mejor cálculo en la predicción a realizar se tomaron diferentes franjas horarias, las cuales permiten ajustar con mayor precisión los tiempos en el desplazamiento del ómnibus de una parada a su siguiente. Las franjas horarias se dividen en intervalos de 3 horas cada una teniendo en cuenta el tiempo máximo en completarse un recorrido de los itinerarios analizados, son siete en total y se clasifican de la siguiente manera:

Franja 1 – de 03:00 Hs. Hasta las 05:59
 Franja 2 – de 06:00 Hs. Hasta las 08:59
 Franja 3 – de 09:00 Hs. Hasta las 11:59
 Franja 4 – de 12:00 Hs. Hasta las 14:59

Franja 5 – de 15:00 Hs. Hasta las 17:59
 Franja 6 – de 18:00 Hs. Hasta las 20:59
 Franja 7 – de 21:00 Hs. Hasta las 24:00

Es decir que para cada parada de cada itinerario existen siete tiempos diferentes que están almacenados, esto permite tener una mayor precisión en el momento de calcular la predicción, teniendo en cuenta que el ómnibus no tarda el mismo tiempo de llegar a la siguiente parada en hora pico que en horario nocturno.

Parada 12 a Parada 13

Distancia	Franja 1	Franja 2	Franja 3	Franja 4	Franja 5	Franja 6	Franja 7
2,5 Km	4 Min. y 30 Seg.	6 Min. y 13 Seg.	10 Min. y 15 Seg.	12 Min. y 52 Seg.	7 Min.	6 Min. y 42 Seg.	5 Min. y 2 Seg.

Fig. 137 - Distribución de tiempos en relación a las franjas horarias establecidas.

En la Fig. 137, de la parada 12 a la parada 13 se puede observar la variación de tiempo que hay entre las diferentes franjas horarias, solamente tomando de la parada 12 a la 13, por ende si no se realizan las franjas horarias cuanto mayor sea el viaje se pueden obtener diferencias de tiempos mayores. Cuando llega desde el cliente una solicitud de búsqueda en base a un origen y un destino, se obtiene la hora actual en el servidor y de acuerdo a esto se determina dentro de que franja horaria se tomarán los tiempos para el cálculo de predicción.

Fase 6: Predecir el tiempo de llegada, desde la última parada visitada hasta el origen.

Una vez detectada la franja horaria en la cual recae el pedido de búsqueda, queda por sumar los tiempos y las distancias (almacenados en cada parada de cada itinerario) entre la última parada visitada y la parada seleccionada como origen, teniendo en cuenta solamente los ómnibus que puedan realizar el viaje y que no estén fuera de servicio. Se recorre la lista de paradas de cada itinerario desde la última parada visitada hasta encontrar al origen y se acumulan los tiempos (almacenados en segundos) y distancias (almacenados en km) como indica la Fig. 138.

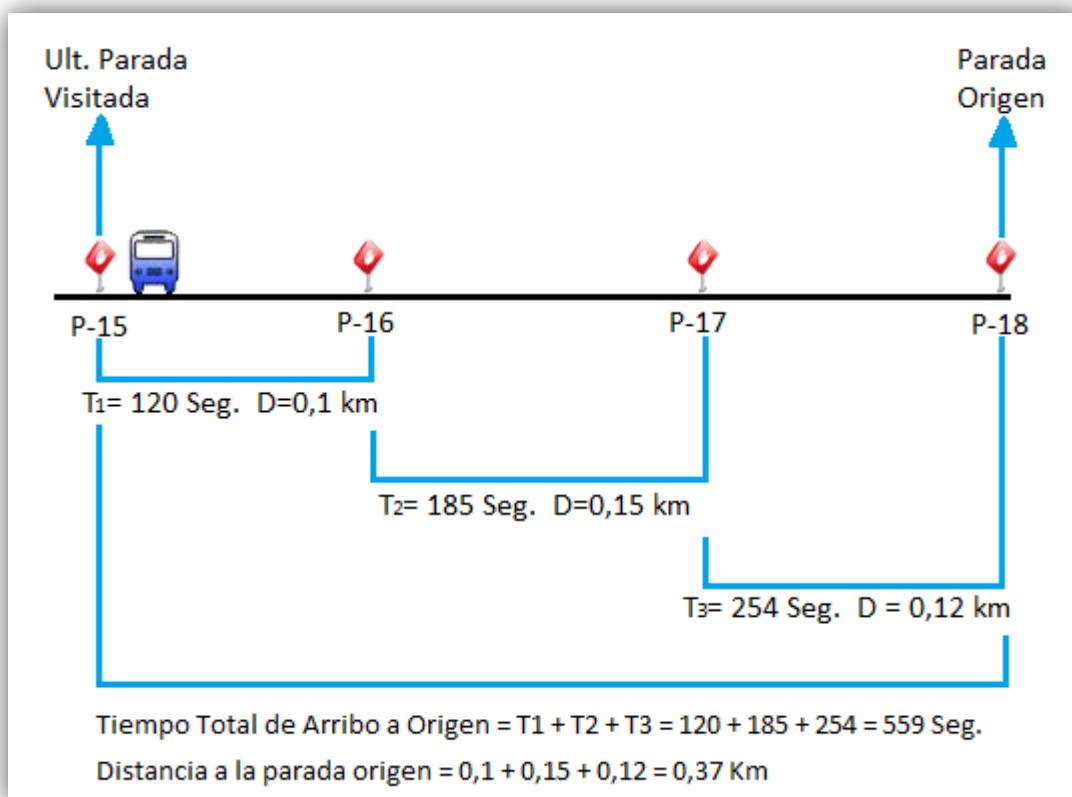


Fig. 138 - Sumatoria de tiempos y distancia entre paradas.

Este proceso que se observa en la Fig. 138 se realiza con cada uno de los ómnibus de cada itinerario, luego se seleccionan los 3 mejores tiempos que serán enviados al cliente que solicita la búsqueda.

Fase 7: Retornar los resultados al cliente.

Una vez obtenido los resultados de búsquedas, se realiza una cadena de texto para ser enviado al cliente, el formato de la cadena enviada es el siguiente:

C-XX | Tiempo | Distancia

Dónde:

C-XX -> es el número de colectivo

Tiempo = tiempo que tardara el ómnibus en llegar a la parada seleccionada como origen.

Distancia = distancia en la que se encuentra el ómnibus (en relación a su última parada pasada) para llegar a la parada origen.

Ejemplos:

C-22 | 32 Min. 24 Seg. | 27 km.

C-10 | 58 Min. 12 Seg. | 35 km.

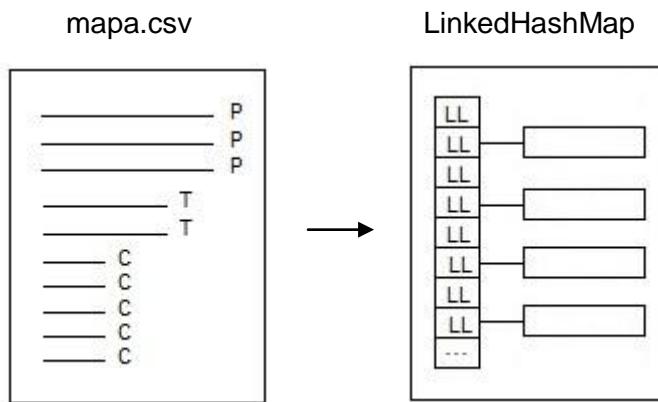
Ordenados de acuerdo al menor tiempo de arribo.

3.2.3.2.3 Algoritmos de generación automática de archivos SQL y carga del sistema.

Para realizar la carga de datos al sistema (datos de itinerarios, paradas, tramos y coordenadas simples) se desarrolló un algoritmo que genera de forma automática archivos SQL, archivos de configuraciones y de informaciones a partir de un solo archivo de mapa (CSV, desarrollado en el Cap. 3.2.4). Estos archivos SQL posteriormente pueden ser ejecutados directamente en el motor de base de datos y cargar todos los datos de una sola vez. El algoritmo consta de dos partes:

- 1) Algoritmo de generación automática de los archivos: de coordenadas sql, de información y configuración de los tramos de itinerarios.

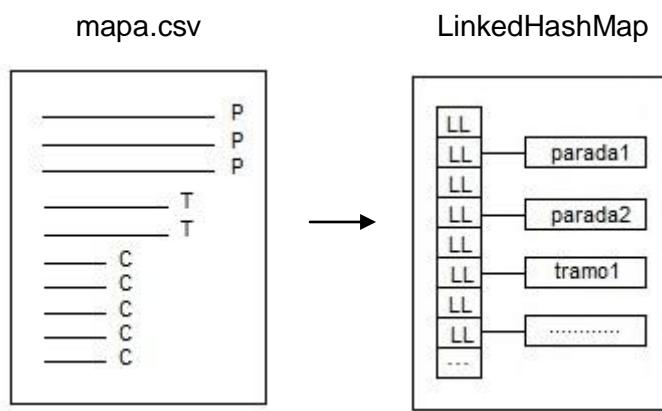
1.1) Se lee línea por línea todo el archivo mapa.csv y se cargan todas las coordenadas en un LinkedHashMap. (Obs.: Sólo se cargan las líneas del archivo que son coordenadas simples; no paradas, no tramos). Luego se retorna el LinkedHashMap creado y cargado con las coordenadas.



En la imagen, el archivo mapa.csv simboliza la línea de texto que contiene información sobre una parada con la letra “P”, con la letra “T” la línea que contiene información sobre un tramo, y la letra “C” la línea del archivo que contiene información sobre una coordenada simple. La “C” es la única que se tendrá en cuenta en este punto para la carga del LinkedHashMap, cuya clave se simboliza con las letras “LL”, que significan “latitud y longitud”. Obs.: Hasta este punto el LinkedHashMap solo contiene las claves de todas las coordenadas simples. La clave es la concatenación de la latitud y longitud de una coordenada.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

1.2) Se lee el archivo mapa.csv línea por línea, y se setea el LinkedHashMap en base a la clave de la parada o del tramo leído (latitud + longitud), dependiendo del caso. Es decir, en este punto se cargan y especifican cuales de las coordenadas cargadas en el punto 1.1 son paradas o puntos de inicio y fin de tramos. Luego se retorna el LinkedHashMap seteado.



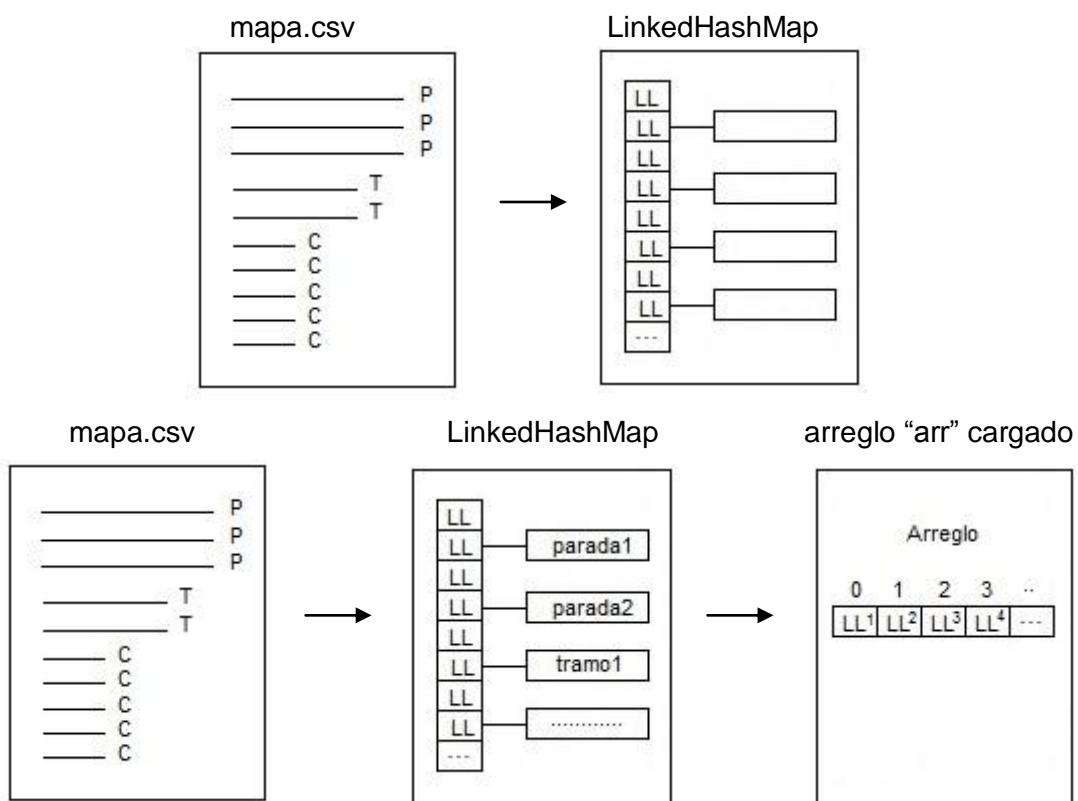
1.3) Se recorre el LinkedHashMap para escribir los tres archivos: de coordenadas sql, de información y configuración (inicio y fin) de los tramos de itinerarios. Se utilizan formatos diferentes para cada uno de los archivos; éstos dependen de la lectura del LinkedHashMap y su contenido. Resultado:



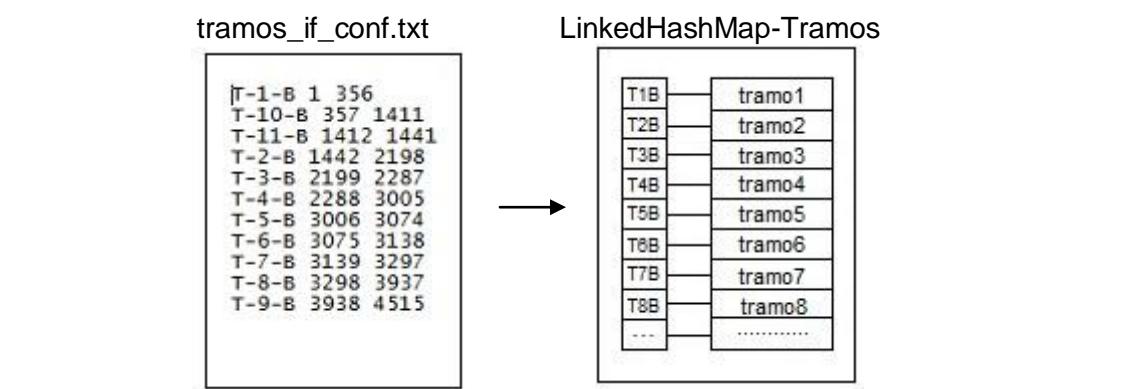
Obs.: El archivo tramos_inf.txt (información de tramos) se utiliza para crear los archivos de configuración de cada itinerario (Cap. 3.2.4.3). Una vez creado el archivo de configuración para cada itinerario se procede a ejecutar el algoritmo de generación automática de archivos de itinerarios sql.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**2) Algoritmo de generación automática de archivos de itinerarios sql.**

2.1) Carga de las coordenadas del archivo mapa.csv a un arreglo: Para realizar la carga del archivo mapa.csv a un arreglo lo que se realiza primeramente es lo mismo que el punto 1, y ese resultado se carga a un arreglo, esto para que en pasos posteriores se pueda acceder y recorrer el arreglo a través de sus índices. A continuación se representan los pasos:

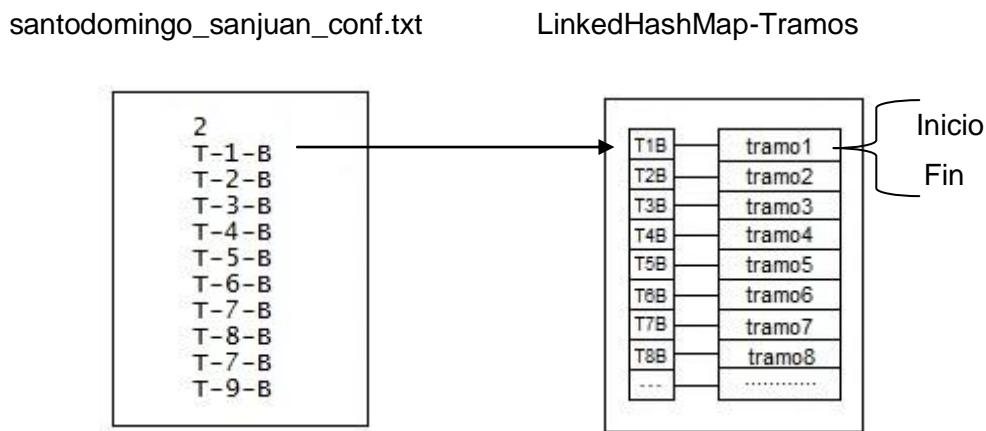


2.2) Carga de todos los tramos con su inicio y fin en un LinkedHashMap: En este punto, lo que se realiza es leer el archivo tramos_if_conf.txt generado en el punto 1 de esta sección y cargarlo en un LinkedHashMap (como indica la figura) para su posterior uso.

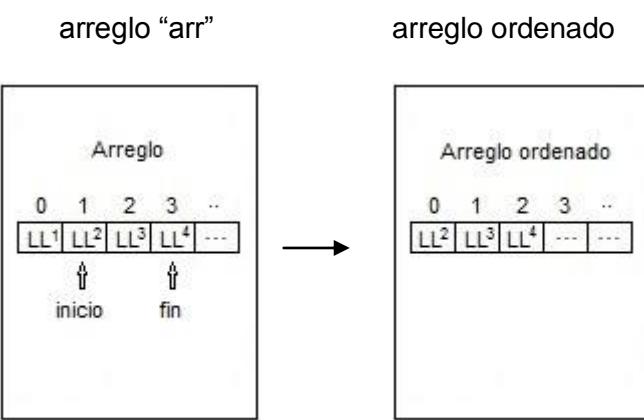


2.3) Orden del arreglo “arr” (del punto 2.1) en base al archivo de configuración del itinerario (por ej.: santodomingo_sanjuan_conf.txt) y el LinkedHashMap-Tramos.

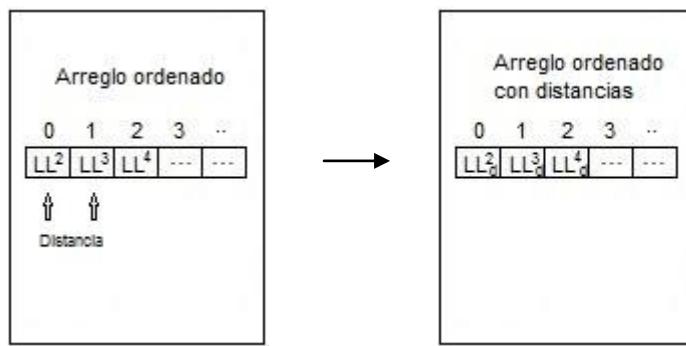
Para ordenar el arreglo “arr”, primeramente se lee el archivo santodomingo_sanjuan_conf.txt, se busca en el LinkedHashMap-Tramos el tramo correspondiente en base a la clave y se obtiene el inicio y fin del mismo.



Luego, en base al inicio y fin del tramo obtenido (utilizados como índices), se recorre el arreglo “arr” (de inicio a fin) y se cargan los valores en un nuevo arreglo que se irá creando de forma ordenada de acuerdo a la configuración del itinerario.



2.4) Cálculo de distancia entre paradas en base al arreglo ordenado: Para agregar las distancias entre paradas, primeramente se recorre el arreglo ordenado calculando las distancias entre cada una de las coordenadas. Como ejemplo se toma la coordenada LL2, se calcula su distancia a su próxima coordenada (LL3 en este caso), una vez obtenida la distancia, se guarda la misma como atributo de LL2.



Obs.: El último valor del arreglo ordenado se compara con el primer valor para el cálculo de distancia.

Una vez obtenida todas las distancia de una coordenada a otra, se recorre el arreglo (arreglo ordenado con distancias cargadas) de parada a parada, sumando en el recorrido las distancias de las coordenadas que las unen. Cada vez que se pase por una nueva parada se setea la distancia de su parada anterior con el resultado de la sumatoria de distancias entre coordenadas.

2.5) Generación del archivo de itinerario sql.

Para generar el archivo sql simplemente se obtiene el id del itinerario que se encuentra en la primera línea del archivo de configuración (santodomingo_sanjuan_conf.txt), luego se recorre el arreglo ordenado con distancias y se crea el archivo del itinerario.sql.

Obs.: Los archivos sql de itinerario se generan de manera individual, es decir, se ejecuta el algoritmo por cada itinerario a generar.

3.2.4 Obtención, Edición y Carga de datos por defecto.

A continuación se detallan los pasos a seguir para obtener, editar y cargar los datos ó informaciones reales necesarias para el buen funcionamiento de la aplicación móvil. Estos datos son:

- Itinerarios que realizan los ómnibus. Es decir, las rutas y calles por donde transitan y realizan sus recorridos las líneas de transporte.
- Las paradas que se encuentran dentro de los itinerarios.
- Los puntos de inicio y fin de los tramos de los itinerarios.

Obs.: Los datos de los itinerarios, paradas y puntos de inicio y fin son en formato de coordenadas geográficas.

3.2.4.1 Paso 1: Obtención de datos.

Para la obtención de datos se utilizó un dispositivo móvil Samsung Galaxy SII con el software My Tracks instalado en el mismo (Fig. 139). Ambos referenciados en el apartado 3.1.1.6 y 3.1.2.3.7 de este documento.



Fig. 139 - Dispositivo móvil y software utilizado para la obtención de datos.

Con la utilización de estas herramientas, se realizaron los recorridos que permitieron obtener los datos (puntos de coordenadas geográficas) de los itinerarios, paradas y puntos de inicio y fin. Los recorridos fueron realizados en forma física y real, almacenando automáticamente de esta forma todos los puntos (coordenadas geográficas) por la cual pasaba el ómnibus, así también fueron marcados los puntos donde se encontraban las paradas. En la Fig. 140 se observa una captura de pantalla de la aplicación.



Fig. 140 - Las líneas rojas son los itinerarios y las marcas de color azul las paradas señaladas.

Una vez obtenidos todos los datos necesarios, éstos son exportados como archivo de extensión “GPX” desde el mismo My Tracks.

3.2.4.2 Paso 2: Edición de datos.

1) Una vez obtenido el archivo GPX, se utiliza el software MapSource (referenciado en el Cap. 3.1.2.3.4 de este documento) para editar todos los puntos de coordenadas necesarios.

En este caso, se utilizará para corregir las rutas de los itinerarios, agregando y uniendo puntos de coordenadas, borrando puntos y dividiendo los itinerarios en tramos, visualizando y corrigiendo puntos muy distantes unos de otros. En la Fig. 141 y Fig. 142 se muestran un ejemplo de edición y las herramientas que se utilizan generalmente en el programa MapSource, así también las propiedades e informaciones que se pueden visualizar en las propiedades del track.

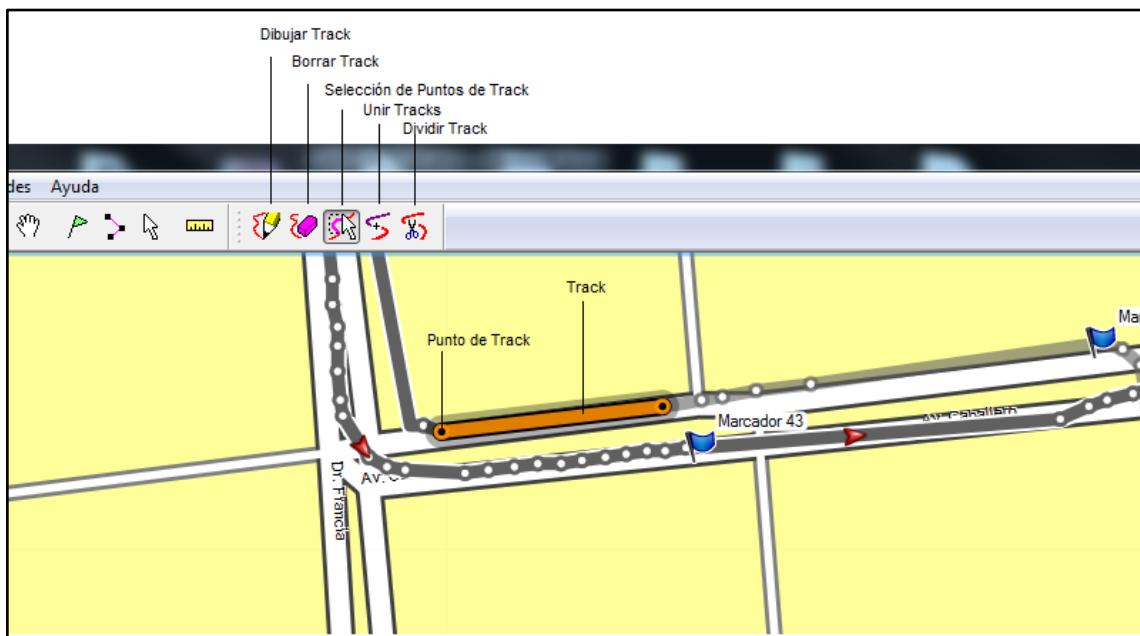
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 141 - Ejemplo de edición con MapSource.

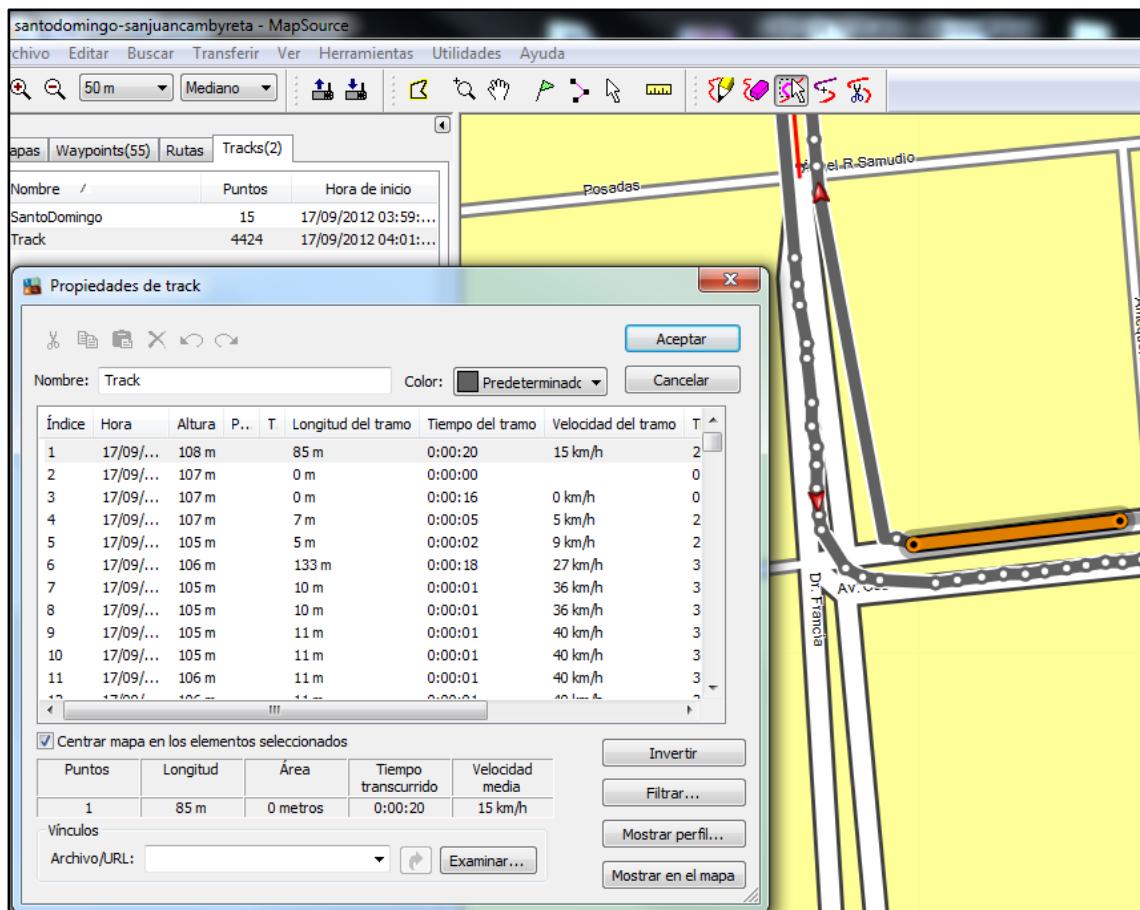


Fig. 142 - Propiedades del track.

A continuación se muestra un ejemplo sencillo de cómo dividir un itinerario (track) completo en tramos:

En la Fig. 143 se visualiza un ejemplo sencillo de un track completo.



Fig. 143 - Track completo.

En la Fig. 144 se visualiza como el track fue dividido en dos tramos.

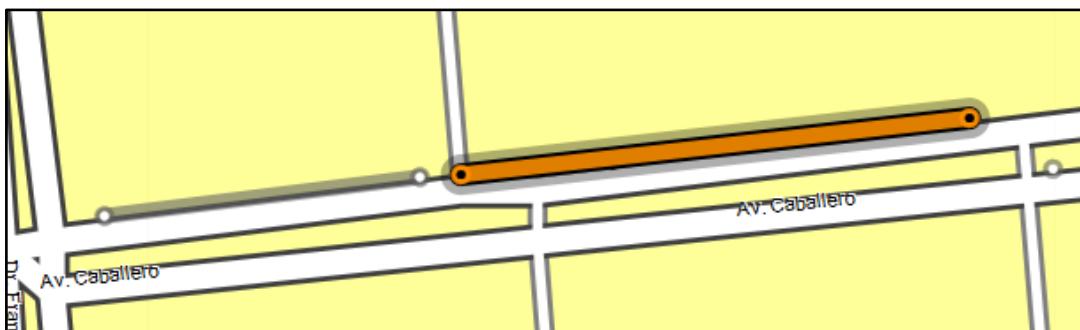


Fig. 144 - División de un track en dos.

Obs.: La división de tramos se realiza para la reutilización de calles de los itinerarios, así también las paradas.

Una vez editado todo el mapa de coordenadas, el nuevo mapa editado guardar con formato “GDB”, el cual permitirá seguir editándolo y añadiendo información con la herramienta Google Earth.

Un dato muy importante en el momento de edición es que cada punto de coordenada debe ser único. No pueden existir dos puntos de coordenadas repetidos. La existencia de dos puntos repetidos puede provocar el mal funcionamiento de la aplicación, así también la generación de errores en el momento de la carga de datos más adelante.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

2) Hasta este punto ya se tiene el archivo GDB del mapa editado con sus marcas de posición, tramos y puntos de coordenadas corregidos. Se utiliza la herramienta Google Earth (referenciado en el Cap. 3.1.2.3.6 de este documento) y en el menú de “Herramientas” se elige “GPS”, luego importar desde archivo y se marca: Hitos, Seguimientos, Rutas, KML LineStrings y Ajustar altitudes a altura del suelo y luego “importar”. Se indica donde se encuentra el archivo GDB y listo (Fig. 145).

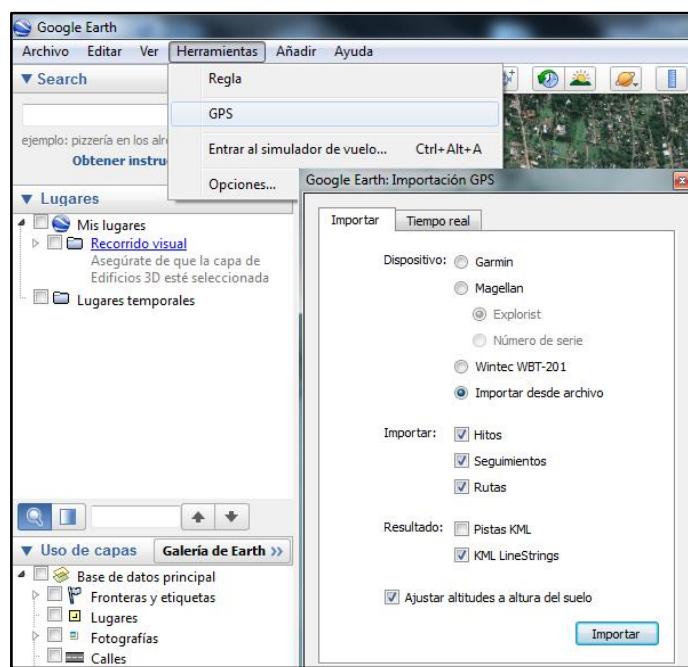


Fig. 145 - Importación de archivos en Google Earth.

3) Una vez importado el mapa, se creará la estructura con la cual se trabajará y funcionaran las coordenadas en la carga de datos (Fig. 146). Se tendrá tres carpetas dentro del directorio raíz llamado “mapa”. La primera carpeta será “Paradas”, la cual contendrá todas las coordenadas e informaciones sobre las paradas; la segunda “InicioFin” contendrá todas las coordenadas de donde comienzan y terminan los tramos; y la tercera carpeta “Tramos” contendrá todas las coordenadas que forman los tramos.

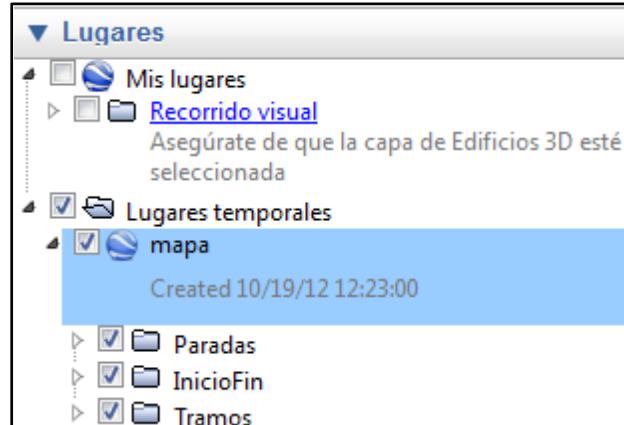


Fig. 146 - Estructura de archivos utilizados en el trabajo de tesis.

Para editar el nombre del mapa o carpetas simplemente se hace click derecho sobre el nombre y luego se elige cambiar nombre (Fig. 147). Se realiza lo mismo para agregar una carpeta, a diferencia que se elige añadir carpeta.

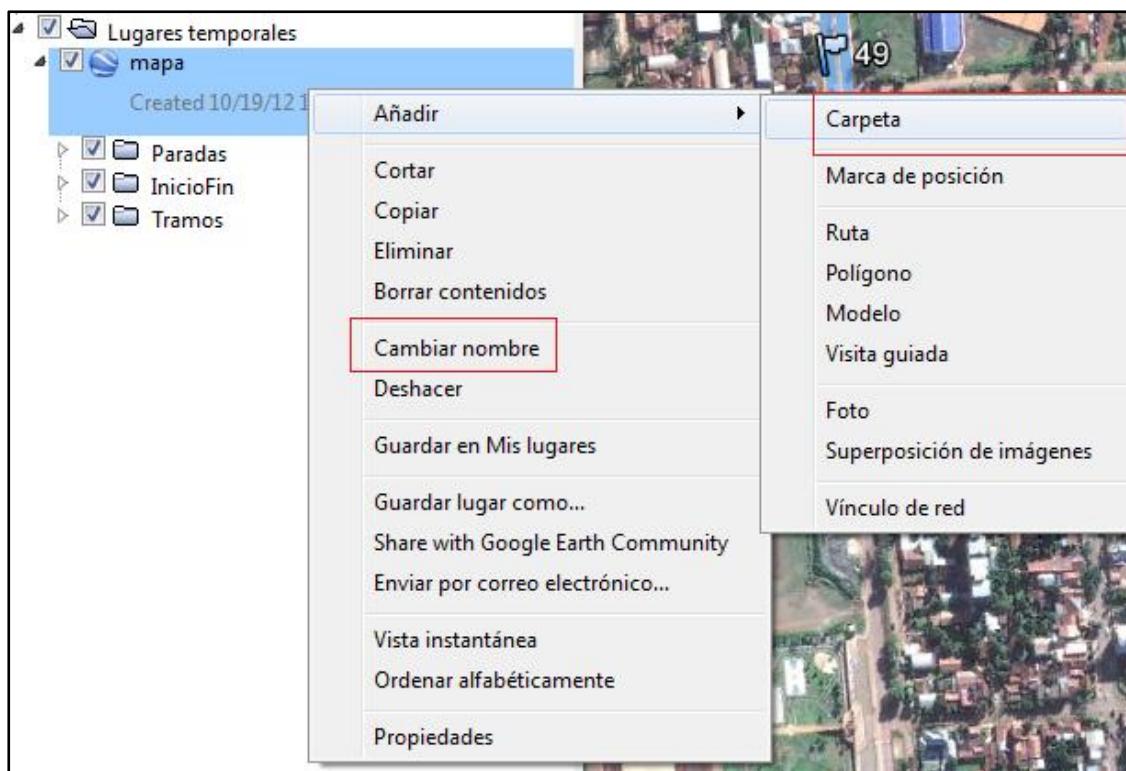


Fig. 147 - Edición de nombres de archivos.

4) A continuación se cargará información a cada parada (Fig. 148), se asignará un nombre, una dirección y un sentido de la siguiente manera: primeramente se expandirá la carpeta “Paradas”, luego se hará click derecho sobre una parada y se elegirá “Propiedades”, en el campo “Nombre:” se ingresará el nombre que contendrá dicha parada (en este caso será el número 1), la latitud y longitud se mantienen como están (puesto que esta información ya fue cargada inicialmente en la obtención de datos). Luego en el campo “Descripción” se ingresará la dirección donde se encuentra la parada seguida de una “,” (coma) y luego el sentido de la parada. Es muy importante respetar este formato.

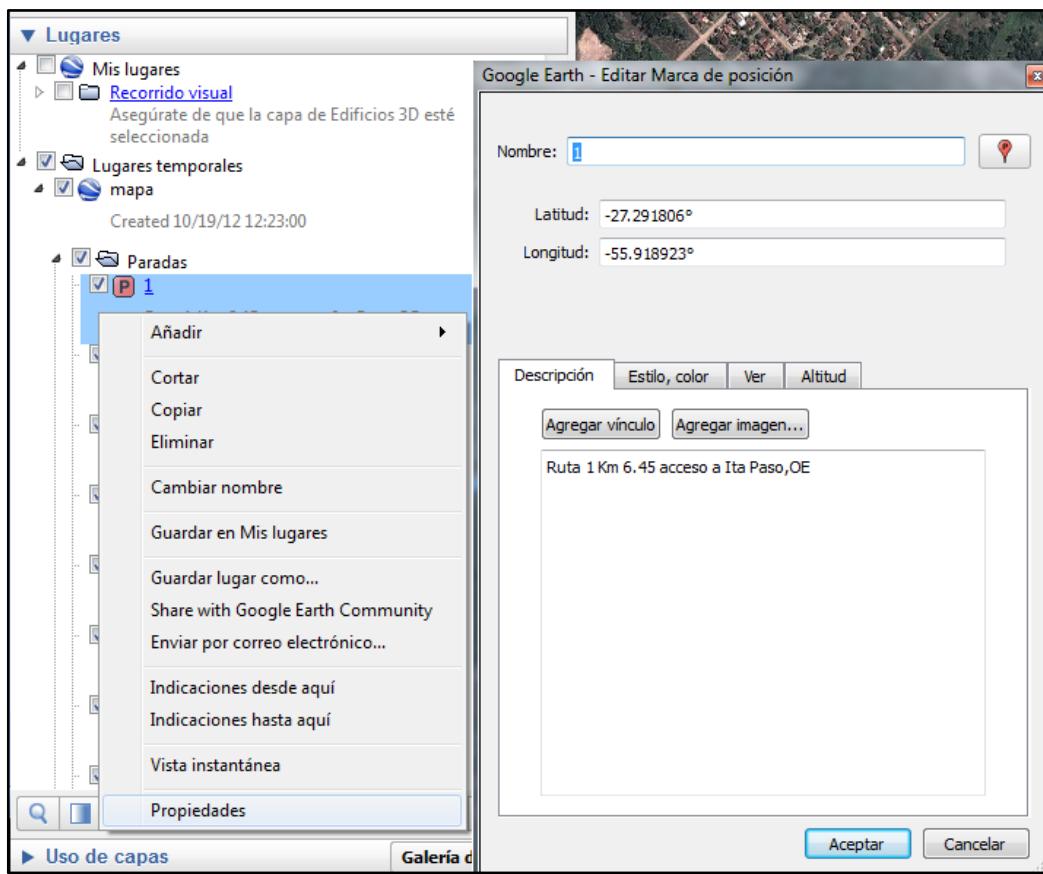


Fig. 148 - Cargando informaciones de paradas.

5) Luego se añadirán “Marcas de Posición”, que serán las marcas de inicio y fin de un tramo determinado. Todos los tramos deben tener sus marcas de inicio y fin. Ya que de esto depende la carga de datos. El formato del nombre del Inicio de un tramo es T-1-A, en donde la T indica que es un tramo, el numero 1 indica que es el tramo número uno, y la A indica que es el inicio. El formato del nombre del fin de un tramo es T-1-B, en donde a diferencia del inicio la ultima letra es una B (Fig. 149).

Para añadir marcas de posición, hacer clic en el menú “Añadir”, luego elegir “Marca de posición”. Si es el inicio del Tramo con el formato A y si es el fin del tramo con el formato B en el nombre (Fig. 150). La latitud y Longitud deben ser las coordenadas exactas donde se encuentra el punto del tramo, ya sea el inicio o el fin.

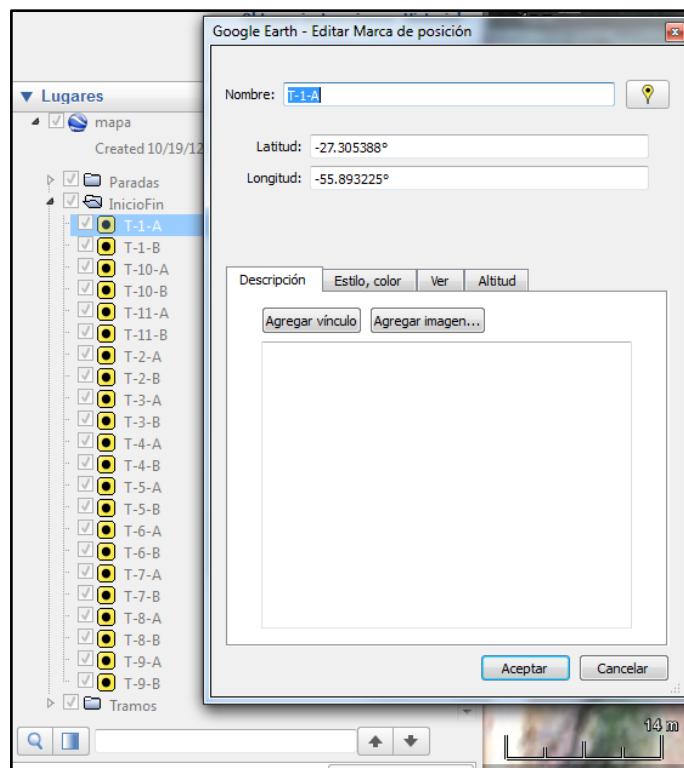
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 149 - Creando marcas de posición.

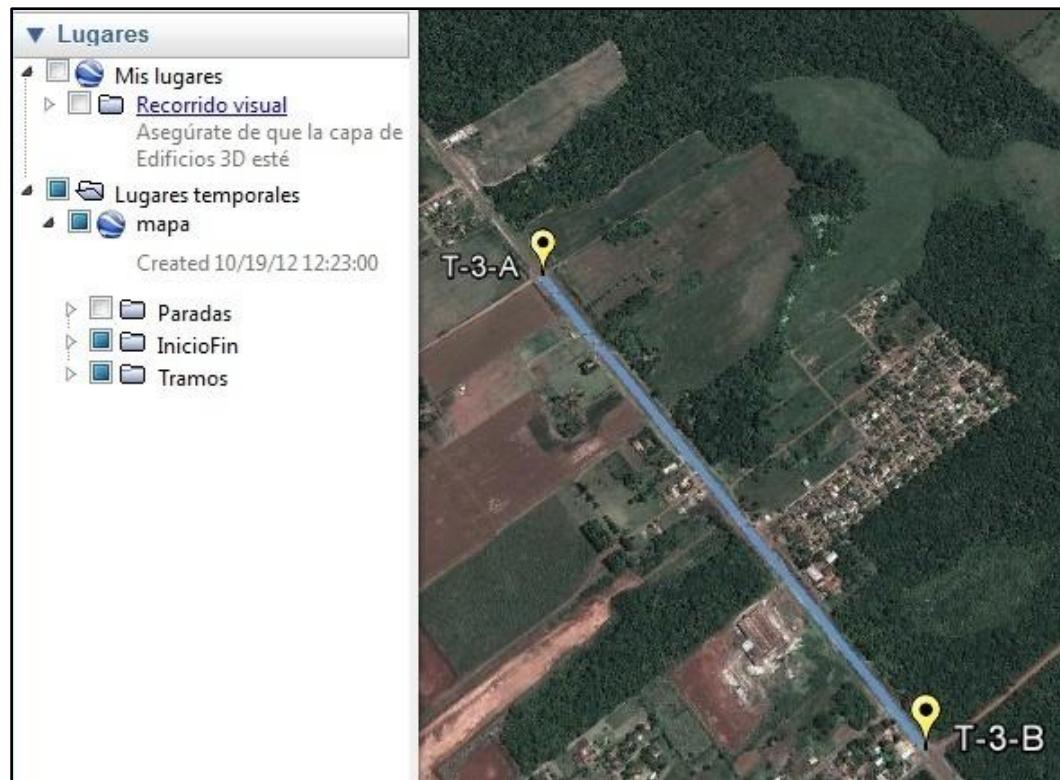


Fig. 150 - Visualización de un tramo del itinerario.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

6) Para los tramos solo se utilizará el Path de cada uno, el resto eliminar haciendo click derecho y luego Eliminar (Fig. 151).

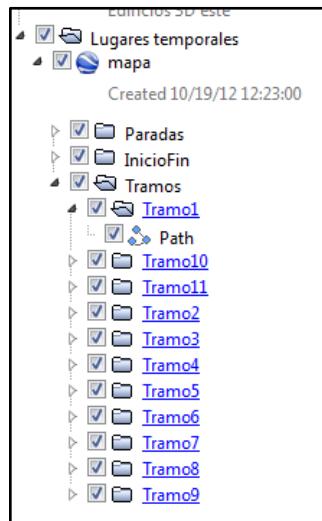


Fig. 151 - Eliminación de archivos innecesarios.

Para editar un tramo, mover los puntos o simplemente visualizar cada uno de ellos, hacer click derecho sobre el Path y luego Propiedades como muestra la Fig. 152. Esto mostrará cada uno de los puntos de coordenadas que componen el tramo. Haciendo click izquierdo sobre el punto rojo se puede mover, y con click derecho se puede agregar nuevos puntos para el tramo como muestra la Fig. 153.

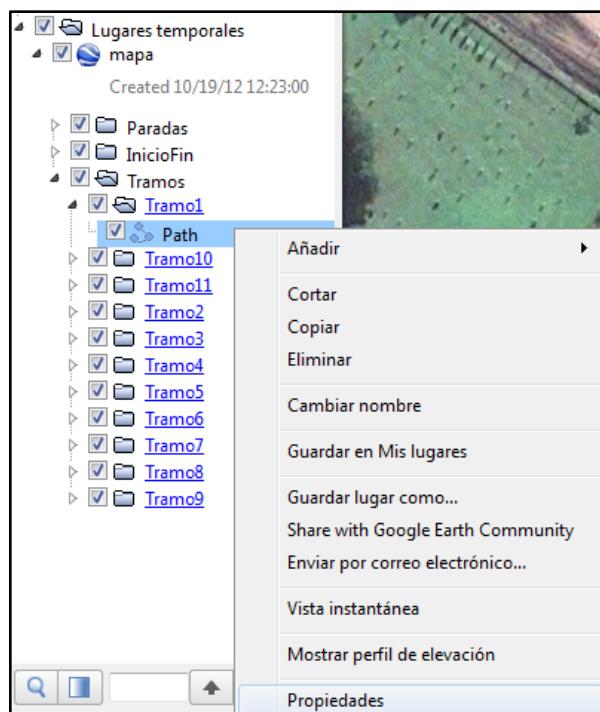


Fig. 152 - Visualizando puntos de Track.

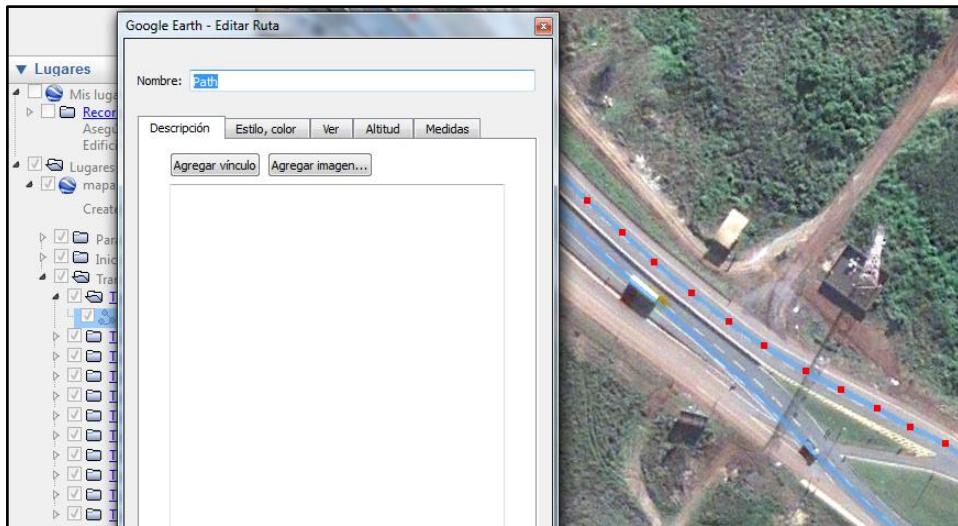
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Fig. 153 - Editando los puntos de un track.

Tres puntos muy importantes a tener en cuenta:

- No pueden existir puntos de coordenadas repetidas en el mapa.
- No pueden existir marcas de posición de paradas duplicadas.
- No pueden existir marcas de posición de inicio o fin de tramos duplicados.

Para finalizar la edición y carga de información en Google Earth, hacer click derecho en el mapa, luego elegir “Guardar lugar como”, escoger donde se va a guardar y el formato será KML (Fig. 154).

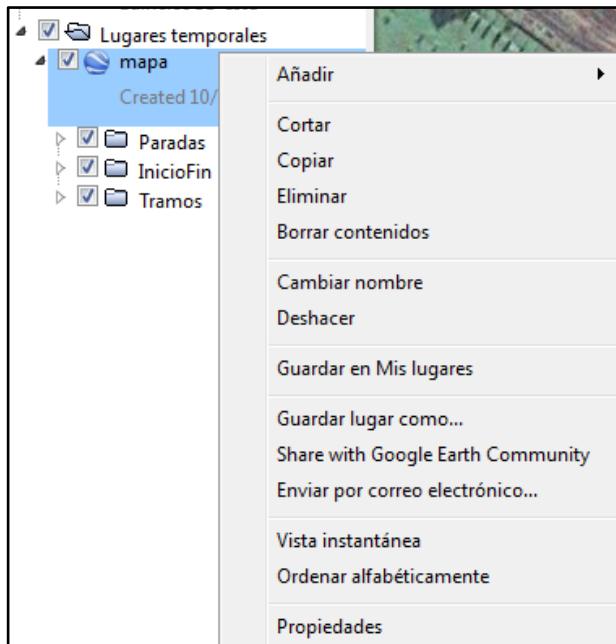


Fig. 154 - Guardando el proyecto de mapa.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

7) En este punto ya se tiene el mapa con las marcas de parada, marcas de inicio y fin de tramos, y las coordenadas de cada uno de los tramos. Ahora se necesita transformar el archivo KML a un archivo CSV. Para eso se utilizó la herramienta GPSBabel (referenciado en el Cap. 3.1.2.3.5 de este documento).

Primero se selecciona el tipo de entrada, en este caso “Archivo”, luego el formato del archivo de entrada “Google Earth (Keyhole) Markup Language”. Se indica donde se encuentra el archivo KML a convertir. Luego se selecciona el tipo de salida, en este caso “Archivo” y el formato de salida que va ser “NIMA/GNIS Geographic Names File”. Se indica la dirección donde se va guardar y el nombre del archivo con la extensión CSV que se va a generar y guardar. Y para finalizar hacer click en “Aplicar”. Un ejemplo de los archivos a transformar y crear se observan en la Fig. 155.

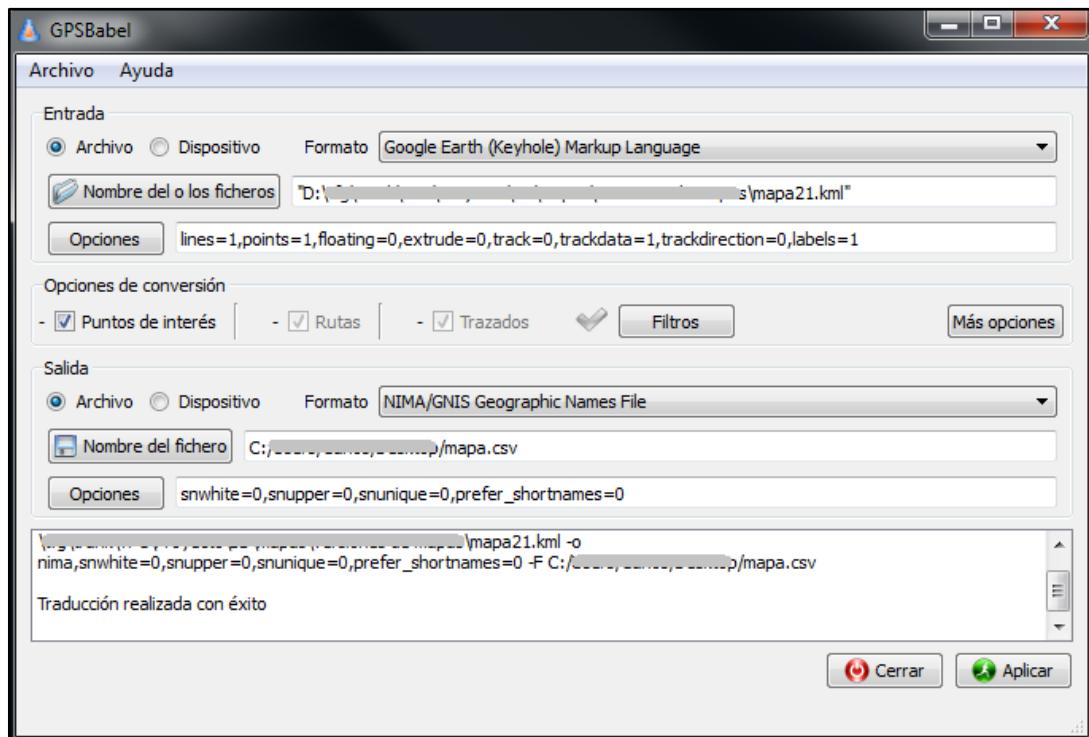


Fig. 155 - Transformando el archivo kml a csv.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

8) Ya se tiene el archivo CSV, por último se debe editar el archivo a fin de que solo quede información necesaria para la carga de datos, a continuación se detallan los pasos a seguir para la edición.

- Abrir una nueva hoja de cálculo en Microsoft Excel, luego ir al menú “Datos”, y elegir “Obtener datos externos – Desde Texto” e indicar donde se encuentra el archivo CSV creado previamente como muestra la Fig. 156.

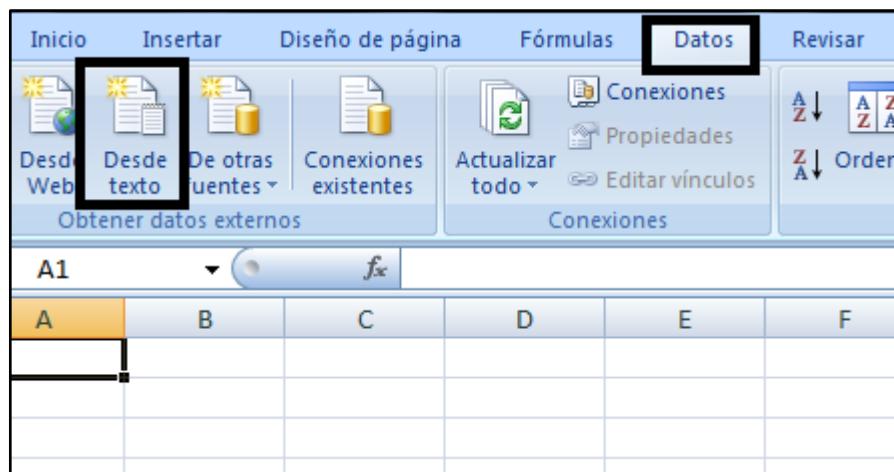


Fig. 156 - Importando el archivo csv.

Luego elegir las opciones y click en siguiente como se observa en la Fig. 157:

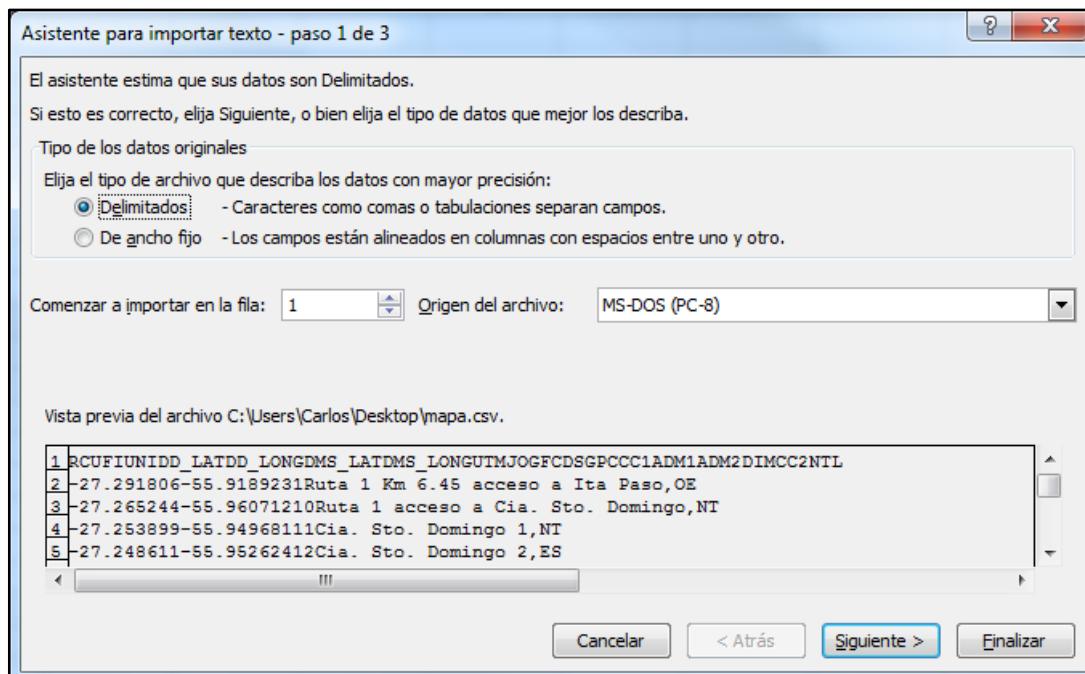


Fig. 157 - Selección de tipo de datos a importar.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Luego, en el paso 2 se selecciona el o los separadores del texto (Fig. 158):

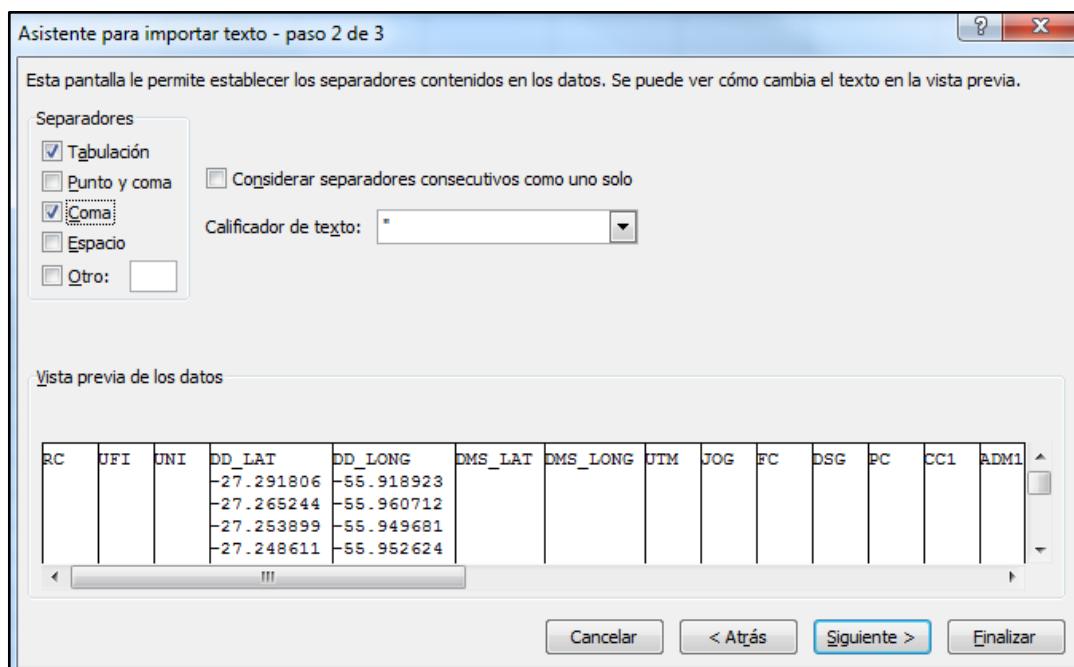


Fig. 158 - Selección de separadores del archivo.

Luego, en el paso 3, para los datos de latitud y longitud elegir el formato de "texto", para el resto "general" como se observa en la Fig. 159.

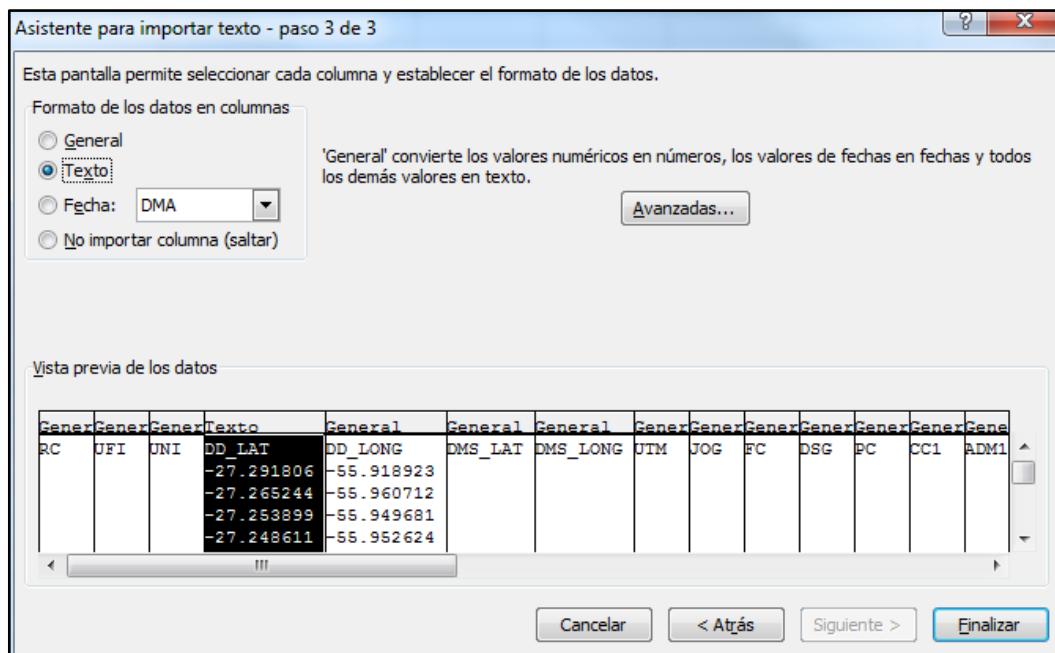


Fig. 159 - Elección de formatos de los datos del archivo.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Y solo se importan las columnas que contienen datos, el resto se desprecia. Un ejemplo se muestra en la Fig. 160.

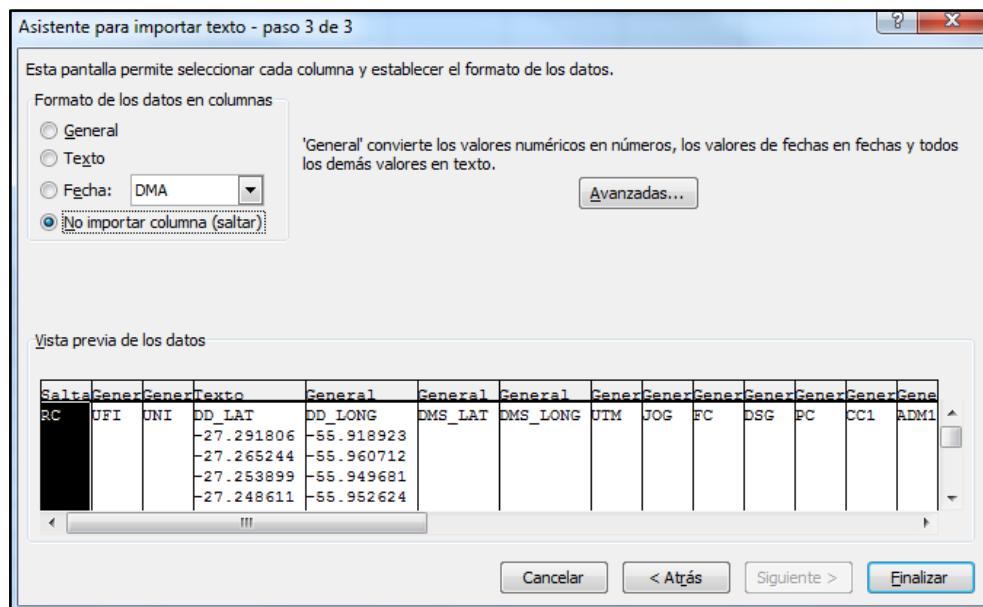


Fig. 160 - Elección de columnas a importar.

Una vez importada las columnas, se elimina la primera fila, que contienen los nombres de cada columna (Fig. 161). Solo se dejan los datos.

A	B	C	D	E
1	DD LAT	DD LONG	SORT NAME FULL NAME ND	MODIFY DATE
2	-27.291806	-55.918923	1 Ruta 1 Km 6.45 acceso a Ita Paso	OE
3	-27.265244	-55.960712	10 Ruta 1 acceso a Cia. Sto. Domingo	NT
4	-27.253899	-55.949681	11 Cia. Sto. Domingo 1	NT

Fig. 161 - Edición de datos y columnas.

Quedando finalmente como se observa en la Fig. 162:

A	B	C	D	E
1	-27.291806	-55.918923	1 Ruta 1 Km 6.45 acceso a Ita Paso	OE
2	-27.265244	-55.960712	10 Ruta 1 acceso a Cia. Sto. Domingo	NT
3	-27.253899	-55.949681	11 Cia. Sto. Domingo 1	NT
4	-27.248611	-55.952624	12 Cia. Sto. Domingo 2	ES
5	-27.258369	-55.939065	13 Cia. Sto. Domingo 3	ES
6	-27.258958	-55.937866	14 Cia. Sto. Domingo 4	OE
7	-27.257623	-55.940448	15 Cia. Sto. Domingo 5	OE
8	-27.264842	-55.960717	16 Cia. Sto. Domingo 6	SR
9	-27.271840	-55.954169	17 Ruta 1 Km 10.93	SR
10	-27.277709	-55.948256	18 Ruta 1 Km 10.06	SR
11	-27.280974	-55.945002	19 Ruta 1 acceso a San Juan del Paraná	SR
12	-27.282745	-55.946927	20 Ruta 1 Km 7.22	OE

Fig. 162 - Datos y columnas editadas.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Para finalizar, guardar el archivo como CSV (delimitado por comas) Fig. 163:

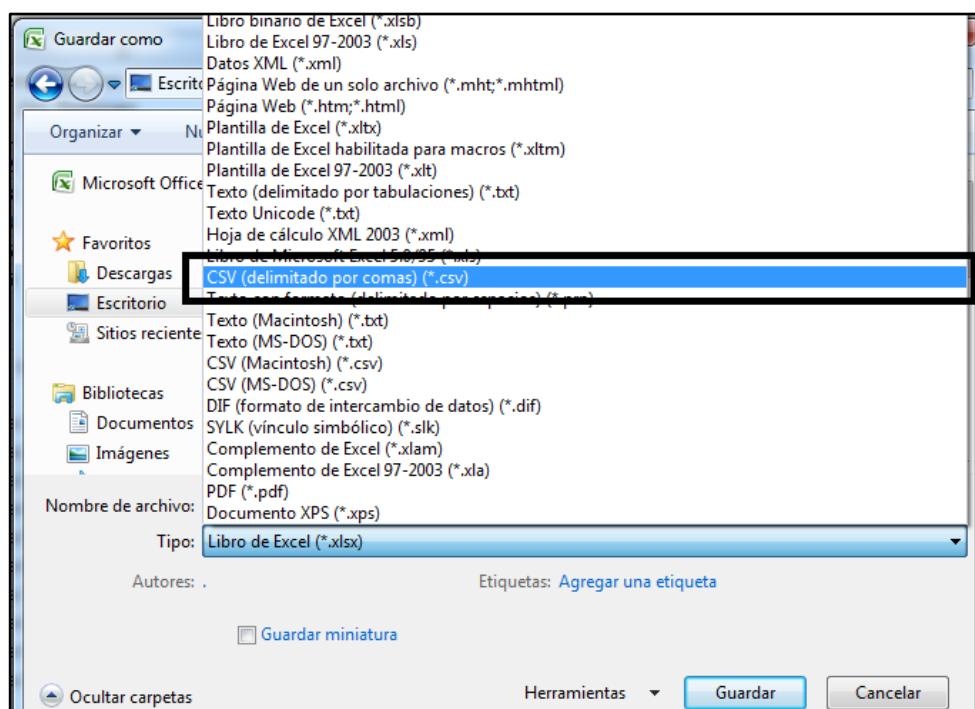


Fig. 163 - Archivo guardado en formato CSV delimitado por comas.

En caso que aparezcan los mensajes de la Fig. 164:

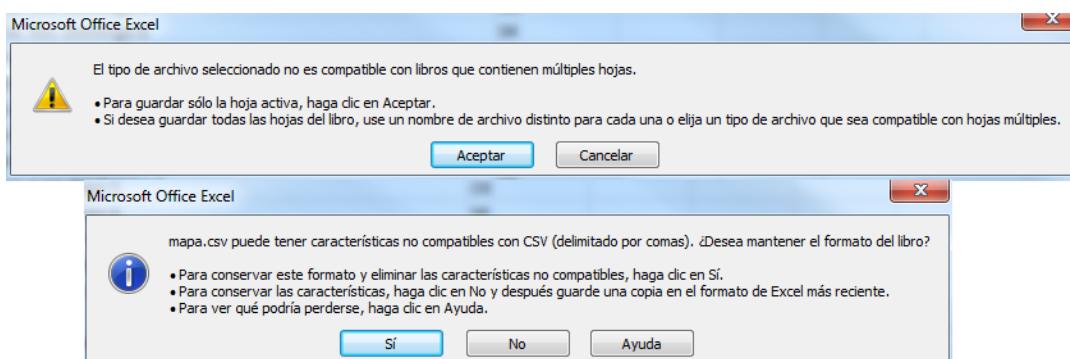


Fig. 164 - Mensaje de advertencia e información.

En el primer caso solo aceptar y en el segundo hacer click en Sí.

Y con esto se finaliza la edición del mapa.

3.2.4.3 Paso 3: Generación de archivos SQL y carga al sistema.

En este paso se generarán los archivos SQL necesarios para la carga de datos por defecto del sistema. A modo de ejemplo solo se mostrarán la carga de dos itinerarios.

Los archivos SQL a generar son:

- coordenadas.sql, que contendrá todo el conjunto de coordenadas del mapa, entre itinerarios, paradas y marcas de tramos.
- itinerariosantodomingo.sql, que contendrá sólo el conjunto de coordenadas pertenecientes al itinerario denominado.
- itinerariosanjuandelparana.sql, que también contendrá solo el conjunto de coordenadas pertenecientes al itinerario denominado.

Además del archivo CSV creado previamente, también se necesitan los archivos de configuración de cada itinerario, en donde se especifica el código del itinerario, seguido de los tramos por el cual pasa. Dicha configuración se crea en un archivo simple TXT con el siguiente formato:

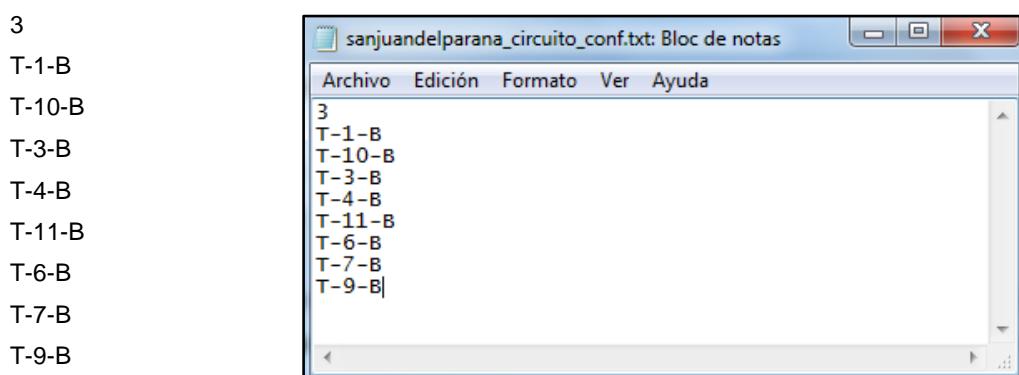


Fig. 165 - Archivo de texto, configuración de tramos de un itinerario.

Esto significa que el código del itinerario es el número 3, y que inicia su itinerario pasando por el tramo 1, luego el tramo 10 y así sucesivamente hasta llegar al último tramo que es el número 9. En la Fig. 165 se observa un ejemplo de cómo se ve el archivo de configuración de tramos perteneciente a un itinerario.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Una vez que se tengan los archivos necesarios, utilizar el programa de carga de datos. En este apartado sólo se explicará el uso del programa principal (Fig. 166). A continuación se especifica el modo de uso:

```
public static void main(String[] args) {
    String path = "D:\\UFG\\Trunk\\Itapúa\\Proyecto\\BD\\datos por defecto temporal\\";
    // Archivo existentes
    String archivo_csv = path + "mapa.csv";
    String santodomingo_sanjuan_conf = path + "santodomingo_sanjuan_conf.txt";
    String sanjuandelparana_circuito_conf = path + "sanjuandelparana_circuito_conf.txt";

    // Archivos sql a crear
    String coordenadas_sql = path + "coordenadas.sql";
    String script_sdsj = path + "itinerariosantodomingo.sql";
    String script_sjdpc = path + "itinerariosanjuandelparana.sql";

    // Archivos de información y configuración a crear
    String tramos_conf = path + "tramos_inf.txt";
    String tramos_if_conf = path + "tramos_if_conf.txt";

    Generador generador = new Generador();
    // Lee el archivo csv y crea tres archivos nuevos.
    generador.generarSQLcoordenadas(archivo_csv, coordenadas_sql, tramos_conf, tramos_if_conf);
    System.out.println("-----");

    // Lee los archivos de configuración y crea el sql.
    generador.generarSQLitinario(archivo_csv, tramos_if_conf, santodomingo_sanjuan_conf, script_sdsj);
    System.out.println("-----");
    generador.generarSQLitinario(archivo_csv, tramos_if_conf, sanjuandelparana_circuito_conf, script_sjdpc);
}
```

Fig. 166 - Programa principal de carga de datos.

En la variable path se carga la dirección donde se encuentran los archivos de requisito necesarios (el mapa.csv y los archivos de configuración de los itinerarios) y donde también se van a crear los archivos SQL y de información de tramos. En las demás variables simplemente se indican los nombres de los archivos a leer o crear.

Al ejecutar este programa se generan los archivos SQL antes mencionados de coordenadas e itinerarios, además genera dos archivos sobre información de los tramos.

Una vez obtenidos los archivos SQL, solo resta ejecutarlos en la base de datos y listo. De esta manera se tiene la base de datos cargada de coordenadas geográficas de itinerarios, paradas y tramos.

CAPÍTULO IV – INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se exponen la interpretación y el análisis de los resultados obtenidos en base a los objetivos establecidos. Los mismos se presentan a través de esquemas, tablas y gráficos estadísticos describiendo las deducciones.

Objetivo específico N° 1: Diseñar un prototipo como entorno de simulación propio, para el rastreo de los ómnibus a través de GPS Tracker, según la tecnología utilizada en el proyecto municipal de la ciudad de Encarnación.

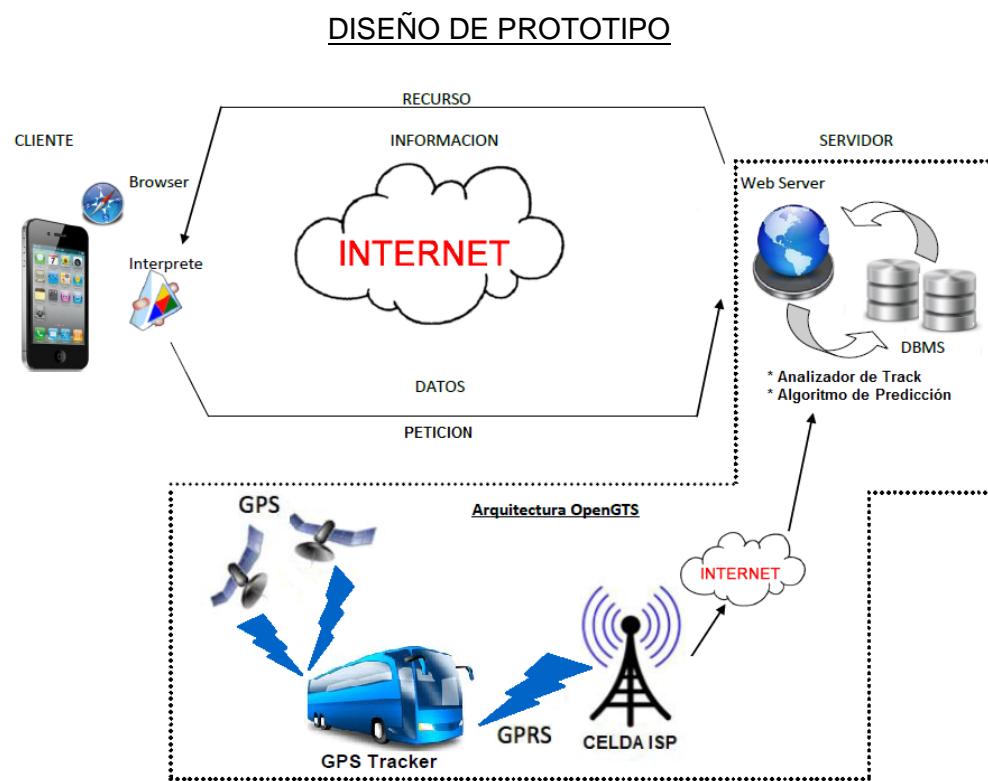


Fig. 167 - Diseño de prototipo utilizado en este trabajo de tesis. Fuente: Elaboración propia.

El diseño del prototipo como entorno de simulación está compuesto por un servidor en el cual se encuentra el sistema OpenGTS que atiende los reportes de cada uno de los dispositivos GPS Tracker, los cuales se comunican por medio de un ISP utilizando una conexión GPRS. Además, en el mismo servidor se encuentran instalados la base de datos y el web server que se encarga de interactuar y brindar la información a los clientes.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Objetivo específico Nº 2: Implementar el entorno de simulación, montando y configurando el servidor que recibirá las coordenadas de los GPS Tracker

Se implementó el entorno de simulación con la creación y configuración de un servidor público, utilizando el servicio de Amazon EC2 y mediante la utilización de la guía desarrollada por los tesis. La Fig. 168 representa el esquema de la guía desarrollada.

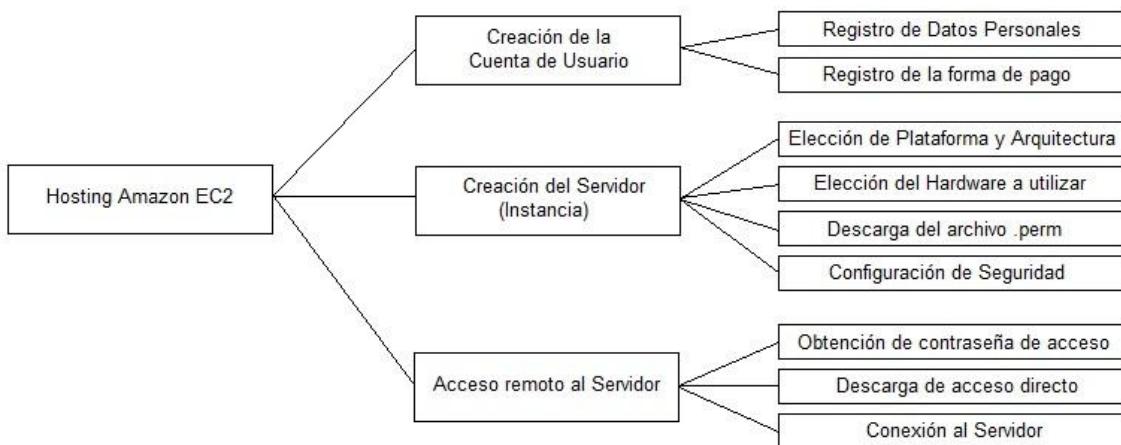


Fig. 168 - Esquema de Instalación del servidor.

Luego se procedió a la instalación y configuración del sistema OpenGTS (en el servidor público previamente creado), del cual también se desarrolló una guía detallando los pasos a seguir. En la Fig. 169 se esquematiza el orden del procedimiento de instalación y configuración, además de sus respectivos componentes.

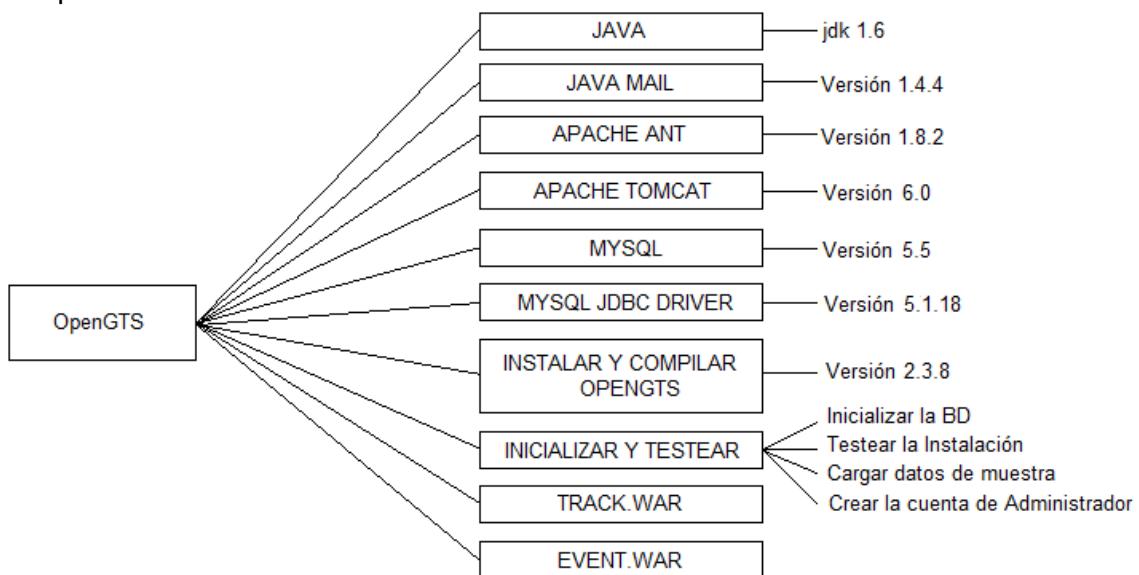


Fig. 169 - Esquema de Instalación y Configuración del OpenGTS.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Posteriormente, se investigó sobre la disponibilidad del dispositivo GPS Tracker en el mercado local, teniendo en cuenta características y compatibilidades con el sistema OpenGTS. Luego de adquirir los dispositivos, se procedió a la instalación y configuración de los mismos en los dos ómnibus cedidos por la empresa con la cual se realizó el trabajo de tesis.

Objetivo específico Nº3: Desarrollo de la aplicación móvil, que proveerá el medio de acceso a informaciones como: consulta de itinerarios, paradas, horarios preestablecidos, búsqueda y predicción en tiempo real de los ómnibus.

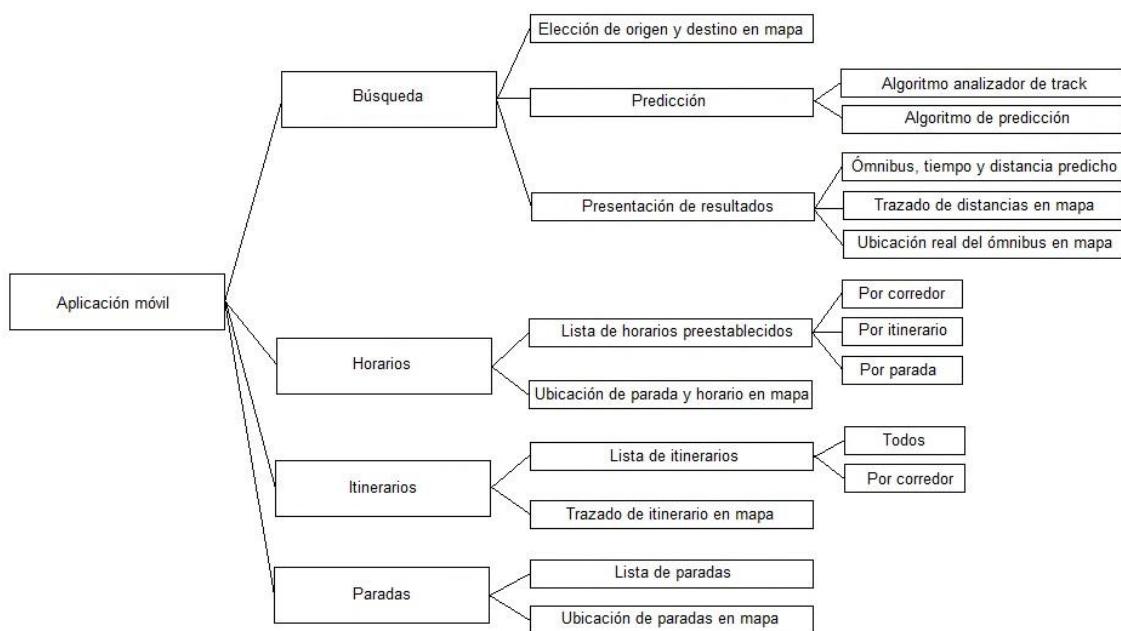


Fig. 170 - Módulos que componen la aplicación móvil.

Se desarrolló la aplicación móvil que brinda información útil y en tiempo real a los usuarios del transporte público de la ciudad de Encarnación que desean realizar un viaje. En la Fig. 170 se presentan los módulos de la aplicación, que permite visualizar en un mapa todas las paradas que existen en la ciudad, cada una con su información y ubicación real, del mismo modo los recorridos o itinerarios de las líneas de transporte pueden ser vistos en un mapa con un trazado de forma gráfica, también se pueden consultar sobre horarios preestablecidos por la entidad controladora. Además de proveer el medio de acceso a informaciones del transporte público, se desarrollaron algoritmos que son capaces de procesar los datos recibidos de los ómnibus en tiempo real y realizar cálculos de distancia y tiempo, en base a esto entregar al usuario una predicción de tiempo de llegada de los ómnibus a las paradas respectivas mediante la interfaz grafica de búsqueda.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Objetivo específico N°4: Sistema de evaluación de pruebas del funcionamiento de la aplicación móvil.

Las pruebas realizadas en este trabajo de tesis se ajustan a los objetivos propuestos en el mismo, para lo cual se han seleccionado dos horarios específicos que se adecuan a las horas pico, considerando que las personas utilizan mayormente los ómnibus de transporte público urbano para acceder a sus destinos, siendo estos instituciones educativas, hogares, trabajos, a los cuales deben llegar en un horario predestinado y deben tomar sus ómnibus en tiempo y lugar para cumplir con sus obligaciones. De esta manera se posibilita una apreciación más exacta del funcionamiento de los tiempos de llegada y arribo a cada parada. En la Tabla 14 se presentan los resultados de las pruebas de predicción realizadas. Las informaciones fueron recabadas por medio de encuestas aplicadas a usuarios de transporte de ómnibus de la línea 3 de la ciudad de Encarnación departamento de Itapúa. En el Anexo13 se presenta el instrumento utilizado para la recolección de datos.

- **ITINERARIO:**

Salida: Barrio Santo Domingo (Enc.) hasta Barrio San Juan (Cambyretá)

Retorno: Barrio San Juan (Cambyretá) hasta Barrio Santo Domingo (Enc.)

- FECHA: Del 07 de Enero al 18 de Enero de 2013
- DIAS: De Lunes a Viernes
- HORA: De 10:00 a 13:00 y De 19:00 a 22:00 hs.
- EDAD DE LOS/AS ENCUESTADOS: De 18 años en adelante.
- SEXO: Masculino y Femenino

La tabla de resultados consta de los siguientes indicadores:

- Nro. Bus: El número de ómnibus con el que se realizó la prueba.
- Tiempo predicho: El tiempo (en minutos) predicho por la aplicación en que arribará el ómnibus a la parada.
- Fecha: Fecha en que se realizó la prueba.
- Hora inicial: Hora en que se realizó la prueba.
- Tiempo real: Tiempo real en que arribo el ómnibus a la parada.
- Diferencia: Es la diferencia de tiempo (en minutos) entre el tiempo real y el tiempo predicho. Negativo cuando el ómnibus arribo antes de lo predicho y Positivo cuando el ómnibus arribó después de lo predicho.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

	Nro. Bus	Tiempo predic.	Fecha	Hora inicial	Tiempo real	Diferencia
1	22	34	07/01/2013	10:58	31	-3
2	10	41	07/01/2013	11:27	39	-2
3	10	36	07/01/2013	12:15	35	-1
4	22	14	07/01/2013	12:48	15	1
5	10	75	07/01/2013	19:10	78	3
6	22	29	07/01/2013	20:08	27	-2
7	10	77	07/01/2013	20:50	76	-1
8	22	7	07/01/2013	21:30	7	0
9	22	4	08/01/2013	10:50	5	1
10	10	32	08/01/2013	11:30	31	-1
11	22	29	08/01/2013	12:15	36	7
12	10	29	08/01/2013	12:50	37	8
13	10	40	08/01/2013	19:10	42	2
14	10	11	08/01/2013	20:05	14	3
15	10	42	08/01/2013	20:45	57	15
16	10	26	08/01/2013	21:44	26	0
17	10	58	09/01/2013	10:12	62	4
18	10	17	09/01/2013	10:58	15	-2
19	10	31	09/01/2013	11:15	27	-4
20	22	5	09/01/2013	12:27	8	3
21	10	18	09/01/2013	19:12	21	3
22	22	48	09/01/2013	19:58	49	1
23	10	33	09/01/2013	20:10	32	-1
24	22	42	09/01/2013	21:35	43	1
25	10	12	10/01/2013	10:30	10	-2
26	22	23	10/01/2013	11:12	24	1
27	22	45	10/01/2013	12:05	40	-5
28	22	35	10/01/2013	12:56	41	6
29	22	9	10/01/2013	19:00	9	0
30	22	39	10/01/2013	19:55	44	5
31	10	45	10/01/2013	20:12	47	2
32	10	51	10/01/2013	21:36	63	12
33	10	38	11/01/2013	10:03	50	12
34	22	31	11/01/2013	11:12	33	2
35	10	52	11/01/2013	11:58	53	1
36	10	21	11/01/2013	12:39	22	1
37	10	9	11/01/2013	19:09	8	-1
38	22	32	11/01/2013	20:03	33	1
39	22	37	11/01/2013	20:36	39	2
40	22	12	11/01/2013	21:45	13	1

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

	Nro. Bus	Tiempo predic.	Fecha	Hora inicial	Tiempo real	Diferencia
41	22	33	14/01/2013	10:09	31	-2
42	22	4	14/01/2013	10:47	4	0
43	22	25	14/01/2013	11:34	26	1
44	22	32	14/01/2013	12:15	30	-2
45	22	13	14/01/2013	19:07	15	2
46	22	48	14/01/2013	20:15	47	-1
47	22	20	14/01/2013	21:03	19	-1
48	22	27	14/01/2013	21:56	27	0
49	22	4	15/01/2013	10:00	5	1
50	10	12	15/01/2013	10:54	14	2
51	22	14	15/01/2013	11:23	13	-1
52	10	16	15/01/2013	12:36	16	0
53	22	29	15/01/2013	19:21	32	3
54	10	19	15/01/2013	19:45	17	-2
55	22	16	15/01/2013	20:19	17	1
56	10	34	15/01/2013	21:48	43	9
57	22	22	16/01/2013	10:05	23	1
58	10	58	16/01/2013	10:59	55	-3
59	22	3	16/01/2013	11:47	4	1
60	10	9	16/01/2013	12:53	6	-3
61	10	28	16/01/2013	19:02	36	8
62	22	21	16/01/2013	19:56	22	1
63	10	37	16/01/2013	20:10	40	3
64	22	16	16/01/2013	21:10	21	5
65	22	36	17/01/2013	10:20	37	1
66	22	41	17/01/2013	11:03	41	0
67	10	35	17/01/2013	12:00	45	10
68	10	4	17/01/2013	12:36	4	0
69	22	28	17/01/2013	19:32	30	2
70	10	33	17/01/2013	20:01	34	1
71	22	13	17/01/2013	20:45	12	-1
72	22	69	17/01/2013	21:34	79	10
73	10	41	18/01/2013	10:31	49	8
74	22	31	18/01/2013	11:01	32	1
75	10	16	18/01/2013	12:14	16	0
76	22	27	18/01/2013	12:45	33	6
77	10	19	18/01/2013	19:02	24	5
78	10	37	18/01/2013	19:44	35	-2
79	22	45	18/01/2013	20:12	46	1
80	10	17	18/01/2013	21:44	17	0

Tabla 14 - Resultados de las pruebas de predicción realizadas.

Se excluyen para el análisis los casos 15, 32, 33, 67 y 72, ya que todos ellos constituyen datos atípicos⁵ plenamente justificados (para su exclusión) y que solamente dificultan los análisis. Obs.:

- Nro. 15: Desvío por reparación de calle.
- Nro. 32: Desvío casual en horario nocturno.
- Nro. 33: Entrada a la empresa (se detuvo en la empresa de forma no habitual).
- Nro. 67: Se detuvo más de lo previsto en la parada de descanso.
- Nro. 72: Desvío casual en horario nocturno.

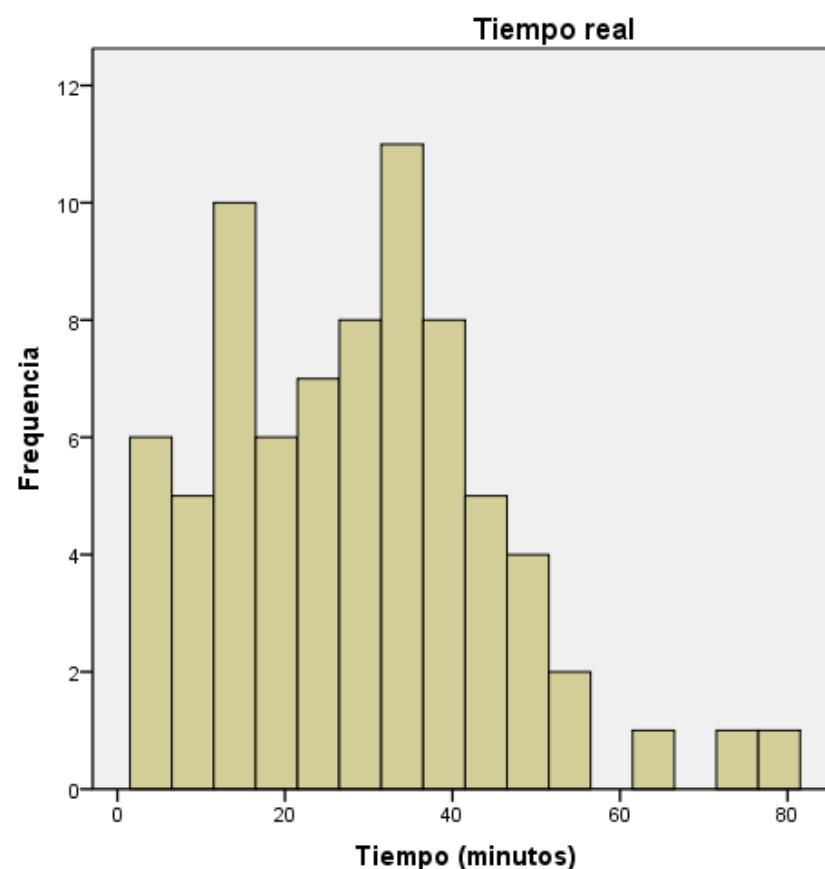
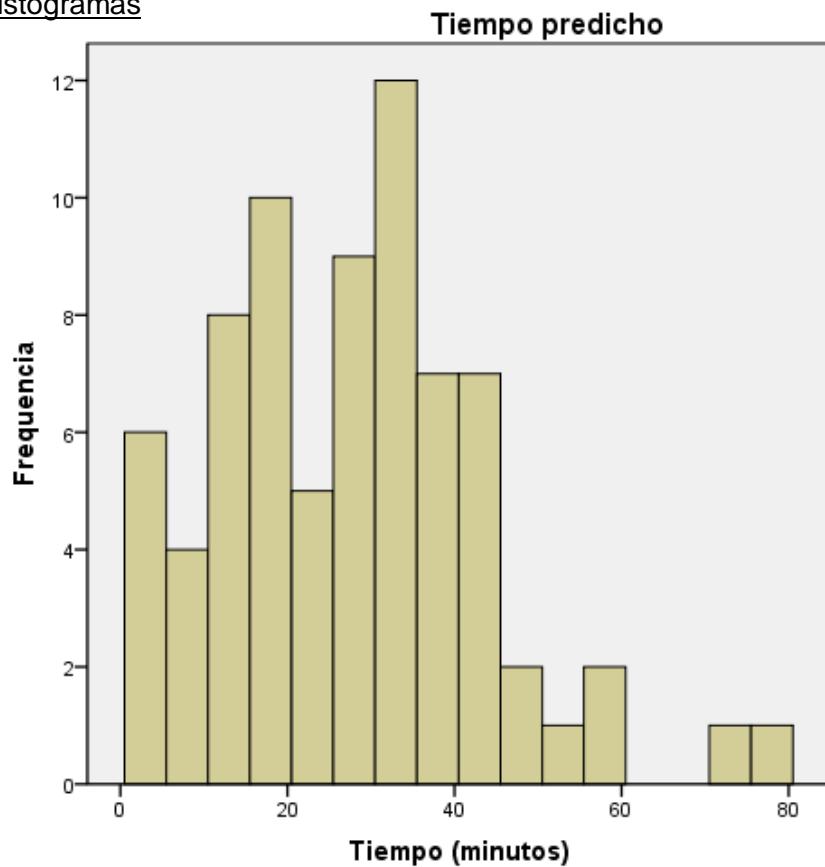
1) Medidas descriptivas:

	Tiempo predicho (minutos)	Tiempo real (minutos)
Media	27,55	28,60
Desviación típica	15,79	16,17

Se destacan más abajo los histogramas para ambas variables, considerando el tipo de muestreo empleado y los alcances de la investigación se aprecia una buena aproximación a la distribución normal, igualmente el test de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov brinda un buen ajuste a dicha distribución⁶.

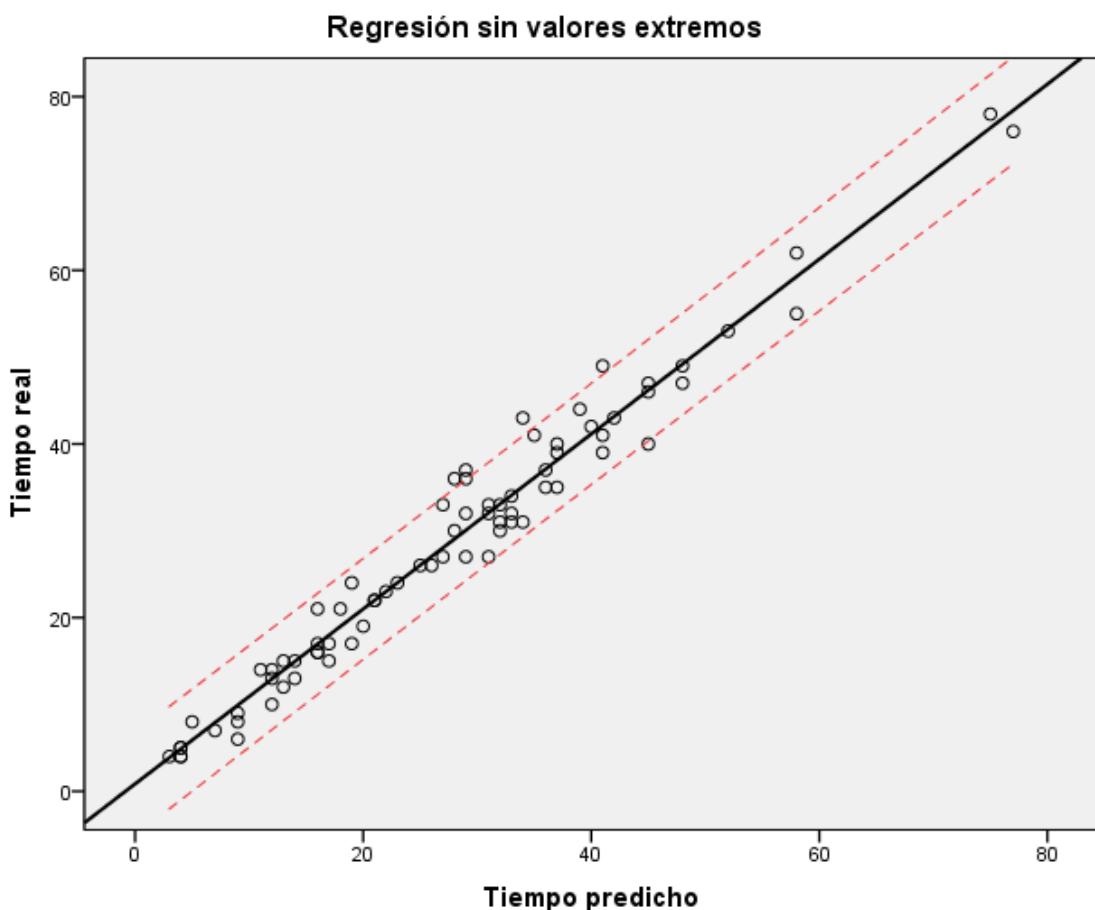
⁵ Outliers.

⁶ Para el tiempo predicho el estadístico de Kolmogorov-Smirnov es de 0,068 y para el tiempo real 0,083; en ambos casos el “p-valor” alcanza una significación de 0,200 suficiente para no rechazar la hipótesis nula de normalidad de la distribución.

2) Histogramas

3) Predicción: para la predicción se ha empleado un modelo de regresión simple en donde la variable predictoria es “Tiempo predicho” y la variable predicha “Tiempo real”, se obtiene un ajuste excelente con un coeficiente de correlación $R = 0,992$ y un error en la estimación de 2,904⁷. Es decir que, el ajuste o predicción del modelo es del 99,2% (ajuste excelente), el margen de error es de $\pm 2,904$ minutos y el nivel de confianza del modelo es del 95%.

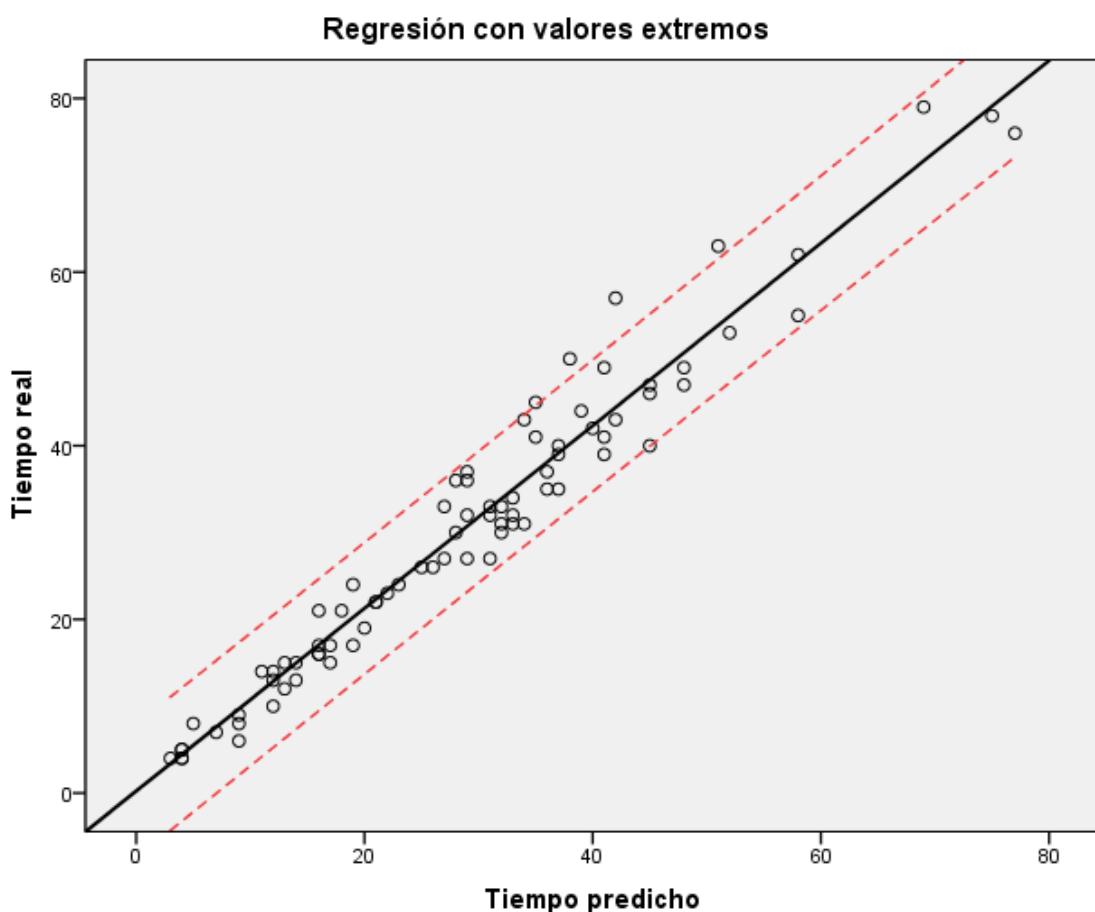
Las líneas rojas punteadas en el gráfico muestran el intervalo de confianza (95% de los casos caen en \pm ese intervalo).



⁷ 95 % de confianza

Se volvió a ensayar otro modelo de regresión lineal manteniendo los valores extremos, obteniéndose igualmente un ajuste excelente con un coeficiente de correlación $R = 0.989^8$ y un error en la estimación de 3,757. Se aprecia un ligero incremento en el margen de error de la predicción por la presencia de los outliers. Se puede decir entonces, que el ajuste o predicción del modelo es del 98,9% (ajuste excelente), el margen de error es de $\pm 3,757$ minutos y el nivel de confianza del modelo es del 95%.

Las líneas rojas punteadas en el gráfico muestran el intervalo de confianza (95% de los casos caen en \pm ese intervalo).



En el Anexo 14 de este documento se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de funcionalidades realizadas a la aplicación.

⁸ 95 % de confianza.

CAPITULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se exponen las conclusiones de la solución planteada, los logros y descubrimientos encontrados, las mejoras que se pueden aplicar al trabajo de tesis y las futuras líneas de investigación.

5.1 CONCLUSIÓN

Para concluir el proceso de investigación se puede inferir que la elaboración de una aplicación móvil para la predicción en tiempo real de arribos del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación, se ha llevado a cabo de manera satisfactoria, y el mismo ha arrojado datos concluyentes acerca de las predicciones planteadas que se demuestran con el nivel de confianza del 95%.

Como se ha demostrado, los algoritmos de predicción para el arribo de ómnibus están siendo ampliamente investigados por grandes países y cada vez se conocen mayor cantidad de soluciones que tratan de minimizar la brecha existente entre lo predicho y lo real. En la ciudad de Encarnación, atendiendo a la expansión urbana, social y económica de la zona, la implementación de este sistema de predicción debe llevarse a cabo en todas las líneas de transporte que brindan sus servicios en las zonas urbanas y semi urbanas, acorde a las exigencias y demandas del mercado y como un sistema de evaluación de la funcionalidad del servicio de transporte. Un estudio de costos acerca de la puesta en producción de la aplicación móvil se referencia en el Anexo15 de este trabajo.

La aplicación móvil que se ha creado y utilizado en este proceso investigativo ha sido de suma importancia para todas las personas involucradas de manera directa e indirecta con el emprendimiento, para los tesistas ha constituido un desafío que ha sido superado, para los empresarios del transporte puede constituir una herramienta de trabajo que le permita acceder a la funcionalidad de los servicios y visualizar cuales son las falencias que se presentan en las prestaciones del servicio. Y para los usuarios, puede constituir un sistema de conocimiento, no solo de las horas de llegada y salida de los transportes utilizados regularmente, sino también conocer un sistema más actualizado para acceder a las informaciones que generalmente no están al alcance de los mismos mejorando de cierta de manera su calidad de vida.

Para culminar el trabajo se puede acotar que la hipótesis planteada al inicio de la investigación que expresa “La elaboración de una aplicación móvil que permita a los usuarios del transporte público urbano de la ciudad de Encarnación, acceder a informaciones y consultas predictivas acerca de las llegadas de los ómnibus, contribuirá a la optimización del sistema de transporte” ha sido corroborada fehacientemente durante todo el proceso de investigación, evidenciándose la viabilidad, pues se ha podido realizar la aplicación, la factibilidad se ha llevado a cabo, pues se ha podido contar con los elementos indispensables para la realización del mismo, por lo cual se sostiene la hipótesis que ha sido comprobada y corroborada según se puede apreciar en los capítulos anteriores por medio de los instrumentos aplicados.

5.2 RECOMENDACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

En la aplicación móvil prototipo se implementaron funcionalidades básicas para su funcionamiento y cumplimiento de objetivos de este trabajo de tesis, pero para extender la utilidad de la aplicación se podría agregar como mejora una interfaz de administración del sistema que permita gestionar paradas, itinerarios, asignaciones de ómnibus, etc. También se podría agregar más funcionalidades personalizadas para cada usuario (registrado en el sistema) del transporte público de ómnibus, como ser favoritos, búsquedas recientes, registro de viajes, etc. Además, se podría optimizar el algoritmo de predicción calculando qué ómnibus llega primero a la parada de origen y a su vez realiza el viaje más corto hasta su destino; así también se podría agregar un algoritmo que a través de cálculos pueda combinar líneas de ómnibus y de esta manera el usuario pueda realizar viajes entre paradas de origen y destino que no se encuentran directamente dentro de un solo itinerario. En otro aspecto, se podría mejorar el rendimiento y velocidad de la aplicación mediante la utilización de mapas offline. En cuanto al margen de error calculado y obtenido en el Anexo12, se debería estudiar y analizar otros itinerarios para verificar si dicho margen se aplica de igual manera a los demás itinerarios, y que los mismos no constituyan un aspecto limitante para la obtención de resultados positivos en los ítems analizados en este trabajo de tesis. Otra funcionalidad que mejoraría el sistema de transporte es la implementación de un módulo en donde el usuario pueda reportar desvíos imprevistos de los ómnibus en sus itinerarios (reclamo) de manera rápida y sencilla. El estudio y expansión a líneas nacionales e interurbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, Alessandra (Interactive analyst & digital media supervisor). 2013. *Más de 700mil paraguayos usan smartphones para estar conectados.* Latamclick Inc. [Asunción]: 18 de febrero 2013. Disponible en: <http://latamclick.com/?p=1889> [Consulta: 19 de Febrero 2013].

ABARCA VILLOLDO, Marta; et al. 2012. *Tecnologías móviles en bibliotecas: aplicaciones en la biblioteca de la Universitat Politècnica de València.* [en línea]. Universitat Politècnica de València. Biblioteca y Documentación Científica. España: Universidad Politécnica de Valencia, 24 de Febrero 2012, pp. 5. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/14793> [Consulta: 28 de Febrero 2013].

ABDELFATTAH, Ali M.; Khan, Ata M. 1998. *Models for Predicting Bus Delays.* [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1623, Año 1998, pp. 8-15, Disponible en: <http://trb.metapress.com/content/186g06gp20u41703/> [Consulta: 27 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 (Print). DOI: 10.3141/1623-02

AMAZON WEB SERVICES INC. 2013. *Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2).* [en línea]. Amazon.com Inc., 2013. Disponible en: <http://aws.amazon.com/es/ec2/> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

APPLE INC. 2013a. *Especificaciones técnicas del iPhone 4S.* [en línea]. Apple Inc., 2013. Disponible en: <http://www.apple.com/la/iphone/iphone-4s/specs.html> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

APPLE INC. 2013b. *iPhone.* [en línea]. Apple Inc., 2013. Disponible en: <http://www.apple.com/iphone/> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

BERGEN COUNTY DEPT. OF HEALTH SERVICES. 2012. *Geographic Information Systems (G/S)* [en línea]. [Nueva Jersey]: BCDHS Environmental

Protection Program. Disponible en:

<http://www.bergenhealth.org/environmental/GIS.html> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

BIAGIONI, James; et al. 2011. *EasyTracker: automatic transit tracking, mapping, and arrival time prediction using smartphones.* [en línea]. SenSys '11

Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. [New York]: ACM New York, 2011. pp. 68-81.

Disponible en: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2070950> [Consulta: 25 de Febrero 2013]. ISBN: 978-1-4503-0718-5. DOI: 10.1145/2070942.2070950.

BIBLIOTECA VIRTUAL, Facultad de Física (La Habana). 2013. *El Sistema de Posicionamiento Global.* [en línea]. Universidad de La Habana. [Cuba].

Disponible en:

<http://www.fisica.uh.cu/bibvirtual/vida%20y%20tierra/gps/gps.htm> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

BLACKBERRY. 2013. [en línea] Disponible en:

http://global.blackberry.com/sites/latam/es_py.html [Consulta: 27 de Febrero 2013].

BOGADO, Óscar. 2011. *Encarnación va a modernizar su transporte público.* [en línea]. [Encarnación]: Editorial El País S.A., 29 de Julio 2011. Disponible en: <http://www.ultimahora.com/notas/450087-Encarnacion-va-a-modernizar-su-transporte-publico> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

BOGADO, Óscar. 2012. *En Encarnación piden que suba el pasaje a G. 3.000.* [en línea]. [Encarnación]: Editorial El País S.A., 21 de Enero 2012.

Disponible en: <http://www.ultimahora.com/notas/497558-En-Encarnacion-piden-que-suba-el-pasaje-a-G.-3.000> 01/2012 [Consulta: 25 de Febrero 2013].

CHANG, Gang-Len; Su, Chih-Chiang. 1995. *Predicting intersection queue with neural network models.* [en línea]. Department of Civil Engineering, The University of Maryland, College Park. Publicación: Elsevier Ltd., Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Junio de 1995, Vol. 3, pp. 175-191. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0968090X95000054> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

CHEN, Mei; et al. 2004. *Dynamic bus-arrival time prediction model based on apc data.* [en línea]. Computer-Aided Civil And Infrastructure Engineering. [Massachusetts]: Blackwell Publishing, Septiembre 2004, Vol. 19, pp. 364-376. Disponible en: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=703826> [Consulta: 27 de Febrero 2013]. DOI: 10.1111/j.1467-8667.2004.00363.x ISSN: 1093-9687.

CHENG, Shaowu; Liu, Baoyi; Zhai, Botao. 2010. *Bus Arrival Time Prediction Model Based on APC Data.* [en línea]. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology. [China]: 6th Advanced Forum on Transportation of China (AFTC 2010), 16 de Octubre 2010. pp. 165 – 169. IEEE Xplore Digital Library. Disponible en: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5751565&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5751565 [Consulta: 26 de Febrero 2013]. DOI: 10.1049/cp.2010.1123

CHIEN, Steven I-Jy; Ding, Yuqing; Wei, Chienhung. 2002. *Dynamic bus arrival time prediction with artificial neural networks.* [en línea]. American Society of Civil Engineers. Journal of Transportation Engineering, Septiembre 2002, Vol. 128. pp. 429-438. Disponible en: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-947X%282002%29128%3A5%28429%29> [Consulta: 27 de Febrero 2013]. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-947X(2002)128:5(429)

CHU, Hao; Cai, Yun; Yang, Xiaoguang. 2007. *Research on Bus Arrival Time Prediction Based on Multi-Source Traffic Information.* [en línea]. [Francia]: 7th International Conference on ITS, 6-8 de Junio 2007. pp 1-5. IEEE Xplore Digital Library. Disponible en:
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=4295826
[Consulta: 26 de Febrero 2013]. E-ISBN: 1-4244-1178-5. Print ISBN: 1-4244-1178-5. DOI: 10.1109/ITST.2007.4295826.

CODEKICK AB. *KanbanFlow* [en línea]: *Lean project management, simplified.*
Disponible en: <https://kanbanflow.com/> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

COPACO S.A. 2007. *Planes y Tarifas.* [en línea]. ParawayNet. [Asunción]: 2007
Disponible en: <http://www.click.com.py/planes.php> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

D'ANGELO, Matthew P.; Al-Deek, Haitham M.; Wang, Morgan C. 1999. *Travel Time Prediction for Freeway Corridors.* [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1676, Año 1999. pp. 184-191. Disponible en: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=511964> [Consulta: 27 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 (Print). DOI: 10.3141/1676-23
ISBN: 0309071011

DÍAZ, Isabel. 2012. *El futuro de la tecnología móvil según el MWC 2012.* [en línea]. Technology Review Inc. [Massachusetts]: MIT Technology Review, 8 de Marzo 2012. Disponible en:
http://www.technologyreview.es/read_article.aspx?id=39873 [Consulta: 26 de Febrero 2013].

ESCOBAR MUÑOZ, Alicia. 2004. *Geografía General.* 1era. Edición. Mc Graw-hill, 24 de Mayo 2004. 394 p. ISBN: 9701042522 EAN: 9789701042526

ESTADOS UNIDOS. OFICINA DE COORDINACION NACIONAL DE POSICIONAMIENTO, NAVEGACIÓN Y CRONOMETRÍA POR SATÉLITE. 2012. *Sistemas, El Sistema de Posicionamiento Global.* [en línea].. Actualización: 24 de Agosto 2012. Disponible en: <http://www.gps.gov/systems/gps/spanish.php> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

EUROPEAN GNSS AGENCY. 2013. *Galileo.* [en línea]. Disponible en: <http://www.gsa.europa.eu/galileo-0> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

FILIPINAS. PHILIPPINE TRANSPARENCY SEAL. 2007. *G/S Cook Book: Data.* [en línea]. Housing and Land Use Regulatory Board. Publicación: 14 de Noviembre 2007. Disponible en: <http://www.cookbook.hlurb.gov.ph/3-04-data#DataTypes> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

FRENCH, Gregory T. 1997. *Understanding The GPS – An Introduction to the Global Positioning System.* 1era. Edición. Onword Pr, Abril 1997. pp. 159. ISBN-10: 1566902258. ISBN-13: 978-1566902250.

GALATI, Stephen R. 2006. *Geographic Information Systems Demystified.* Massachusetts: Artech House Inc., 31 Julio 2006, 302 p. ISBN-10: 158053533X. ISBN-13: 978-1580535335.

GARMIN LTD. 2010. *Products – Cartography.* [en línea]. [Kansas]; 25 de Octubre 2010. Disponible en: http://www8.garmin.com/support/download_details.jsp?id=209 [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GARMIN LTD. 2013. [en línea] Disponible en: <http://www.garmin.com> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GEOTELEMATIC SOLUTIONS INC. 2013a *Frequently Asked Questions.* [en línea]. The OpenGTS Project. Disponible en: <http://www.opengts.org/FAQ.html> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

GEOTELEMATIC SOLUTIONS INC. 2013b. *OpenGTS™ - Open GPS Tracking System.* [en línea]. The OpenGTS Project. Disponible en: <http://www.opengts.org/> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GOOGLE INC. 2013a. *¿Qué es Google Earth?*. [en línea]. Google Earth. Disponible en: <http://support.google.com/earth/bin/answer.py?hl=es&answer=176145&ttopic=2376010&ctx=topic> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

GOOGLE INC. 2013b. *Google Earth API: Elementos geométricos y superposiciones.* [en línea]. Google Developers. Actualización: 30 de Enero 2013. Disponible en: <https://developers.google.com/earth/documentation/geometries?hl=es> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GOOGLE INC. 2013c. *Google Earth.* [en línea]. Disponible en: <http://www.google.com/earth/index.html> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GOOGLE INC. 2013d. *Google Maps API: Guía para desarrolladores.* [en línea]. Google Developers. Actualización: 31 de Enero 2013. Disponible en: <https://developers.google.com/maps/?hl=es> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GOOGLE INC. 2013e. *MyTracks for Android.* [en línea]. Google Project. Disponible en: <http://mytracks.googlecode.com> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GOOGLE INC. 2013f. *MyTracks: Información General.* [en línea]. Google Play. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.maps.mytracks&hl=es> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

GRUPO NACIÓN DE COMUNICACIONES. 2011. *Mejoran unidades de transporte público y pintan corredores.* [en línea]. Diario La Nación. Agencia Regional Encarnación: 16 de Setiembre 2011. Disponible en: <http://www.lanacion.com.py/articulo/39048-encarnacion-gana-en-transporte-publico.html> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

HAGAN, Martin T.; Demuth, Beale; Beale, Mark. 1995. *Neural Network Design (Electrical Engineering)*. PWS Pub. Co. [Boston]: 29 de Diciembre 1995. 736 p. ISBN-10: 0534943322 ISBN-13: 9780534943325

HARMON, John E.; Anderson, Steven J. 2003. *The design and implementation of Geographic Information Systems*. 1era. Edición. [New Jersey]: John Wiley & Sons, Inc., 26 de Mayo 2003. ISBN-10: 0471204889 ISBN-13: 978-0471204886

HUERTA, Eduardo; Mangiaterra, Aldo; Noguera, Gustavo. 2005. *GPS: Posicionamiento Satelital*. 1era. Edición. [Rosario]: UNR Editora – Universidad Nacional de Rosario, 2005. 148 p. ISBN: 950-673-488-7. Cap. I2 – I11.

IDC CORPORATE USA. 2012. *Android concentra el 75% del mercado global de smartphones*. [en línea]. IDC Worldwide Quarterly Mobile Phone Tracker. [diarioti.com]: MPA Publishing International Ltd., 2 de Noviembre 2012. Disponible en: <http://diarioti.com/android-concentra-el-75-del-mercado-global-de-smartphones/33369> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

JEONG, Ran Hee; Rilett, Laurence R. 2004. *The Prediction of Bus Arrival Time using AVL data*. [en línea]. Transportation Research Board 83rd Annual Meeting, Diciembre 2004. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1969.1/1458> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

JEONG, Ran Hee; Rilett, Laurence R. 2005. *Prediction model of bus arrival time for real-time applications*. [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1927, Año 2005. pp. 195-204. Disponible en: <http://trb.metapress.com/content/l465668438741020/> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 (Print). DOI: 10.3141/1927-23.

KALAPUTAPU, Ravi. I.; Demetsky, Michael. J. 1995. *Modeling Schedule deviations of buses using automatic vehicle-location data and artificial neural networks.* [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1497, Año 1995. pp. 44-52. Disponible en: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=452680> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981

KOLLEWIN TECHNOLOGY CO. LIMITED. 2009. *Products.* [en línea]. [China]: 2009. Disponible en: <http://www.kollewin.com/plus/list.php?tid=10> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

KUCHIPUDI, Chandra Mouly; Chien, Steven I. J. 2003. *Development of a Hybrid Model for Dynamic Travel Time Prediction.* [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1855, Año 2003. pp. 22-31. Disponible en: <http://trb.metapress.com/content/vh749x5582422q76/> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 (Print). ISBN: 0309085918 DOI: 10.3141/1855-03

LIPE, Robert. 2009. *What is GPSBabel?*. [en línea]. GPSBabel.org. Actualización: 3 de Setiembre 2009. Disponible en: <http://www.gpsbabel.org/> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

LÓPEZ, Alba. 2009. *Sistema de Localización Geográfica.* [en línea]. Escuela Lola Millan Orellano. Publicación: SlideShare Inc., 19 de Octubre 2009. Disponible en: <http://www.slideshare.net/albanydia79/sistema-de-localizacin-geogrfica-y-las-tierras-americanas> [Consulta: 26 de Febrero 2013].

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

MEXICO. INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. 2013. *Sistemas de Información Geográfica*. [en línea]. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Disponible en:
http://www.imt.mx/SitioIMT/USIG/ServiciosTecnologicos/SIGET/TecGeo/frmSisInfGeo.aspx?Pagina=401&Ruta=USIG/Servicios%20tecnol%C3%B3gicos/SIGET/Tecnolog%C3%ADas%20de%20georreferenciaci%C3%B3n/Sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica&ID_CON_Menu=369 [Consulta: 26 de Febrero 2013].

OGC (OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM). 2013. *OGC Standards*. [en línea]. OGC Implementation Standards. Disponible en:
<http://www.opengeospatial.org/standards/is> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

ORACLE CORPORATION. 2013a. *Eventum Issue / Bug Tracking System*. [en línea]. Disponible en: <http://dev.mysql.com/downloads/other/eventum/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

ORACLE CORPORATION. 2013b. *JavaServer Pages Technology*. [en línea]. Oracle Technology Network – Java. Disponible en:
<http://www.oracle.com/technetwork/java/jsp-138432.html> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

ORACLE CORPORATION. 2013c. *MySQL*. [en línea]. Disponible en:
<http://www.mysql.com/why-mysql/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

ORACLE CORPORATION. 2013d. *Technology Network - Java*. [en línea]. Disponible en: <http://www.oracle.com/technetwork/java/index.html> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

ORANGE COOL THING!!!. 2013. *Productos: GPS Tracker TK103*. [en línea] Disponible en: <http://www.orangecool.com/cool/produtos/gps-tracker/or-tk103.html> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

- ORTIZ RICO, Gabriel. 2002. *Sistemas de Información Geográfica*. [en línea]. GabrielOrtiz.com, Tu web sobre Sistemas de Información Geográfica GIS - SIG. [España]: 08 de Diciembre 2002. Disponible en: <http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=012> [Consulta: 26 de Febrero 2013].
- PARK, Byungkyu; Messer, Carroll J. 1998. *Short-term freeway traffic volume forecasting using radial basis function neural network*. [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1651, Año 1998. pp. 39-47. Disponible en: <http://trb.metapress.com/content/u811x85752171601/> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 (Print) DOI: 10.3141/1651-06
- PARK, Dongjoo; Rilett, Laurence R. 1998. *Forecasting multi-period freeway link travel times using modular neural networks*. [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1617, Año 1998. pp. 163-170. Disponible en: <http://pubsindex.trb.org/view.aspx?id=540269> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 ISBN: 0309064627
- PARK, Dongjoo; Rilett, Laurence R. 1999. *Forecasting freeway link travel times with a multilayer feedforward neural network*. [en línea]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 14, Septiembre 1999. pp. 357-367. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/0885-9507.00154/abstract> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. DOI: 10.1111/0885-9507.00154
- PARK, Dongjoo; Rilett, Laurence R. 2001. *Direct Forecasting of Freeway Corridor Travel Times Using Spectral Basis Neural Networks*. [en línea]. National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Nro. 1752, Año 2001. pp. 140-147. Disponible en: <http://trb.metapress.com/content/6g9376186j637854/> [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 0361-1981 (Print) DOI: 10.3141/1752-19

PRISA DIGITAL S.L. 2013. *El sistema GPS*. [en línea]. Kalipedia. [Madrid]. Disponible en:

http://www.kalipedia.com/popup/popupWindow.html?tipo=imagen&título=GPS&url=/kalipediamedia/ingeniería/media/200708/21/informática/20070821klpinginf_22.Ges.LCO.png&popw=749&poph=582 [Consulta: 27 de Febrero 2013].

RAMAKRISHNA, Y.; et al. 2007. *Use of GPS probe data and passenger data for prediction of bus transit travel time*. [en línea]. [Orlando, FL]: Proceedings of the 2007 Transportation Land Use, Planning, and Air Quality Conference, 9-11 de Julio 2007. pp. 124-133. Disponible en: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=871618> [Consulta: 27 de Febrero 2013]. ISBN: 9780784409602

REALNORTH. 2010. *Intro a Sencha Touch*. [en línea]. Publicación: 9 de Diciembre 2010. Disponible en: <http://realmnorth.net/blog/intro-sencha-touch/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

RUSIA. FEDERAL SPACE AGENCY INFORMATION-ANALYTICAL CENTRE. 2013. *GLONASS History*. [en línea]. GLONASS. [Rusia]: 2013. Disponible en: <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/guide/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SALINAS BAREIRO, Jorge. 2011. *Monitoreo GPS en unidades transporte público permitirá control de frecuencia e itinerario*. [en línea]. Municipalidad de Encarnación. Publicación: 14 de Julio 2011. Disponible en: http://www.encarnacion.gov.py/v1/index.php?option=com_k2&view=item&id=166:monitoreo-gps-en-unidades-transporte-p%C3%BAblico-permitir%C3%A1-control-de-frecuencia-e-itinerario&Itemid=59 [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SAMSUNG. 2013a. *Galaxy SII - GT-I9100: Especificaciones*. [en línea]. Disponible en: <http://www.samsung.com/ar/consumer/mobile-phones/mobile-phones/smartphones/GT-I9100LKPARO-spec> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SAMSUNG. 2013b. *Telefonía Celular: Tablets*. [en línea]. Disponible en:

<http://www.samsung.com/ar/consumer/mobile-phones/mobile-phones/tablets> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SENCHA INC. 2013. *Sencha Touch*. [en línea]. Disponible en:

<http://www.sencha.com/products/touch> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SERRÁ, Joan. 2005. *GPS: Dónde estoy?*. [en línea]. [portaleureka.com]: 3 de Agosto 2005. Disponible en:

<http://www.portaleureka.com/accesible/tecnologia/41-gps-donde-estoy> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SHALABY, Amer; Farhan, Ali. 2003. *Bus Travel Time Prediction Model for Dynamic Operations Control and Passenger Information Systems*. [en línea].

National Academy of Sciences. [Washington D.C.]: Transportation Research Board: 82nd annual meeting of the Transportation Research Board, Enero 2003. p.16. Disponible en:

<http://trid.trb.org/view.aspx?id=733959> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

SLASH MOBILITY. 2013. *Introducción a la movilidad*. [en línea]. Disponible en:

<http://www.slashmobility.com/joomla/images/stories/presentaciones/introduccion%20movilidad/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

TANENBAUM, Andrew S. 2003. *Redes de computadoras*. 4ta. Edición. México:

Pearson Educación Inc., 2003, pp. 10. ISBN: 9702601622,
9789702601623.

TELECEL S.A. 2012. *Internet Móvil*. [en línea]. Tigo. Actualización: 02 de agosto 2012.

Disponible en:

<http://www.tigo.com.py/para-navegar> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. 2012a. *Apache Tomcat*. [en línea]. The Apache Software Foundation, 2012. Disponible en:

<http://tomcat.apache.org/> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

THE APACHE SOFTWARE FOUNDATION. 2012b. *HTTP Server Project*. [en línea].

The Apache Software Foundation, 2012 Disponible en:

<http://httpd.apache.org/> [Consulta: 25 de Febrero 2013].

THE ECLIPSE FOUNDATION. 2013. *Eclipse Indigo*. [en línea]. Disponible en:

<http://www.eclipse.org/indigo/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

VANAJAKSHI, L.; Subramanian, S. C.; Sivanandan, R. 2009. *Travel time prediction under heterogeneous traffic conditions using global positioning system data from buses*. [en línea]. IET Intelligent Transport Systems, Nro. 3, Marzo 2009. pp. 1-9. Disponible en:
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=4745663&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxpls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D4745663 [Consulta: 28 de Febrero 2013]. ISSN: 1751-956X DOI: 10.1049/iet-its:20080013

VÉLEZ ORTA, Rafael. 2013. *Uso del GPS (Navegador)*. [en línea]. Escuela de Ingeniería Agrohidráulica, Ingeniería Topográfica. [México]. Disponible en: <http://velezortarafael.blogspot.com/p/investigacion-educativa.html> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

VISUALSVN LIMITED. 2013. *VisualSVN Server // Subversion Server for Windows*. [en línea]. Disponible en: <http://www.visualsvn.com/server/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

WANDISCO INC. 2013. *SmartSVN*. [en línea]. Disponible en:
<http://www.smartsvn.com/> [Consulta: 27 de Febrero 2013].

ZHU, Tongyu; et al. 2011. *The prediction of bus arrival time using global positioning system data and dynamic traffic information*. [en línea]. [Francia]: Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC), 2011 4th Joint IFIP, 26-28 de Octubre 2011. pp 1-5. IEEE Xplore Digital Library. Disponible en:
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=6097232 [Consulta: 27 de Febrero 2013]. E-ISBN: 978-1-4577-1191-6. Print ISBN: 978-1-4577-1192-3. DOI: 10.1109/WMNC.2011.6097232.

ANEXOS

ANEXO 1: Cantidad de paraguayos que están conectados a Internet a través de su teléfono móvil, ya sea BlackBerry, Android o iOS.

Más de 700 mil paraguayos usan smartphones para estar conectados.

El último informe acerca de los medios de comunicación y el hombre, reveló que “cada vez estamos más conectados, más móviles, más sociales y mejor informados”. Esto, debido a que es más fácil adquirir teléfonos inteligentes y de hecho, nos vemos obligados en muchos casos a comprar uno por los rigores laborales.

Bajo este concepto, la agencia digital Latamclick, en el mes de enero 2013, realizó un estudio referente a la cantidad de paraguayos, particularmente usuarios de Facebook, que están conectados a Internet a través de su teléfono móvil, ya sea BlackBerry, Android o iOS.

En total, **existen 785.960 personas que se conectan a través de un dispositivo móvil**, de los cuales, 263.160 personas lo hacen a través de un Android, 228.740 se conectan desde su BlackBerry y hay una segmentación para los que utilizan el sistema operativo iOS. En este aspecto, son 10.400 los usuarios que utilizan el iPad (1, 2 y 3), 17.100 los usuarios que se conectan mediante el iPhone (4, 4s y 5), a través de iPod Touch lo hacen 2.520 personas y por último, los que se conectan desde Windows mobile, alcanzan los 6.240 usuarios. Los restantes 257.800 son dispositivos o conexiones que no se pudieron detectar (indefinidos).

Según el estudio de Latamclick, por mes, existe un crecimiento de aproximadamente 30 mil nuevos usuarios que utilizan las redes sociales, en especial Facebook, a través de sus dispositivos móviles. En la Fig. 171 se presenta un gráfico en donde se puede apreciar la cantidad de personas que se conectan a través de un dispositivo móvil con los diferentes sistemas operativos. [Abad, 2013]

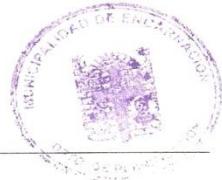


Fig. 171 - Cantidad de paraguayos que están conectados a Internet a través de su dispositivo móvil.
Fuente: [Abad , 2013]

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

ANEXO 2: Corredor e Itinerario utilizado en el trabajo de tesis.

A continuación se presenta el documento oficial proveído por la Comisión de Transporte de la Ciudad de Encarnación. La misma representa parte de la planificación realizada para el proyecto por el ente.

 Municipalidad de Encarnación	
ITINERARIO PARA CORREDOR 1 – Fecha 04/05/2012	
CORREDOR BARRIO ITÁ PASO (Encarnación) – BARRIO JARDIN (Cambyretá) – 06 Unidades 04:45 hs – 19:00 Hs. c/ 25 min. 19:00 Hs. – 22:15 Hs. c/ 45 min.	
<p>SALIDA: Barrio Itá Paso pasando por Barrio Los arrabales, Ruta Nacional N° 1 Mcal. Francisco Solano López, Av. Gral. Bernardino Caballero, calle Carlos A. López, Cap. Pedro J. Caballero, Gral. Gervasio Artigas, calle Gral. Cabañas, Av. Cnel. Luis Irrazabal, calle Cristo Rey, Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda Géminis), Av. San Roque González de Santa Cruz, Av. San Blas, calle Continuación calle José A. Flores frente a la Jefatura de Policía hasta la Ruta 14, por Ruta 14 acceso a Barrio Jardín (Cambyretá).</p> <p>RETORNO: Salida desde Barrio Jardín (Cambyretá), Ruta 14, calle Jose A. Flores frente, Av. San Blas, calle Cristo Rey, Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda Géminis), Av. Padre Von Winkel, calle Doña Juana María de Lara, Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), calle De Los Obreros, calle San Cayetano, Av. Cnel. Luis Irrazabal, calle Jorge Memmel, calle Carlos A. López, Calle Cap. P. J. Caballero, calle Gral. Gervasio Artigas, Av. Gral. Bernardino Caballero, Ruta Nacional N° 1 Mcal. Francisco Solano López, Barrio Los arrabales hasta Barrio Itá Paso.</p>	
CORREDOR BARRIO SANTO DOMINGO (Encarnación) – BARRIO SAN JUAN (Cambyretá) – 11 Unidades 04:45 hs – 19:00 Hs. c/ 20 min. 19:00 Hs. – 22:15 Hs. c/ 40 min.	
<p>SALIDA: Barrio Santo Domingo, Ruta Nacional N° 1 Mcal. Francisco Solano López, Av. Gral. Bernardino Caballero, calle Carlos A. López, Cap. Pedro J. Caballero, Gral. Gervasio Artigas, calle Gral. Cabañas, Av. Cnel. Luis Irrazabal, calle Cristo Rey, Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda Géminis), Av. Padre Von Winkel, calle Doña Juana María de Lara, Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), Av. Moisés Bertoni hasta la Ruta 14, acceso a Barrio San Juan (Cambyretá).</p> <p>RETORNO: Salida desde Barrio San Juan (Cambyretá), Ruta 14 hasta Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), Av. Moisés Bertoni hasta (Rotonda Géminis), Av. Padre Von Winkel, calle Doña Juana María de Lara, Moisés Bertoni hasta (Rotonda EBY), Av. Moisés Bertoni, calle De Los Obreros, calle San Cayetano, Av. Cnel. Luis Irrazabal, calle Jorge Memmel, calle Carlos A. López, Calle Cap. P. J. Caballero, calle Gral. Gervasio Artigas, Av. Gral. Bernardino Caballero, Ruta Nacional N° 1 Mcal. Francisco Solano López, Barrio Santo Domingo.</p>	
CORREDOR BARRIO SAN JUAN DEL PARANA – CIRCUITO COMERCIAL – SAN JUAN DEL PARANA – <i>Ok</i> Unidades 04:45 hs – 19:00 Hs. c/ 25 min. 19:00 Hs. – 22:15 Hs. c/ 45 min. 1 hs.	
<p>SALIDA: San Juan del Paraná (3 Salidas - AZOTEA / COMISOE / SAN NICOLAS – CANAL 13), Ruta Nacional N° 1 Mcal. Francisco Solano López, Av. Gral. Bernardino Caballero, calle Carlos A. López, Cap. Pedro J. Caballero, Gral. Gervasio Artigas, calle Gral. Cabañas, Av. Cnel. Luis Irrazabal, calle Cristo Rey, CAMBIO</p>	

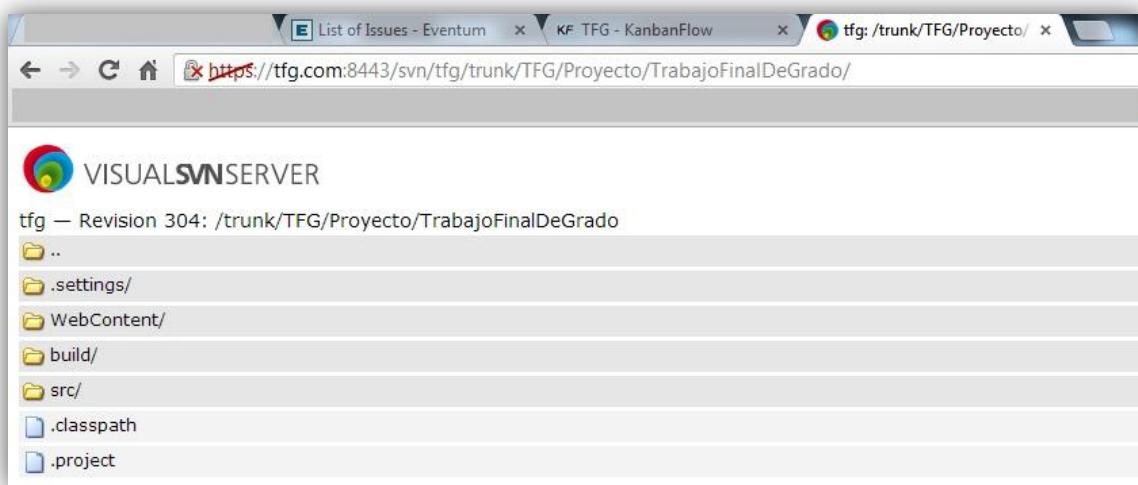
ANEXO 3: Imagen de VisualSVN Server

Fig. 172 - Imagen de VisualSVN Server del trabajo de tesis.

En la Fig. 172 se presenta una captura de pantalla del servidor subversion (VisualSVN Server) instalado y utilizado en todo el desarrollo del trabajo de tesis como repositorio. En ella se puede observar algunos de los directorios y archivos del trabajo de tesis, su acceso desde un navegador, etc.

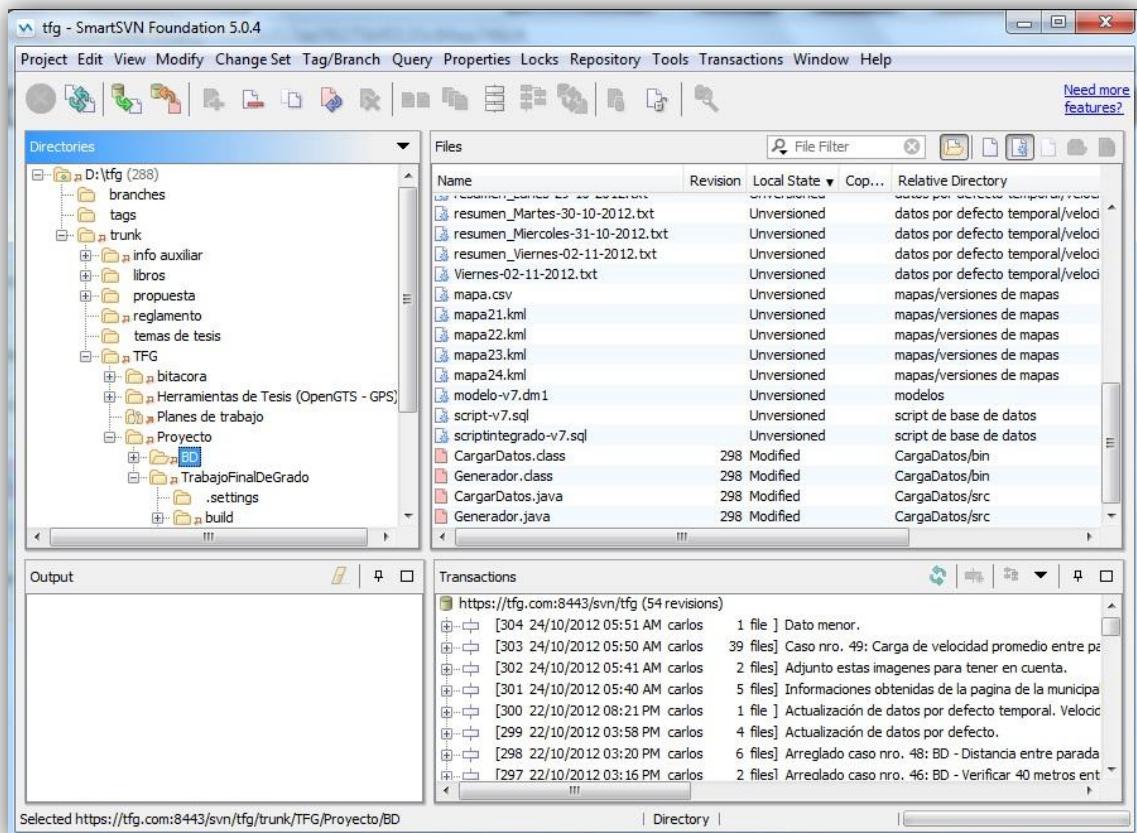
ANEXO 4: Imagen de SmartSVN

Fig. 173 - Imagen de SmartSVN del trabajo de tesis.

En la Fig. 173 se presenta una captura de pantalla del cliente gráfico para el sistema de gestión de versiones Subversion (VisualSVN Server) instalado y utilizado en todo el desarrollo del trabajo de tesis como medio de acceso y gestión del repositorio. En la misma se observan algunos de las funciones que se utilizó para el trabajo, como ser la gestión y manejo de directorios y archivos (nuevos, modificados, borrados, etc.), el panel de transacciones con sus diferentes informes de actualización y versiones, entre otras características.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**ANEXO 5: Imagen de Eventum**

The screenshot shows the Eventum application interface. At the top, there is a navigation bar with links: List of Issues - Eventum, NFG TFG - KanbanFlow, tfg.com/eventum/list.php, Administración, Crear Caso, Listar Casos, Búsqueda Avanzada, Mis Asignaciones, Mis Asociados, Estadísticas, Rangos, FAQ Interno, Ayuda, and buttons for palabras clave, Buscar, id#, Ir, and Limpia+ Filtros.

The main area displays a table titled "Resultados de la Búsqueda (52 casos encontrados, 1 - 52 mostrados)". The columns are: Todos, Prioridad, ID caso, Informador, Fecha de Creación, Asignado, Estado, Fecha Última Acción, and Resumen. The table rows show various task details, such as:

Todos	Prioridad	ID caso	Informador	Fecha de Creación	Asignado	Estado	Fecha Última Acción	Resumen
<input type="checkbox"/>	Alta	65	Carlos Ruiz Díaz	Lun, 22 Oct 2012, 22:24:24 UTC	Nestor Fabian T., Carlos Ruiz Díaz	Cerrado	Closed: 121d 23h ago	Instalación del 2do. GPS.
<input type="checkbox"/>	Media	59	Carlos Ruiz Díaz	Lun, 22 Oct 2012, 18:51:33 UTC	Nestor Fabian T., Carlos Ruiz Diaz	Cerrado	Closed: 121d 23h ago	BD - Relación al caso nro. 47
<input type="checkbox"/>	Media	58	Carlos Ruiz Díaz	Lun, 22 Oct 2012, 18:47:57 UTC	Nestor Fabian T., Carlos Ruiz Diaz	Cerrado	Closed: 68d 22h ago	BD - Verificar descripción de la parada.
<input type="checkbox"/>	Media	57	Carlos Ruiz Diaz	Lun, 22 Oct 2012, 18:47:14 UTC	Carlos Ruiz Diaz	Cerrado	Closed: 68d 22h ago	BD - Corrección ortográfica de palabras.
<input type="checkbox"/>	Alta	56	Carlos Ruiz Diaz	Lun, 22 Oct 2012, 18:43:47 UTC	Carlos Ruiz Diaz	Cerrado	Closed: 121d 23h ago	BD - Cambiar alt distancia y velocidad a otra tabla.
<input type="checkbox"/>	Alta	55	Carlos Ruiz Diaz	Sáb, 13 Oct 2012, 12:35:23 UTC	Carlos Ruiz Diaz	Nuevo	Created: 131d 11h ago	BD - Cargar mas paradas e itinerarios.
<input type="checkbox"/>	Alta	54	Carlos Ruiz Diaz	Sáb, 13 Oct 2012, 12:34:47 UTC	Carlos Ruiz Diaz	Nuevo	Created: 131d 11h ago	BD - Cargar datos para horarios.
<input type="checkbox"/>	Alta	53	Carlos Ruiz Diaz	Sáb, 13 Oct 2012, 12:33:55 UTC	Carlos Ruiz Diaz	En Proceso	Update: 0d 0h ago	BD - Ver como cerrar un itinerario.
<input type="checkbox"/>	Alta	52	Carlos Ruiz Diaz	Sáb, 13 Oct 2012, 12:32:18 UTC	Carlos Ruiz Diaz	Cerrado	Closed: 68d 22h ago	BD - Elaborar cuña de uso del generador de sol.

On the left side, there is a sidebar with buttons for Búsqueda Avanzada and Búsquedas Guardadas. At the bottom left, there is a search bar with placeholder "Palabra(s) clave:" and a "Buscar" button. On the right side, there is a "Filtros actuales: Asignado: Carlos Ruiz Diaz" section and a "Búsqueda avanzada" link. At the very bottom, there is a "Resultados de la Búsqueda (52 casos encontrados, 1 - 52 mostrados)" link.

Fig. 174 - Imagen de Eventum del trabajo de tesis.

En la Fig. 174 se presenta una captura de pantalla del sistema Eventum utilizado en el trabajo de tesis, en la misma se pueden observar la organización de las tareas, asignaciones, fechas, estados (diferentes colores), etc. También se observa el menú de administración y campos de búsqueda. La flexibilidad y fácil utilización permitieron una buena organización y seguimiento, tanto de las tareas como errores reportados.

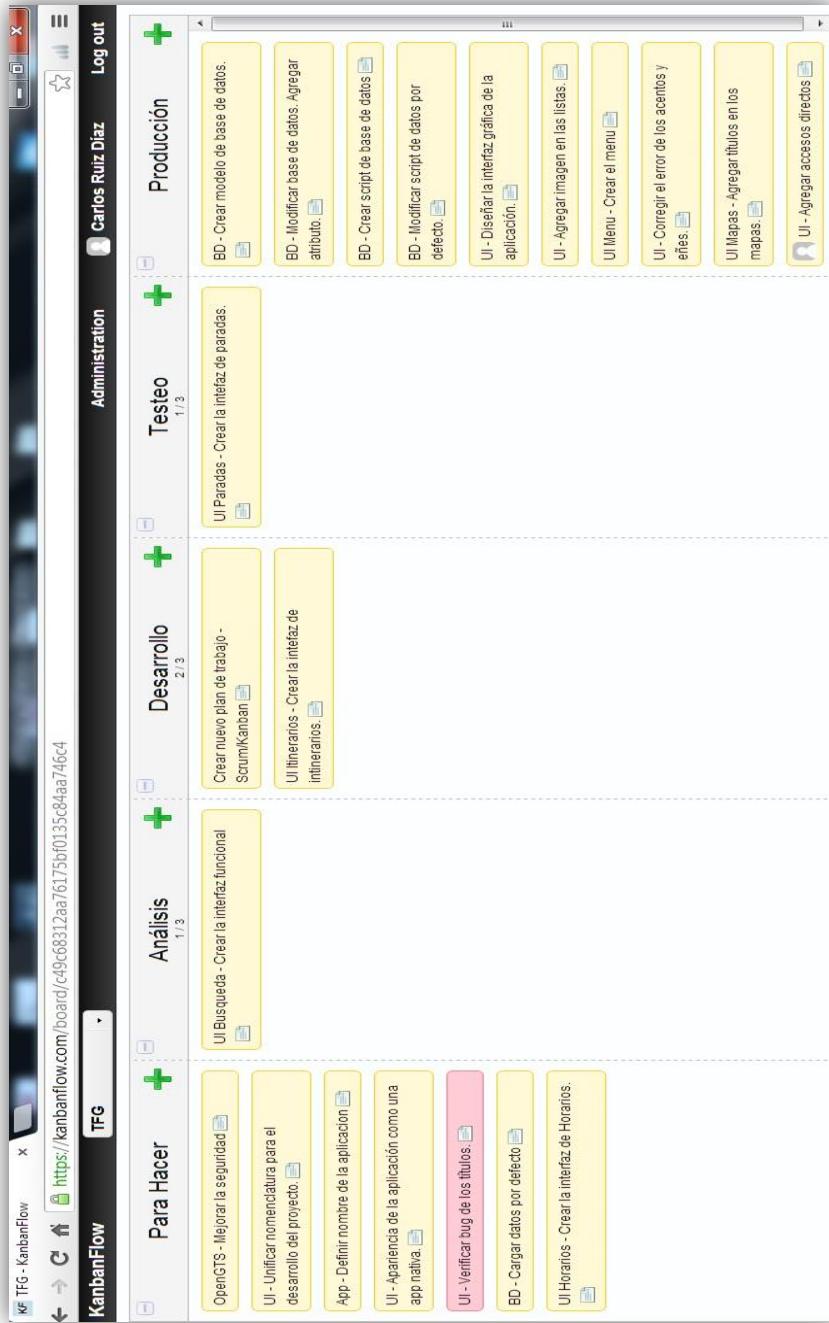
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano**ANEXO 6: Imagen de KanbanFlow**

Fig. 175 - Imagen de la interfaz gráfica de la aplicación KanbanFlow utilizada en el trabajo de tesis.

En la Fig. 175 se observa la interfaz gráfica de la aplicación web KanbanFlow utilizada como herramienta para la aplicación de la metodología de desarrollo Kanban en el trabajo de tesis, en donde claramente se visualiza el tablero kanban con sus columnas respectivas y los estados que representan cada una siguiendo de izquierda a derecha. Además se observan las distintas tareas o instrucciones de trabajo mediante las tarjetas.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

ANEXO 7: Modelo de datos.

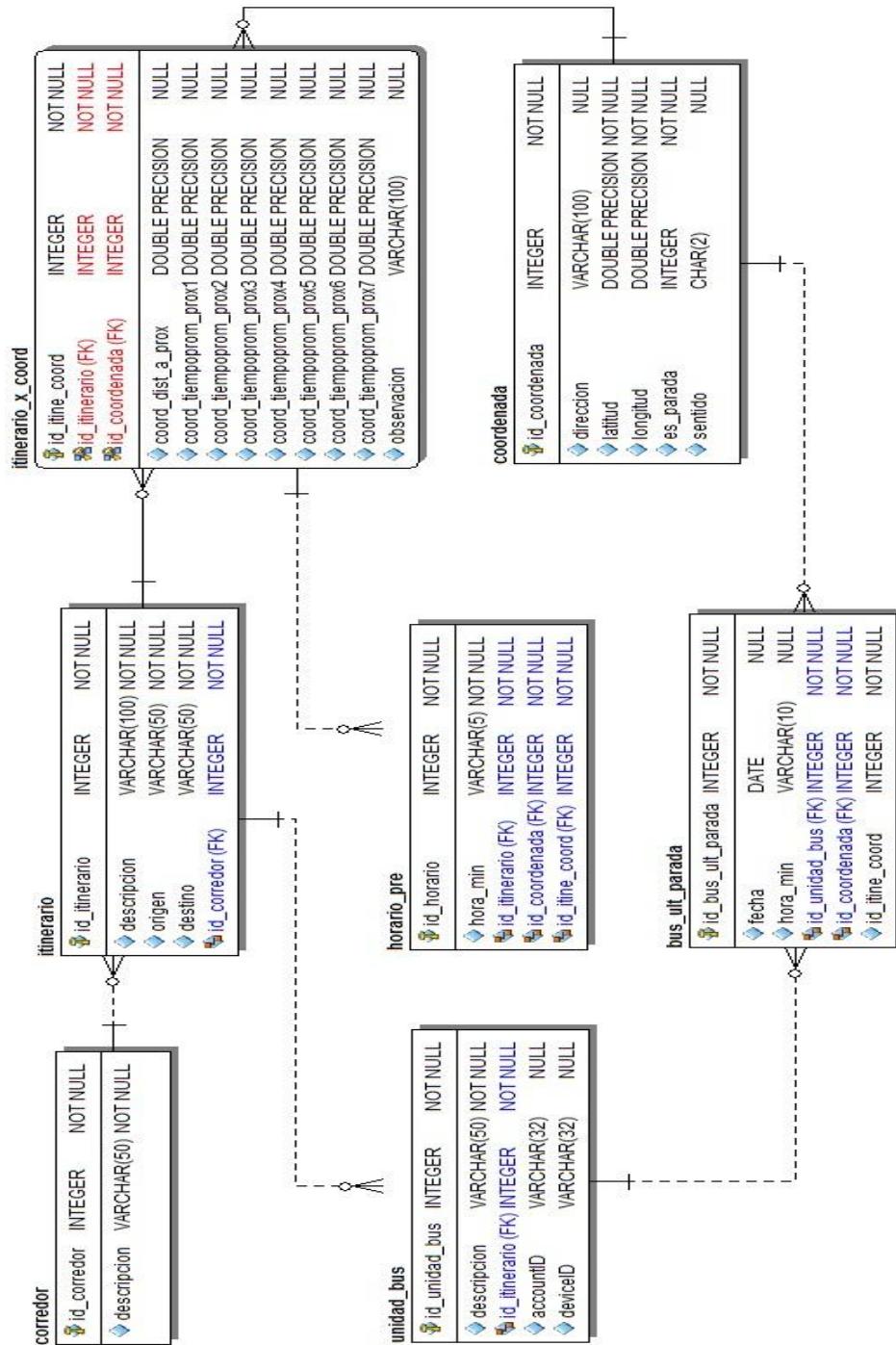


Fig. 176 - Modelo de datos utilizado en el trabajo de tesis.

En esta imagen (Fig. 176) se presenta el modelo de datos creado y utilizado en el trabajo de tesis, el mismo se creó como complemento e integración al modelo de datos del sistema OpenGTS. Se observa además las relaciones y atributos de cada una de las tablas en donde se almacenan todos los datos referentes a la aplicación móvil desarrollada.

ANEXO 8: Imagen del funcionamiento del OpenGTS con los ómnibus.

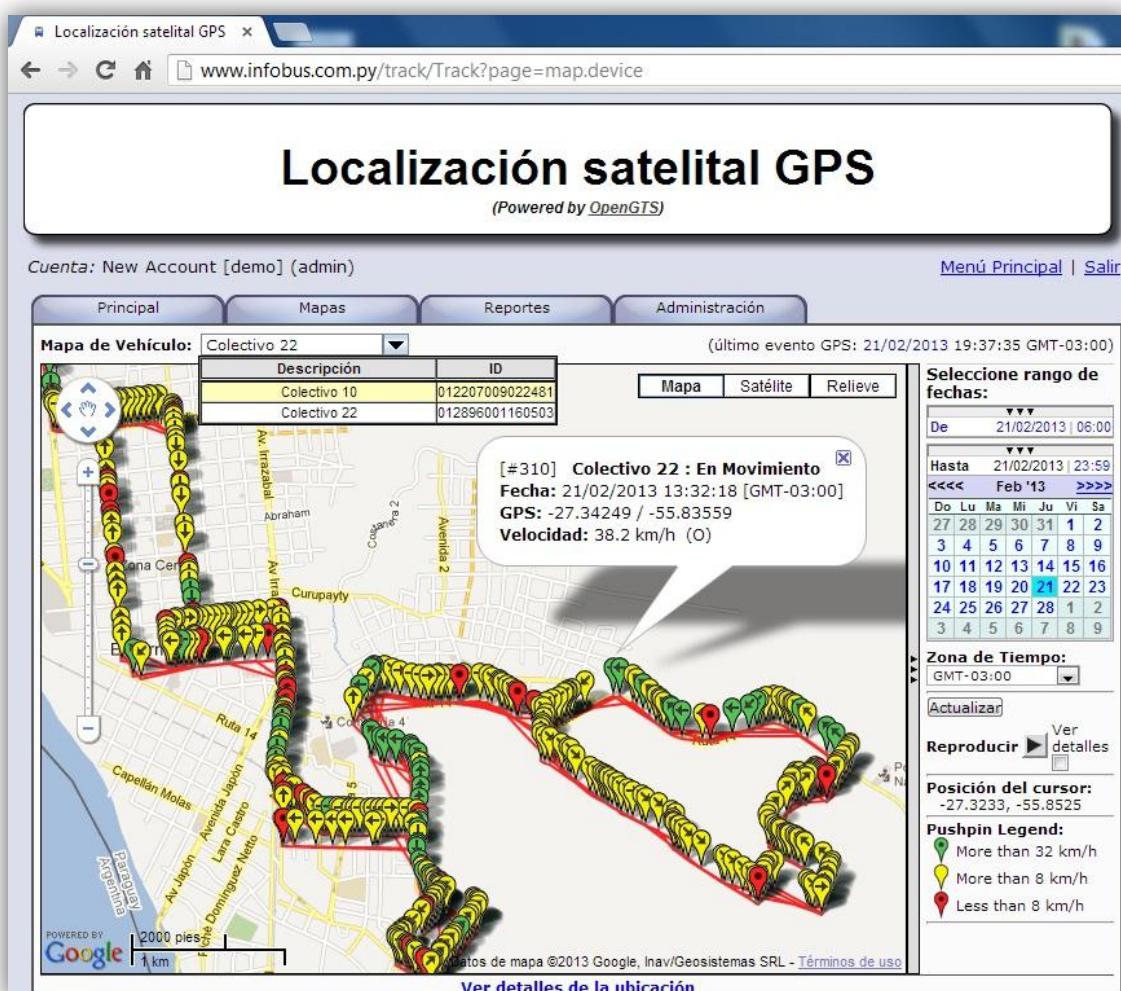


Fig. 177 - Imagen del funcionamiento del OpenGTS con los ómnibus.

La imagen que se presenta (Fig. 177) muestra el funcionamiento del OpenGTS, se puede observar el recorrido del ómnibus número 22 en forma gráfica, todos los puntos rojos (Velocidad menor a 8 km/h), amarillos (Velocidad mayor a 8 km/h y menor a 32 km/h) y verdes (Velocidad mayor a 32 km/h) son los eventos GPS recibidos por el sistema, cada uno de los cuales posee entre otros valores la velocidad, fecha, hora y la posición latitud y longitud.

ANEXO 9: Imagen de un reporte detallado de eventos de un ómnibus.

The screenshot shows a web-based application titled "Localización satelital GPS" (Powered by OpenGTS). The main title is "Localización satelital GPS" with a subtitle "(Powered by OpenGTS)". Below the title, it says "Cuenta: New Account [demo] (admin)" and includes links for "Detallados" (Detailed), "Menú Principal" (Main Menu), and "Salir" (Logout).

The main content area is titled "Detalle de eventos" (Event Detail) and specifies "Colectivo 22 [012896001160503]" and the time range "'21/02/2013 08:00:00' hasta '21/02/2013 10:59:00' [GMT-03:00]". There are also links for "Actualizar" (Update), "Mapa" (Map), and "Imprimir" (Print).

A table displays the event log with the following columns: # (Index), Fecha (Date), Hora (Time), Estado (Status), Lat/Lon (Latitude/Longitude), Velocidad km/h (Speed km/h), Altitud metros (Altitude meters), Odómetro Km (Odometer Km), and Dirección (Direction). The table contains 27 rows of data, each representing a movement event for the bus.

#	Fecha	Hora	Estado	Lat/Lon	Velocidad km/h	Altitud metros	Odómetro Km	Dirección
1	21/02/2013	08:00:07	En Movimiento	-27.34154/-55.85778	40.7 N	0	17575	
2	21/02/2013	08:01:28	En Movimiento	-27.34060/-55.86168	39.6 O	0	17575	
3	21/02/2013	08:02:22	Ubicación	-27.34072/-55.86346	0	0	17575	
4	21/02/2013	08:03:18	En Movimiento	-27.34138/-55.86785	35.7 NO	0	17576	
5	21/02/2013	08:04:21	En Movimiento	-27.33731/-55.86900	14.3 N	0	17576	
6	21/02/2013	08:05:14	En Movimiento	-27.33447/-55.86929	11.1 N	0	17576	
7	21/02/2013	08:06:07	En Movimiento	-27.33181/-55.86958	20.0 N	0	17576	
8	21/02/2013	08:07:01	En Movimiento	-27.32922/-55.86984	18.6 N	0	17577	
9	21/02/2013	08:07:54	En Movimiento	-27.32695/-55.87005	16.8 N	0	17577	
10	21/02/2013	08:08:48	En Movimiento	-27.32652/-55.87021	14.2 NO	0	17577	
11	21/02/2013	08:09:42	En Movimiento	-27.32662/-55.87138	0	0	17577	
12	21/02/2013	08:10:36	En Movimiento	-27.32649/-55.87320	19.8 N	0	17577	
13	21/02/2013	08:11:32	En Movimiento	-27.32322/-55.87348	0	0	17577	
14	21/02/2013	08:12:26	Ubicación	-27.32322/-55.87348	0	0	17577	
15	21/02/2013	08:12:41	En Movimiento	-27.32286/-55.87354	27.8 N	0	17577	
16	21/02/2013	08:13:28	En Movimiento	-27.31834/-55.87458	41.1 N	0	17578	
17	21/02/2013	08:14:22	En Movimiento	-27.31354/-55.87754	39.8 NO	0	17579	
18	21/02/2013	08:15:16	En Movimiento	-27.31260/-55.88026	19.5 NO	0	17579	
19	21/02/2013	08:16:11	En Movimiento	-27.31230/-55.88118	25.6 O	0	17579	
20	21/02/2013	08:17:04	En Movimiento	-27.31049/-55.88548	40.2 NO	0	17579	
21	21/02/2013	08:18:01	En Movimiento	-27.30881/-55.88803	34.7 NO	0	17580	
22	21/02/2013	08:18:56	En Movimiento	-27.30674/-55.89126	42.9 NO	0	17580	
23	21/02/2013	08:19:52	En Movimiento	-27.30236/-55.89697	59.7 NO	0	17581	
24	21/02/2013	08:20:46	En Movimiento	-27.29768/-55.90403	60.1 NO	0	17582	
25	21/02/2013	08:21:49	En Movimiento	-27.29281/-55.91272	54.1 NO	0	17582	
26	21/02/2013	08:22:42	En Movimiento	-27.29197/-55.92065	62.8 O	0	17583	
27	21/02/2013	08:23:37	En Movimiento	-27.29287/-55.92808	47.6 O	0	17584	

Fig. 178 - Imagen de un reporte detallado de eventos de un ómnibus.

En la Fig. 178 se observa un reporte detallado de los eventos correspondientes al ómnibus 22, el mismo puede ser utilizado como medio de control tanto para las distancias recorridas (Odómetro), como para detectar excesos de velocidad, tiempo que estuvo detenido, etc.

ANEXO 10: Imagen de información de un vehículo (ómnibus).

The screenshot shows a web-based application titled "Localización satelital GPS" (Powered by OpenGTS). The main page has tabs for Principal, Mapas, Reportes, and Administración, with Principal selected. A sub-menu titled "Ver/editar información de Vehículo" is open. The form contains the following fields:

- Identificador Vehículo: 012896001160503
- Fecha de creación: 20/07/2012 16:55:37 GMT-03:00
- Identificador del servidor: Generic TK102/TK103
- Versión del sistema del dispositivo:
- Identificador único: tk_012896001160503
- Activo: Si
- Descripción Vehículo: Colectivo 22
- Nombre corto: C22
- Identificación del vehículo:
- Tipo de equipo:
- Número IMEI: 012896001160503
- Serial Number:
- Teléfono SIM#:
- Dirección de correo electrónico para SMS:
- Color de la ruta en el mapa: Valor por omisión
- Capacidad combustible: 0.0 litro
- Identificador del operador:
- Odómetro reportado: 17657.1 Km
- Last Engine Hours: 0.00
- Miembro de Grupo:

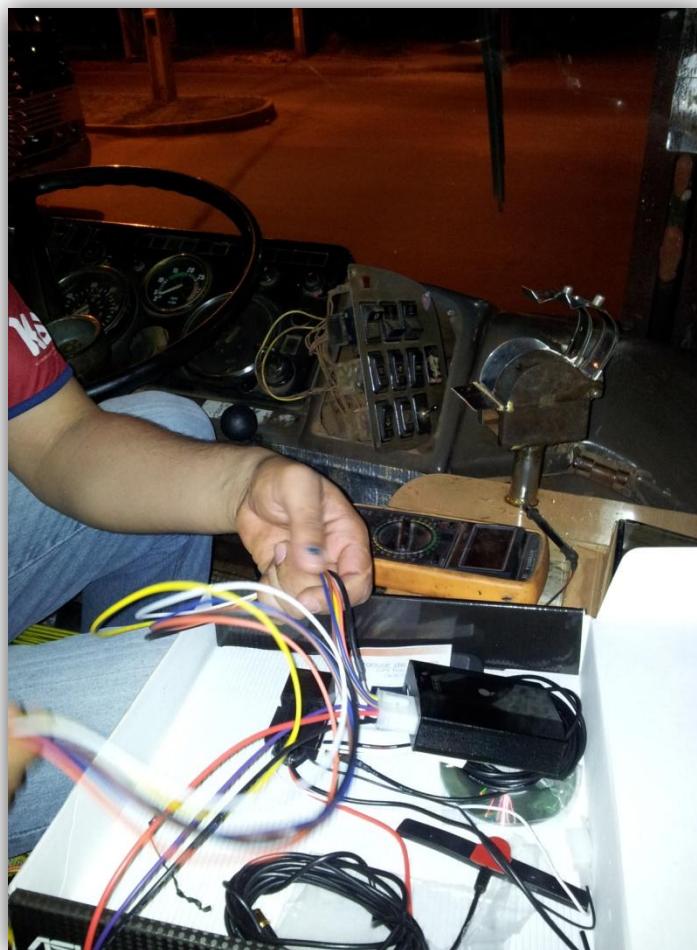
At the bottom left of the form, there is a dropdown menu with the option "Todos [all];" followed by a checked checkbox.

Fig. 179 - Imagen de información de un vehículo (ómnibus).

En la Fig. 179 se observa la interfaz gráfica en la cual se crean y editan los vehículos (ómnibus) que serán registrados para el rastreo satelital, algunos de los valores más importantes son el número de IMEI (numero único a nivel mundial que identifica al dispositivo GPS), la descripción (el nombre que se le asigna al vehículo), identificador del servidor (el protocolo de comunicación que utiliza el servidor para analizar sus eventos) y la fecha en la que fue dado de alta en el sistema.

ANEXO 11: Imágenes de la instalación de los GPS Tracker en los ómnibus.





ANEXO 12: Obtención del margen de error.

Para realizar el cálculo y obtener el margen de error para la actualización de tiempos de llegada entre una parada y otra se obtuvieron datos de 8 días (entre el 23/11/2012 y el 04/12/2012), de todas las paradas y de las franjas 4, 5 y 6 ya que fueron las franjas que más datos proporcionaron. Además se aclara que los datos obtenidos pertenecen solo al itinerario estudiado. El cálculo se baso en obtener:

- Los tiempos de viaje “máximos”, “mínimos” y “promedios” de cada parada hasta su adyacente.
- La “diferencia mínima” entre el promedio y el mínimo de cada parada hasta su adyacente. (Diferencia mínima = Promedio – Mínimo).
- La “diferencia máxima” entre el promedio y el máximo de cada parada hasta su adyacente. (Diferencia máxima = Máximo – Promedio).
- El “techo” de cada parada hasta su adyacente, que es el porcentaje que representa la diferencia máxima en relación al promedio.
- El “piso” de cada parada hasta su adyacente, que es el porcentaje que representa la diferencia mínima en relación al promedio.
- La moda, mediana y promedio del techo y piso de cada una de las paradas por franja horaria. En resumen, los resultados fueron los siguientes (Tabla 15):

	Franja 4	Franja 5	Franja 6
Moda	33,33	12,92	29,41
Mediana	34,24	34,98	31,64
Promedio	35,72	39,76	38,74

Tabla 15 - Resultados para el margen de error.

La mediana proporciona el valor típico aun cuando el grupo de datos esté desviado hacia un lado u otro. Cuando los datos no estén desviados (cuando están distribuidos normalmente) el promedio y la mediana serán esencialmente el mismo número. En este caso la distribución es normal por lo tanto utilizar el promedio o la mediana como porcentaje del margen de error da lo mismo. Se opta por utilizar el valor de 34% de margen de error para la actualización de los tiempos en la base de datos. Obs.: Tener en cuenta que para este caso se tomo solamente 8 días y 3 franjas horarias. Para mejor precisión tomar más días y observar si la distribución sigue siendo normal. Las tablas de los días, paradas y franjas estudiadas se presentan a continuación (Tabla 16 - Tabla 17 - Tabla 18):

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

PARADA	TIEMPOS TOMADOS EN FECHA												FRANJA 4					
	23/11/12	26/11/12	27/11/12	28/11/12	29/11/12	30/11/12	3/12/12	4/12/12	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	PROMEDIO	DIF. MAX.	DIF. MIN.	TECHO	PISO		
1	55,5	37	73,5	73,5	57,5	54	54	54	37	73,5	54,8	57,4	16,13	20,38	28,10	35,51		
2	45	63,5	67,5	36	68,5	68,5	68,5	36	68,5	68,0	60,8	7,75	24,75	12,76	40,74			
3	24,5	73	49,5	49,5	61,5	35	35	23,5	23,5	73,0	42,3	43,9	29,06	20,44	66,15	46,51		
4	45	68	73	51	80,5	39	39	39	80,5	51,0	55,8	24,69	16,81	44,23	30,12			
5	47,5	69	55,5	69	59,5	59,5	42	42	69,0	59,5	58,9	10,13	16,88	17,20	28,66			
6	68,5	63	73	73	73	73	73	63	73,0	73,0	71,2	1,81	8,19	2,55	11,50			
7	95	96	96	86,5	86,5	86,5	86,5	86,5	96,0	86,5	86,5	6,06	3,44	6,74	3,82			
8	165,5	179,5	169	169	71,5	85,5	75,5	71,5	179,5	167,3	135,6	43,94	64,06	32,41	47,26			
9	160,5	183,5	183,5	134	139	153,5	148,5	148,5	134	183,5	151,0	156,4	27,13	22,38	17,35	44,31		
10	258,5	293	264	258	264,5	258	258	226,5	293,0	258,3	260,1	32,94	33,56	12,67	12,91			
11	302,5	342	304,5	309	301,5	287,5	287,5	287,5	302,0	302,0	302,8	39,25	15,25	12,96	5,04			
12	302	366,5	296,5	296,5	387,5	300	374	296,5	387,5	301,0	327,4	60,06	30,94	18,34	9,45			
13	676	334	442,5	543	435,5	466,5	476,5	792	343	792,0	471,5	521,9	270,13	178,88	51,76	34,28		
14	583	850,5	1081,5	868	902,5	902,5	1512	1038	583	1512,0	902,5	967,3	544,75	384,25	56,32	39,73		
15	388,5	332	291,5	222,5	339	321,5	299	364	222,5	388,5	326,8	319,8	68,75	97,25	21,50	30,41		
16	93	63,5	103	103	78,5	96,5	63,5	103,0	96,5	92,1	10,88	28,63	11,80	31,07				
17	24,5	24,5	53	53	44	50,5	67,5	40	24,5	67,5	47,3	44,6	22,88	20,13	51,26	45,10		
18	47	28	54,5	54,5	46,5	62,5	44	29,5	28	62,5	46,8	45,8	16,69	17,81	36,43	38,88		
19	34,5	49,5	20	20	29,5	35	35	20	49,5	34,8	32,3	17,19	12,31	53,19	38,10			
33	64,5	25,5	79	43	61	52,5	33	41,5	25,5	79,0	47,8	50,0	29,00	24,50	58,00	49,00		
34	49	20	60,5	31	26	52	63,5	20	63,5	40,0	41,0	22,50	21,00	54,88	51,22			
35	20,5	68,5	49,5	37	39	39	47	56	20,5	68,5	43,0	44,6	23,94	24,06	53,72	54,00		
36	31	55	59,5	59,5	59,5	83	82,5	31	83,0	59,5	61,2	21,81	30,19	35,65	49,34			
37	66	89	123	94,5	94,5	90,5	90,5	66	123,0	92,5	92,8	30,19	26,81	32,53	28,89			
38	81,5	144	178	178	85	62	150,5	98	62	178,0	121,0	122,1	55,88	60,13	45,75	49,23		
39	15	16	39	39	14	46	56,5	29,5	14	56,5	34,3	31,9	24,63	17,88	77,25	56,08		
40	19,5	49,5	60	21,5	77,5	57,5	48	73,5	19,5	77,5	53,5	50,9	26,63	31,38	52,33	61,67		
41	42	37,5	39,5	51	80	80	80	31	80,0	46,5	55,1	24,88	24,13	45,12	43,76			
42	31	24	74	74	55	55	33	70	24	74,0	55,0	52,0	22,00	28,00	42,31	53,85		
43	27	38	78	78	52,5	52,5	61,5	28	78,0	52,5	51,9	26,06	24,94	50,18	48,01			
44	26	65	82	30	30	28,5	55,5	26	82,0	30,0	43,4	38,63	17,38	89,05	40,06			
45	42,5	42,5	56,5	35	35	32	39	32	56,5	40,8	42,4	14,13	10,38	33,33	24,48			
46	40,5	46,5	46,5	38,5	26	26	81	26	81,0	43,5	43,9	37,06	17,94	84,35	40,83			
47	85,5	48	48,5	48,5	69	85	106,5	48	106,5	58,8	67,4	39,06	19,44	57,92	28,82			
48	21,5	24	48,5	48,5	19	35	41,5	60,5	19	60,5	38,3	37,3	23,19	18,31	62,14	49,08		
49	28,5	77	34,5	51	51	68,5	28,5	77,0	51,0	51,7	25,31	23,19	48,97	44,86				
50	28,5	18,5	51,5	86	86	50	58,5	18,5	86,0	51,5	53,8	32,19	35,31	59,81	65,62			
51	43	88	73	139	105,5	56,5	131	99	139,0	93,5	93,5	37,0	32,00	36,78	50,57			
52	42,5	65,5	163	83,5	74,5	58	89	89	42,5	163,0	79,0	83,1	79,88	40,63	96,09	48,87		
53	47,5	47	59	60,5	46	70,5	54,5	34,5	70,5	51,0	52,4	18,06	17,94	34,45	34,21			
54	50	50	69	63	92,5	66	66	79	50	92,5	66,0	66,9	25,56	16,94	38,19	25,30		
55	21,5	59,5	65,5	65,5	64	64	23,5	23,5	21,5	65,5	61,8	48,4	17,13	26,88	35,40	55,56		
56	47	61,5	39	47	67,5	39	91	51	39	91,0	49,0	53,4	35,63	16,38	64,33	29,57		
57	74,5	40,5	90	89,5	74	84,5	72	107	40,5	107,0	79,5	79,0	28,00	38,50	35,44	48,73		
58	77,5	134	91,5	124,5	120,5	133	89	77,5	134,0	122,5	113,0	21,00	35,50	18,58	31,42			
59	77,5	82,5	82,5	83,5	57	57	71	87	57	87,0	80,0	74,8	12,25	17,75	16,39	23,75		
60	62,5	62,5	62,5	56	54	64,5	67,5	70	54	70,0	62,5	61,1	8,88	7,13	14,52	11,66		
61	72	81,5	81,5	69,5	119,5	119,5	119,5	124	69,5	124,0	100,5	98,4	25,63	28,88	26,05	29,35		
62	156	192,5	62	174,5	222,5	222,5	222,5	62	222,5	207,5	184,4	38,13	122,38	20,68	66,37			
63	76,5	40,5	76	76	83	54	54	57,5	40,5	83,0	66,8	64,7	18,31	24,19	31,73			
64	97	134	96,5	96,5	104,5	112,5	112,5	98,5	96,5	134,0	101,5	106,5	27,50	10,00	25,82	9,39		
65	88,5	89,5	87,5	74	119,5	73	73	81,5	73	119,5	84,5	85,8	33,69	12,81	39,26	14,93		
66	36	42,5	49,5	42	36	36	36	36	49,5	36,0	39,3	10,25	3,25	26,11	8,28			
67	30	44,5	44,5	26,5	34,5	42	42	44,5	26,5	44,5	42,0	38,6	5,94	12,06	15,40	31,28		
68	79,5	63,5	43	62,5	72	72	72	59	43	79,5	67,8	65,4	14,06	22,44	21,49	34,29		
69	49	48,5	48,5	48	29	29,5	33,5	29,5	49,0	49,0	47,3	41,6	7,38	12,13	17,72	29,13		
70	35	35	35	17,5	31	26,5	26,5	17,5	35,0	28,8	29,1	5,88	11,63	20,17	39,91			
71	13,5	13,5	13,5	31,5	30,5	30,5	30,5	11,5	11,5	31,5	22,0	21,9	9,63	10,38	44,00	47,43		
72	45,5	49,5	49,5	34,5	19	19	19	19	49,5	40,0	35,7	13,81	16,69	38,70	46,76			
73	47	47	13	34,5	34	34	34	24	13	47,0	34,0	30,8	16,19	17,81	52,54	57,81		
74	22	22	22,5	21,5	21,5	21,5	21,5	20	38,5	22,0	23,8	14,69	3,81	61,68	16,01			
97	35	35	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5	27	35,0	30,5	31,2	8,81	19,69	19,25	45,59			
98	51,5	51,5	23,5	51,5	28	44	44	23,5	51,5	47,8	43,2	8,81	19,69	19,25	45,59			
99	70,5	45,5	45,5	38	38	72	65	38	72,0	55,3	54,9	17,06	16,94	31,06	30,83			
100	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	19	14,5	14,5	39,5	39,5	33,8	5,69	19,31	16,82	57,12			
101	89	30	30	42	18	18	18	18	89,0	24,0	32,9	56,13	14,88	170,72	45,25			
102	64	64	65	63	71	60	58	62	58,0	71,0	63,4	7,63	5,38	12,03	8,48			
103	38	36	35	38	41	32	36	37	32	41,0	36,5	4,00	12,06	37,14	66,75			
104	25	29,5	29,5	29,5	31	31	31	47	31,5	72,0	30,0	42,5	29,50	11,00	69,41	25,88		
105	77,5	50,5	50,5	33,5	33,5	49	49	33,5	77,5	49,0	47,1	10,38	25,81	42,34				

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

PARADA	TIEMPOS TOMADOS EN FECHA								MINIMO	MAXIMO	MEDIANA	PROMEDIO	FRANJA 5				
	23/11/12	26/11/12	27/11/12	28/11/12	29/11/12	30/11/12	3/12/12	4/12/12					DIF. MAX.	DIF. MIN.	TECHO	PISO	
1	84	84	66,5	46	46	46	46	46	61,5	46	84,0	53,8	60,0	24,00	14,00	40,00	23,33
2	30,5	54,5	54,5	58,5	42,5	30,5	32,5	32,5	30,5	58,5	37,5	42,0	16,50	11,50	39,25	27,38	
3	105	76	33,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	56	33,5	105,0	42,5	55,1	49,94	21,56	90,69	39,16
4	120	42	42	57,5	36	38,5	62,5	85	36	120,0	49,8	60,4	59,56	24,44	59,58	40,43	
5	21,5	36	36	36	36	68	68	68	21,5	68,0	36,0	46,2	21,81	24,69	47,23	53,45	
6	43	83	59	64,5	69,5	69,5	69,5	69,5	43	83,0	68,8	65,8	17,25	22,75	26,24	34,60	
7	95,5	84	110,5	111	97	84	84	109	84	111,0	96,3	96,9	14,13	12,88	14,58	13,29	
8	148	201	196,5	162	162	166	163	188	148	201,0	164,5	173,3	27,69	25,31	15,98	14,63	
9	141	151	135	135	105,5	165,5	140	162,5	105,5	165,5	140,5	141,9	23,56	36,44	16,60	25,67	
10	253	226	247,5	189,5	233	227,5	227,5	288,5	189,5	288,5	230,3	236,6	51,94	47,06	21,96	19,89	
11	205	244,5	240	240	240	268	312	205	312,0	240,0	248,7	63,31	43,69	25,46	17,57		
12	209,5	189	261,5	290	289	301,5	300	189	301,5	289,0	266,2	35,31	77,19	13,27	29,00		
13	79	221	257	328	361,5	361,5	272,5	238	79	361,5	264,8	264,8	96,69	185,81	36,51	70,17	
14	403,5	489,5	651	494	494	474,5	477,5	403,5	651,0	491,8	513,5	137,50	110,00	26,78	21,42		
15	350	401	339,5	288,5	335	344,5	266,5	401,0	337,3	332,5	68,50	66,00	20,60	19,85			
16	144	144	144	58	58	92	92	58	144,0	118,0	109,5	34,50	51,50	31,51	47,03		
17	37,5	44,5	44,5	65,5	45	45	89	89	37,5	89,0	45,0	57,5	31,50	20,00	54,78	34,78	
18	27	112	112	91,5	91,5	37,5	37,5	27	112,0	91,5	77,6	34,38	50,63	44,28	65,22		
19	24	23	23	26	26	26	26	23	26,0	25,0	24,6	1,38	1,63	5,58	6,60		
33	3	54	54	44,5	44,5	44,5	70,5	19,5	3	70,5	44,5	41,8	28,69	38,81	68,61	92,83	
34	32	56	56	24,5	19,5	19,5	41,5	19,5	56,0	28,3	33,6	22,44	14,06	66,85	41,90		
35	28	24	24	34,5	45	45	45	24	45,0	39,8	36,3	8,69	12,31	23,92	33,91		
36	56	58	58	50	50	50	78,5	78,5	50	78,5	57,0	59,9	18,63	9,88	31,11	16,49	
37	81	97	78,5	107	149,5	149,5	149,5	149,5	78,5	149,5	128,3	120,2	29,31	41,69	24,39	34,69	
38	110,5	118	107,5	191	191	191	191	191	107,5	191,0	191,0	161,4	29,63	53,88	18,36	33,38	
39	33	24,5	53,5	29,5	36,5	36,5	27	17,5	17,5	53,5	31,3	32,3	21,25	14,75	65,89	45,74	
40	39	58	33	55,5	46,5	46,5	31	33	31	58,0	42,8	42,8	15,19	11,81	35,47	27,59	
41	40	36,5	48,5	67	50	50	44,5	36,5	67,0	49,3	48,3	18,69	11,81	38,68	24,45		
42	20	60,5	29,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	20	60,5	37,5	37,2	23,31	17,19	62,69	46,22	
43	73	29,5	34,5	50,5	21	21	21	21	21	73,0	25,3	33,9	39,06	12,94	115,10	38,12	
44	4	20	38	38	73	73	73	73	4	73,0	55,5	49,0	24,00	45,00	48,98	91,84	
45	25	42	57,5	34,5	50	50	39	39	25	57,5	40,5	42,1	15,38	17,13	36,50	40,65	
46	30	60,5	59,5	74	74	74	31,5	31,5	30	74,0	60,0	54,4	19,63	24,38	36,09	44,83	
47	72,5	105	105	36,5	36,5	60,5	60,5	36,5	105,0	66,5	72,7	32,31	36,19	44,45	49,79		
48	14	18,5	18,5	18,5	31,5	31,5	14	31,5	18,5	21,2	10,31	7,19	48,67	33,92			
49	3	71	56	35,5	35,5	73	73	3	72,0	56,0	50,1	21,88	47,13	43,64	94,03		
50	68	76	76,5	67,5	68	59	59	59	76,5	68,0	67,8	8,75	12,92	12,92			
51	133,5	130,5	131	104,5	104,5	57	84,5	57	131,0	104,5	104,5	103,81	27,25	46,75	26,27	45,06	
52	42,5	78	63,5	63,5	34,5	34,5	61,5	56	34,5	78,0	58,8	54,3	23,75	19,75	43,78	36,41	
53	83	68,5	84	53	69	69	63	68	53	84,0	68,8	69,7	14,31	16,69	20,54	23,95	
54	69	94,5	94,5	92	77,5	77,5	77,5	77,5	69	94,5	77,5	82,5	12,00	13,50	14,55	16,36	
55	75	81,5	77,5	66,5	58,5	58,5	34	25	25	81,5	62,5	59,6	21,94	34,56	36,83	58,03	
56	124	132	91,5	61,5	61,5	65	45,5	70	45,5	132,0	67,5	81,8	50,19	36,31	61,34	44,39	
57	183,5	177	64,5	74,5	57	93,5	93,5	57	183,5	75,8	87,6	95,94	30,56	109,56	34,90		
58	117,5	89	122,5	78	118,5	118,5	115,5	56	122,5	116,5	101,9	20,56	45,94	20,17	45,06		
59	56	80	63	63	86	86	74,5	68,5	56	86,0	71,5	71,5	13,88	16,13	19,24	22,36	
60	93	77,5	62,5	63,5	63	63	41,5	92,5	41,5	93,0	63,3	69,6	23,44	28,06	33,69	40,34	
61	100,5	86	120	83	97,5	97,5	149,5	134	83	149,5	99,0	108,5	41,00	25,50	37,79	23,50	
62	149	210	135,5	135,5	209,5	69	196,5	144	69	210,0	146,5	156,1	53,88	87,13	34,51	55,80	
63	94	94	94	27	68,5	73	51	27	94,0	83,5	74,4	19,56	47,44	26,28	63,73		
64	177	79,5	38,5	38,5	109	132,5	94,5	92,5	38,5	177,0	93,5	95,3	81,75	56,75	85,83	59,58	
65	120	74,5	82,5	74,5	74,5	70,5	79,5	70,5	70,5	120,0	77,0	81,9	38,06	11,44	46,45	13,96	
66	35	30	47	38	35	51	51	46,5	30	51,5	42,3	41,8	9,75	11,75	23,35	28,14	
67	30	46	45	55,5	49	71	71	21	21	71,0	47,5	48,6	22,44	27,56	46,20	56,76	
68	72	80	99,5	83	87	82,5	36,5	62,5	36,5	99,5	81,3	75,4	24,13	38,88	32,01	51,58	
69	75,5	49,5	70	74,5	60	38	49	33	33	75,5	54,8	56,2	19,31	23,19	34,37	41,27	
70	9,5	39	41,5	30	27	27	27	9,5	41,5	27,0	28,5	13,00	19,00	45,61	66,67		
71	17	29,5	35	35	25	32,5	32,5	23,5	17	35,0	27,5	27,7	7,31	10,69	26,41	38,60	
72	49	51,5	56,5	35,5	62,5	33	53	26	26	62,5	50,3	45,9	16,63	19,88	36,24	43,32	
73	38	49	44	44	32	44	36	36	32	49,0	41,0	40,4	8,63	8,38	21,36	20,74	
74	15	12	18	20	11	11	11	11	20,0	11,5	11,5	6,38	6,38	2,63	46,79	19,27	
97	33	32	30	38	32	27	32	34	27	38,0	32,0	32,0	17,81	19,19	44,32	47,74	
98	21	44	48	32	31,5	31,5	58	55,5	21	58,0	38,0	40,2	17,81	19,19	43,32	47,74	
99	57	37	45,5	81	81	81	61	37	85,0	59,0	63,1	21,94	26,06	34,79	41,33		
100	46	36,5	36,5	68,5	57	41	58	36,5	68,5	51,5	51,5	17,00	15,00	33,01	29,13		
101	68	81	81	110	110	54	82	82	54	110,0	81,5	83,5	26,50	29,50	31,74	35,33	
102	64	62	67	63	65	68	69	71	62	71	66,0	66,1	4,88	4,13	7,37	6,24	
103	32	37	36	39	32	34	33	32	39,0	33,5	54,3	51,3	13,19	21,31	25,70	41,53	
104	5	57,5	33,5	42,5	58	58	58	5	53,5	72,0	60,3	61,2	10,81	7,69	17,67	12,56	
105	89</																

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

PARADA	TIEMPOS TOMADOS EN FECHA							FRANJA 6								
	23/11/12	26/11/12	27/11/12	28/11/12	29/11/12	30/11/12	3/12/12	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIANA	PROMEDIO	DIF. MAX.	DIF. MIN.	TECHO	PISO	
1	63	63	63	65	65	65	35,5	35,5	65,0	64,0	60,6	4,44	25,06	7,33	41,38	
2	50	86	86	78,5	30,5	30,5	30,5	30,5	86,0	40,3	52,8	33,19	22,31	62,84	42,25	
3	95	88	88	43,5	50,5	50,5	44,5	46,5	43,5	95,0	50,5	63,3	31,69	19,81	50,05	31,29
4	90	77	49,5	64	70	70	83,5	75	49,5	90,0	72,5	72,4	17,63	22,88	24,35	31,61
5	46	46	51	51	51	51	51	51	46	51,0	51,0	49,8	1,25	3,75	2,51	7,54
6	3	33,5	125,5	75,5	84,5	84,5	90,5	102	3	125,5	84,5	74,9	50,63	71,88	67,61	95,99
7	9	177	114,5	122,5	146,5	146,5	125	9	177,0	135,8	123,4	53,56	114,44	43,39	92,71	
8	323	174	231,5	231,5	231,5	231,5	179	174	323,0	231,5	229,2	93,81	55,19	40,93	24,08	
9	58	178,5	165	135	137	137	137	137	58	178,5	137,0	135,6	42,94	77,56	31,67	57,22
10	276	276	255,5	255,5	255,5	221,5	257	221,5	276,0	255,5	256,6	19,44	35,06	7,58	13,67	
11	331	264,5	225,5	230,5	230,5	230,5	215	215	331,0	230,5	242,8	88,19	27,81	36,32	11,45	
12	342	177,5	199,5	446,5	171	171	334	334	171	446,5	266,8	271,9	174,56	100,94	64,19	37,12
13	15	133	568	184,5	357,5	357,5	436	654	15	654,0	357,5	338,2	315,81	323,19	93,38	95,56
14	236	1111	305,5	657,5	847	847	1300,5	1364,5	236	1364,5	847,0	833,6	530,88	597,63	63,68	71,69
15	594	376,5	299,5	357	370	370	474	319	299,5	594,0	370,0	395,0	199,00	95,50	50,38	24,18
16	107	107	81,5	81,5	81,5	81,5	81,5	81,5	107,0	81,5	81,5	87,9	19,13	6,38	21,76	7,25
17	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64,0	64,0	0,00	0,00	0,00	0,00	
18	46	15	15	15	15	21,5	21,5	15	46,0	15,0	20,5	25,50	5,50	124,39	26,83	
19	3	5	5	5	5	87,5	87,5	3	87,5	5,0	25,4	62,13	22,38	244,83	88,18	
33	68	63	63	102	102	74	74	63	102,0	71,0	76,1	25,88	13,13	33,99	17,24	
34	31	31	31	42	42	16	16	16	42,0	31,0	30,0	12,00	14,00	40,00	46,67	
35	45	41	47	47	48	51	44	47	41	51,0	47,0	46,3	4,75	5,25	10,27	11,35
36	73	73	73	69	69	77,5	77,5	69	77,5	73,0	73,1	4,38	4,13	5,98	5,64	
37	7	118,5	118,5	152	152	152	152	7	152,0	135,3	121,3	30,69	114,31	25,30	94,23	
38	216	216	216	122,5	122,5	74,5	74,5	216,0	169,3	163,3	52,75	88,75	32,31	54,36		
39	25	25	25	22,5	22,5	21	13,5	13,5	25,0	23,8	22,4	8,94	11,42	39,83		
40	33	33	33	38	38	15,5	30	15,5	38,0	33,0	32,3	5,69	16,81	17,60	52,03	
41	57	57	57	12	12	31,5	31,5	12	57,0	44,3	39,4	17,63	27,38	44,76	69,52	
42	20	20	20	27,5	27,5	27,5	27,5	20	27,5	23,8	23,8	3,75	3,75	15,79	15,79	
43	25	25	25	51	51	51	51	25	51,0	38,0	38,0	13,00	13,00	34,21	34,21	
44	28	30	30	32	30	30	30	28	32,0	30,0	30,0	2,00	6,67	6,67	6,67	
45	9	9	9	16,5	16,5	16,5	16,5	9	16,5	12,8	12,8	3,75	3,75	29,41	29,41	
46	25	25	25	43,5	43,5	43,5	43,5	25	43,5	34,3	9,25	9,25	27,01	27,01		
47	90	13	13	71,5	87,5	87,5	64	13	90,0	79,5	64,3	25,75	51,25	40,08	79,77	
48	18	30	30	40	40	40	40	40	42,5	18,4	40,0	35,11	7,44	17,06	21,21	48,66
49	35	58,5	58,5	56,5	56,5	56,5	61	35	61,0	57,5	55,1	5,88	20,13	10,66	36,51	
50	28	72	72	67,5	60,5	60,5	63,5	28	72,0	62,0	60,6	11,44	32,56	18,89	53,77	
51	94	132,5	132,5	109,5	120,5	120,5	120,5	94	132,5	120,5	118,71	21,81	55,19	19,71	49,86	
52	80	80	134,5	77,5	77,5	77,5	77,5	134,5	78,8	85,6	48,94	8,06	57,20	9,42		
53	51	51	51	74	74	74	74	29	29,5	62,5	59,8	14,19	30,31	23,72	50,68	
54	119	119	69	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	119,0	60,8	79,5	39,50	27,00	49,65	33,96	
55	50	57,5	57,5	75,5	75,5	75,5	75,5	50	75,5	75,5	67,8	7,69	17,81	11,34	26,27	
56	111	33	43	61	51	51	51	33	111,0	51,0	56,5	54,50	23,50	96,46	41,59	
57	25	79,5	79,5	76	98	98	98	25	98,0	88,8	81,5	16,50	56,50	20,25	69,33	
58	114	85,5	85,5	115	88	88	88	88	48,5	115,0	88,0	89,1	25,94	40,56	29,12	45,54
59	49	49	15,5	67,5	67,5	67,5	67,5	15,5	67,5	67,5	56,4	11,13	40,88	19,73	27,51	
60	38	27	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5	27	89,5	89,5	89,5	14,25	48,25	18,94	64,12	
61	29	125,5	100,5	104	115,5	115,5	115,5	101	29	125,5	109,8	100,8	24,69	71,81	24,49	71,23
62	195	179	197	195	195	195	195	150	150	197,0	195,0	187,9	9,13	37,88	4,86	20,16
63	63	87,5	77	77	58	58	58	52	87,5	60,5	66,3	21,19	14,31	31,95	21,58	
64	151	133,5	74	86,5	89	89	89	101	74	151,0	89,0	101,6	49,38	27,63	48,59	27,18
65	153	48	66,5	83,5	93,5	93,5	93,5	48	153,0	93,5	90,6	62,38	42,63	68,83	47,03	
66	5	16,5	41,5	50,5	59	59	59	5	59,0	54,8	43,7	15,31	38,69	35,05	88,56	
67	9	59	60	62	37,5	37,5	37,5	37,5	9	62,0	37,5	42,5	19,50	33,50	45,88	78,82
68	112	112	72,5	59	71	71	71	59	112,0	71,0	79,9	32,06	20,94	40,11	26,19	
69	62	62	48	48	48	48	48	48	62,0	48,0	53,3	8,75	5,25	16,43	9,86	
70	15	15	9,5	15	15	15	15	15	9,5	15,0	15,0	13,6	4,13	10,09	30,28	
71	15	15	27	27	17	17	17	17	27,0	17,0	19,0	8,00	4,00	42,11	21,05	
72	42	42	23	23	22,5	22,5	22,5	22,5	42,0	22,8	22,5	14,50	5,00	52,73	18,18	
73	40	11,5	11,5	7	7	7	7	7	40,0	7,0	12,3	27,75	5,25	226,53	42,86	
74	9	9	9	15	15	15	15	15	9	15,0	12,8	2,25	3,75	29,41	29,41	
97	42	42	42	46,5	46,5	46,5	46,5	46,5	42	46,5	46,5	44,81	1,69	2,81	3,77	6,28
98	29	78	78	58	45	45	45	45	29	78,0	51,5	55,7	22,31	26,69	40,07	47,92
99	151	63,5	42	86	86	86	86	86	86,5	86,5	89,8	61,19	47,81	68,13	53,24	
100	45	53	38,5	50,5	50,5	88	64,5	38,5	88,0	51,8	56,9	31,06	18,44	54,56	32,38	
101	51	51	37	80	80	80	80	80	37	80,0	80,0	67,4	12,63	30,38	18,74	45,08
102	67	62	65	69	71	62	63	65	62	71,0	65,0	5,50	3,50	8,40	5,34	
103	31	30	32	33	33	33	33	37	41	30,10	33,0	34,4	6,63	4,38	19,27	12,73
104	40,5	40,5	40,5	43,5	43,5	43	43	43	103,5	47,5	52,4	46,06	14,44	18,74	25,14	
105	83	83	83	76	49,5	49,5	41	41	83,0	62,8	63,3	19,75	22,25	31,23	35,18	
106	39	39	39	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	86,5	86,5	89,8	30,25	19,75	28,61	18,68	
107	103	103	56,5	86,5	86,5	101	101	56,5	103,0	101,0	92,6	10,44	36,06	11,28	38,96	
108	76	76	76	93,5												

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

ANEXO 13: Instrumento utilizado en la recolección de datos.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ITAPUA FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA EN INFORMATICA	
<p>Somos alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática de esta casa de estudios; abocados a la realización de nuestro trabajo final de grado, por lo cual le solicitamos su colaboración respondiendo a las premisas descriptas a continuación, garantizándole absoluta confidencialidad y anonimato.</p>		
Muchas Gracias.		
<p>DATOS: (Marque con una "X" la casilla que considere cierta, afirmativa o correcta)</p>		
<p>A) Edad: <input type="text"/> B) Sexo: M: <input type="checkbox"/> F: <input type="checkbox"/></p>		
<p>C) Utilización del Transporte Público Urbano:</p>		
<p>NO <input type="checkbox"/> CASI NUNCA <input type="checkbox"/> GENERALMENTE <input type="checkbox"/> CASI SIEMPRE <input type="checkbox"/> SIEMPRE <input type="checkbox"/></p>		
<p>D) Tipo de dispositivo y Sistema operativo móvil utilizado por el consultado/a:</p>		
<p>SMARTPHONE <input type="checkbox"/> ANDROID: <input type="checkbox"/> TABLET <input type="checkbox"/> IOS: <input type="checkbox"/> NETBOOK <input type="checkbox"/> RIM: <input type="checkbox"/> NOTEBOOK <input type="checkbox"/></p>		
<p>E) Utilización de internet en el dispositivo móvil: 3G: <input type="checkbox"/> 4G: <input type="checkbox"/> WiFi: <input type="checkbox"/></p>		
FECHA:/./. HORA::.....		

Fig. 180 - Instrumento utilizado en la recolección de datos, Pág. 1.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA <i>(Marque con una "X" la casilla que considere cierta, afirmativa o correcta.)</i>	
Primeramente debe acceder a la página web: www.infobus.com.py	
<p>A) Prueba de Servicio de informaciones acerca de <u>ITINERARIOS</u> de ómnibus.</p> <p><u>Pasos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingrese al menú de itinerario. • Elija el itinerario que desee. <p>A.1) Ha visualizado el itinerario completo con sus paradas en el mapa?</p> <p>SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p>	
<p>B) Prueba de Servicio de informaciones acerca de las <u>PARADAS</u> de ómnibus.</p> <p><u>Pasos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingrese al menú de paradas. • Elija ver todas las paradas <p>B.1) Ha visualizado todas las paradas de los itinerarios de ómnibus en el mapa?</p> <p>SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p><u>Pasos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingrese al menú de paradas. • Elija una parada de la lista. <p>B2) Ha visualizado en el mapa la parada elegida?</p> <p>SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p>	
<p>C) Prueba de Servicio de informaciones acerca de <u>HORARIOS</u> pre-establecidos.</p> <p><u>Pasos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingrese al menú de horarios, luego Elija un corredor. • Elija un itinerario, luego Elija una parada. <p>C.1) Se ha desplegado la lista de horarios correctamente?</p> <p>SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>C.2) Al hacer click sobre un horario ha visualizado correctamente el horario de parada en el mapa?</p> <p>SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p>	

Fig. 181 - Instrumento utilizado en la recolección de datos, Pág. 2.

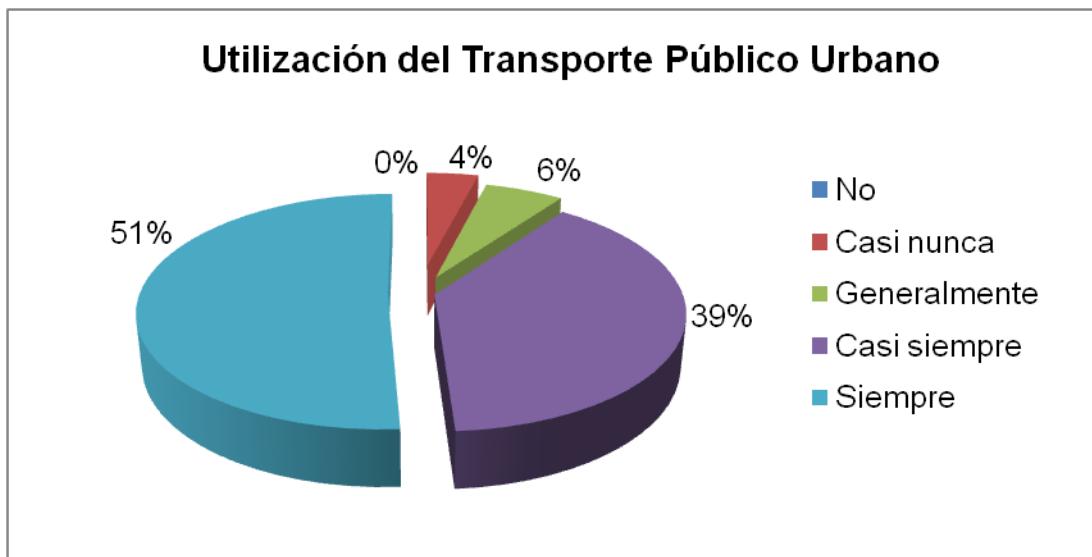
Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

<p>D) Servicio de consulta sobre <u>PREDICCIÓN</u> de tiempo de llegada de ómnibus.</p> <p><u>Paso 1:</u> Elegir una parada de origen de viaje.</p> <p>D.1) Ha visualizado el cambio de figura (verde) de la parada de origen elegida en el mapa? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p><u>Paso 2:</u> Elegir una parada de destino de viaje.</p> <p>D.2) Ha visualizado el cambio de figura (verde) de la parada de destino elegida en el mapa? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p><i>A partir de este punto el/la consultado/a cronometrará la llegada del ómnibus. Tomando nota del tiempo inicial que predijo el sistema para su posterior comparación.</i></p> <p><i>Tiempo de llegada predicho inicialmente por el sistema:</i> <input type="text"/></p> <p>D.3) A visualizado de forma gráfica la posición actual del ómnibus en el mapa? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>D.4) Ha visualizado el recorrido desde donde se encuentra actualmente el colectivo hasta la parada de origen elegida? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>D.5) Ha visualizado el recorrido que va a realizar desde la parada de origen a la parada de destino. SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>D.6) Ha visualizado en la pantalla la información referente a:</p> <p>D.6.1) Número de colectivo que debe utilizar para llegar a su destino? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>D.6.2) El tiempo estimado de llegada del colectivo hasta donde Ud. se encuentra? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>D.6.3) La distancia en que se encuentra el colectivo con respecto a la parada donde Ud. se encuentra? SI: <input type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/></p> <p>D.7) Habiendo cronometrado el tiempo de llegada del ómnibus a la parada donde Ud. se encuentra, complete lo siguiente:</p> <p><i>Tiempo real de llegada del ómnibus:</i> <input type="text"/></p>

Fig. 182 - Instrumento utilizado en la recolección de datos, Pág. 3.

ANEXO 14: Resultados de pruebas realizadas.

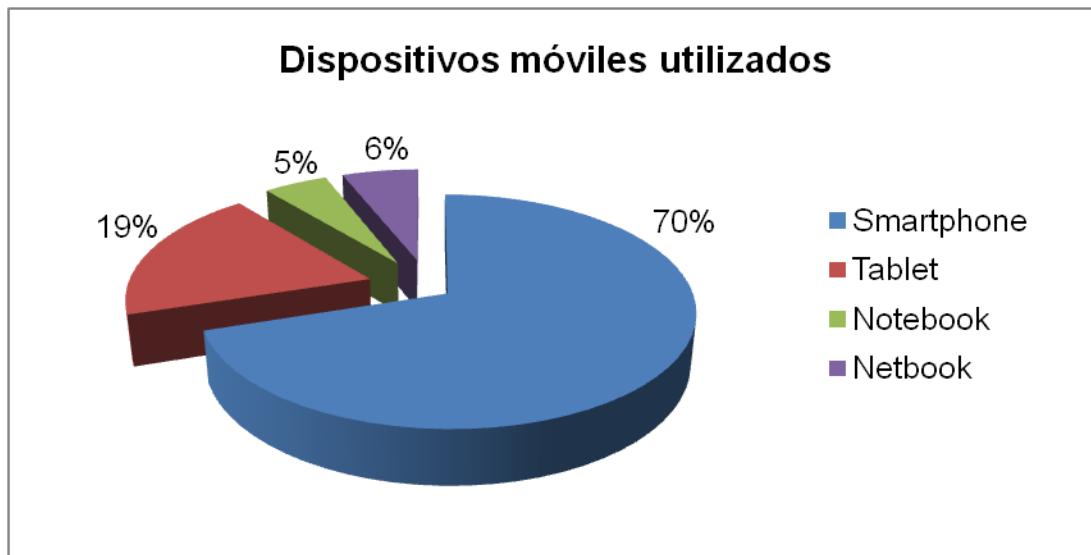
Utilización del Transporte Público Urbano.		
Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
No	0	0
Casi nunca	3	4
Generalmente	5	6
Casi siempre	31	39
Siempre	41	51
Total:	80	100



El gráfico muestra los porcentajes de personas que utilizan el Transporte Público Urbano, las mayores frecuencias se encuentran distribuidas entre los indicadores “Siempre” con un 51% y “Casi siempre” con un 39%, con lo cual se demuestra que la mayor parte de los encuestados son personas que utilizan muy a menudo el transporte público.

Dispositivos móviles utilizados.

	Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Tipo de dispositivo	Smartphone	56	70
	Tablet	15	19
	Notebook	4	5
	Netbook	5	6
	Total Tipo:	80	100
Sistema Operativo del dispositivo	RIM	9	13
	iOS	14	20
	Android	48	67
	Total Modelo:	71	100



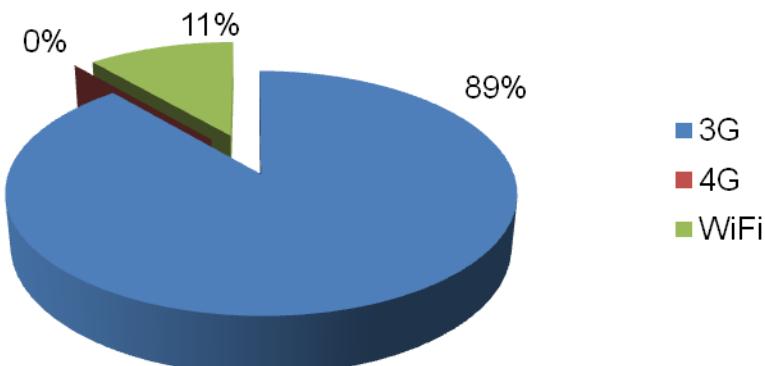
El gráfico muestra que de los usuarios encuestados, el 70% utilizan dispositivos móviles del tipo Smartphone y 19% de ellos utilizan Tablet, sumado ambos indicadores se determina que el 89% de las personas acceden a la información en tiempo real utilizando tecnología móvil con gran tendencia de crecimiento.



En el gráfico anterior (Dispositivos móviles utilizados) se observó que el 89% de las personas encuestadas utilizan un Smartphone o una Tablet, tomando esa población de dispositivos y analizando el Sistema Operativo de cada uno de ellos se obtiene un gran dominio en la utilización de Android con un 67% seguido por iOS con el 20% y luego RIM con el 13%. En el caso de las notebooks y netbooks se ha despreciado el Sistema Operativo, teniendo en cuenta que en estos casos depende del navegador de internet utilizado.

Utilización de internet.

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
3G	71	89
4G	0	0
WiFi	9	11
Total:	80	100

Utilización de internet

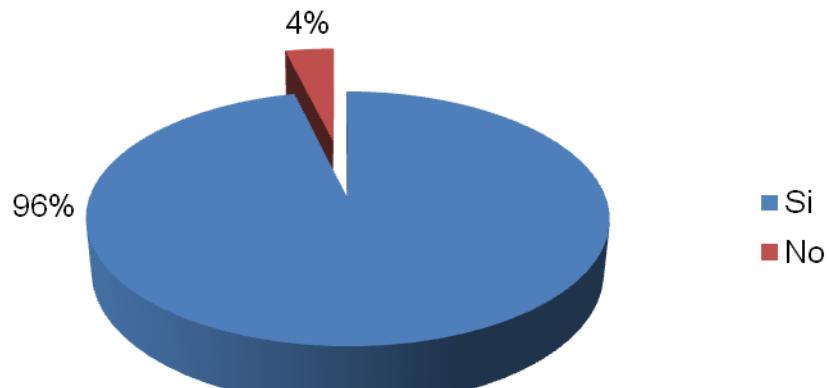
En el gráfico se puede observar que el 89% de los usuarios utilizan una conexión 3G (igual a la suma de los Smartphones y Tablets), lo cual demuestra que la gran mayoría tiene una conexión a internet constante en su dispositivo, el 11% de las conexiones a internet que se realizan por WiFi corresponde a las notebooks y netbooks.

Prueba de Servicio de informaciones acerca de ITINERARIOS de ómnibus.

Ha visualizado el itinerario completo con sus paradas en el mapa?

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Si	77	96
No	3	4
Total:	80	100

Visualización de itinerarios en el mapa



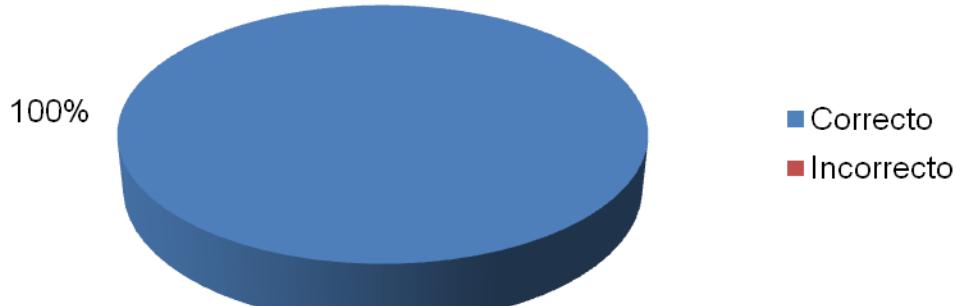
En el gráfico se puede observar que el 96% de las pruebas realizadas, para la visualización de itinerarios en el mapa han sido correctas, pero en la población se detectó que un 4% tuvo problemas para la visualización. Se pudo determinar que los problemas se debieron a una velocidad de conexión a internet lenta, lo que provocó a su vez una baja velocidad en la transmisión de los datos. La solución fue recargar nuevamente la aplicación, y en un segundo intento se pudo subsanar el inconveniente.

Prueba de Servicio de informaciones acerca de las PARADAS de ómnibus.**B.1) Ha visualizado todas las paradas de los itinerarios de ómnibus en el mapa?**

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

B.2) Ha visualizado en el mapa la parada elegida?

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

Visualización de todas las paradas en el mapa



Las tablas y los gráficos demuestran el correcto funcionamiento del módulo de paradas, con respecto a la visualización de una y todas las paradas en el mapa, todos los resultados indican 100% de efectividad.

Prueba de Servicio de informaciones acerca de HORARIOS preestablecidos.

C.1) Se ha desplegado la lista de horarios correctamente?

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0

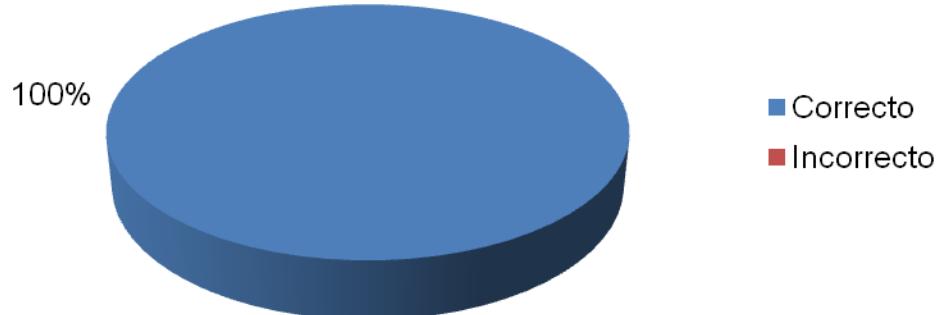
Total: 80 100

C.2) Ha visualizado correctamente el horario de parada en el mapa?

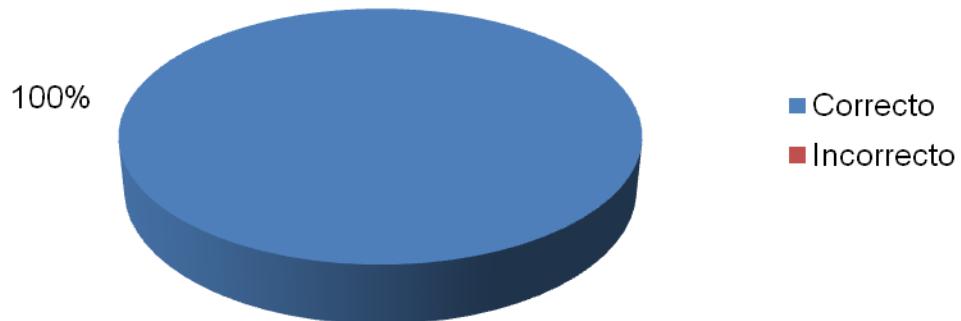
Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0

Total: 80 100

Visualización de la lista de horarios



Visualización del horario y parada en mapa



Las tablas y los gráficos demuestran el correcto funcionamiento del módulo de horario, con respecto a la visualización de la lista de horarios y la parada en el mapa, mostrando 100% de efectividad en las pruebas realizadas.

Prueba de Servicio de consulta sobre PREDICCIÓN de tiempo de llegada del ómnibus.

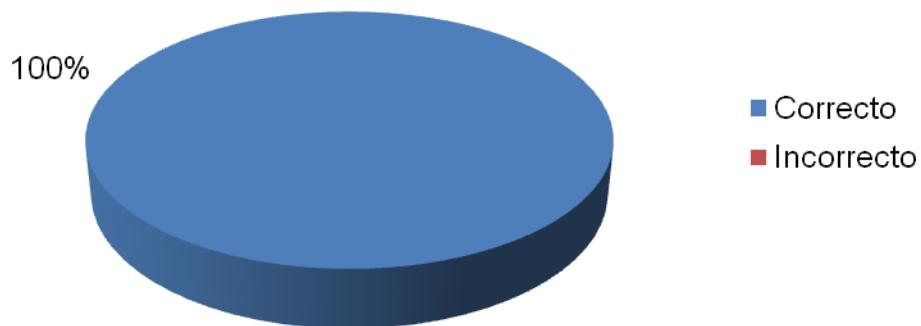
D.1) Ha visualizado el cambio de figura (verde) de la parada de origen elegida en el mapa?

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

D.2) Ha visualizado el cambio de figura (verde) de la parada de destino elegida en el mapa?

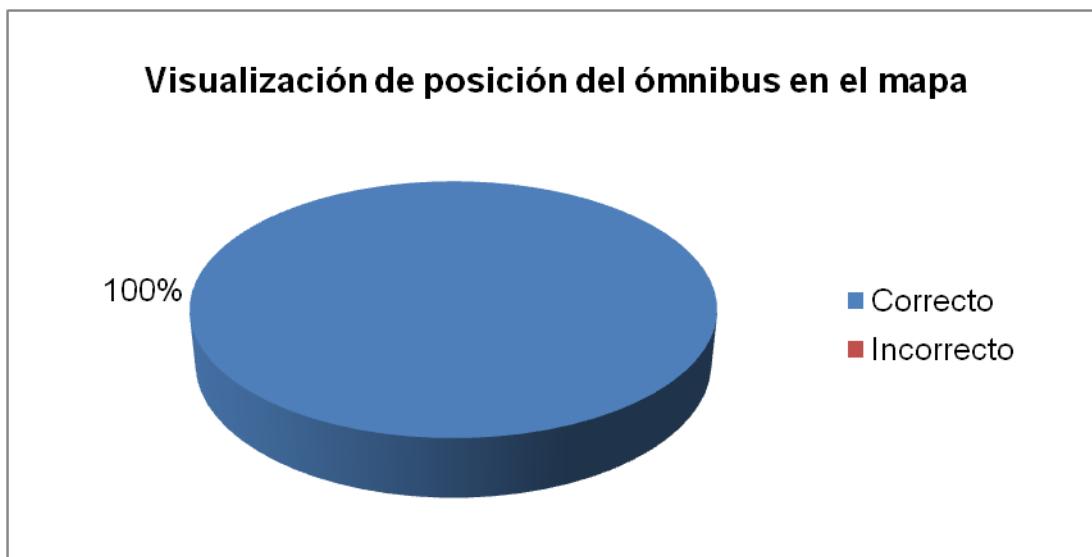
Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

Visualización de parada origen y destino en el mapa



Las tablas y el gráfico demuestran el correcto funcionamiento del módulo de búsqueda, con respecto a las visualizaciones de las paradas origen y destino seleccionadas en el mapa, y el posterior cambio de figura (a color verde) de las mismas. Se obtuvo 100% de efectividad en las pruebas realizadas.

D.3) Ha visualizado de forma gráfica la posición actual del ómnibus en el mapa?		
Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100



La tabla y el gráfico demuestran el correcto funcionamiento del módulo de búsqueda, con respecto a la posición del ómnibus en el mapa resultante de una predicción. Se obtuvo 100% de efectividad en las pruebas realizadas.

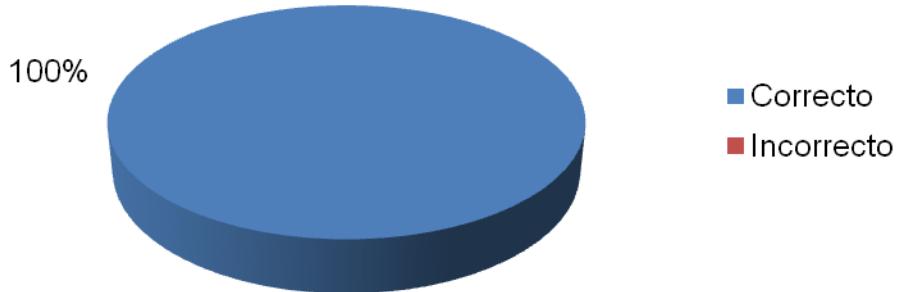
D.4) Ha visualizado el recorrido desde donde se encuentra actualmente el colectivo hasta la parada de origen?

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

D.5) Ha visualizado el recorrido que va a realizar desde la parada de origen a la parada de destino?

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

Visualización del recorrido: ómnibus - origen y origen - destino



Las tablas y el gráfico demuestran la correcta funcionalidad del módulo de búsqueda, con respecto al trazado de los recorridos (ómnibus-origen y origen-destino) en el mapa, resultante de una predicción. Se obtuvo 100% de efectividad en las pruebas realizadas.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

Ha visualizado en la pantalla la información referente a:

D.6.1) Número de colectivo que debe utilizar para llegar a su destino?		
--	--	--

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

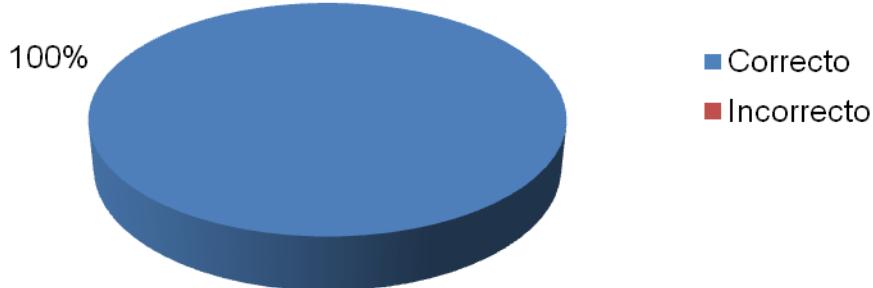
D.6.2) El tiempo estimado de llegada del colectivo hasta donde Ud. se encuentra?		
--	--	--

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

D.6.3) La distancia en que se encuentra el colectivo con respecto a la parada donde Ud. se encuentra?		
---	--	--

Indicadores	Frecuencia	Porcentaje
Correcto	80	100
Incorrecto	0	0
Total:	80	100

**Visualización de resultados de la predicción:
número de ómnibus, tiempo, distancia**



Las tablas y el gráfico demuestran el correcto funcionamiento del módulo de búsqueda con respecto a las predicciones, se evaluaron los indicadores: número de ómnibus, tiempo y distancia si fueron correctamente mostrados en la interfaz. Se obtuvo 100% de efectividad en las pruebas realizadas.

Aplicación móvil para la predicción de arribos del transporte público urbano

ANEXO 15: Costos (en dólares americanos) de la implementación del sistema.

En la Tabla 19, se presentan los costos fijos aproximados para la implementación y puesta en producción del sistema con una flota de 100 ómnibus.

DESCRIPCIÓN	COSTO UNIT.	CANTIDAD	SUBTOTAL
GPS Tracker	90	100	9.000
Costo de instalación en ómnibus.	24	100	2.400
MapSource	117	1	117
Google Earth	399	1	399
OpenGTS		1	
Sencha Touch		1	
GPS Babel		1	
MyTracks		1	
			TOTAL: 11.916

Tabla 19 - Costos fijos de implementación.

Además de los costos fijos de implementación, también se presentan los costos mensuales de los servicios a utilizar para el funcionamiento del sistema (Tabla 20). También se tomó como base una flota de 100 ómnibus. Los costos son los siguientes:

DESCRIPCIÓN	COSTO x MES	CANTIDAD	SUBTOTAL
Servicio GPRS (Transmisión de datos)	4,76 por unid.	100	476
Amazon Windows Servidor Mediano	0,23 por hora	744 horas (1 mes)	171
			TOTAL: 647

Tabla 20 - Costos mensuales para el funcionamiento del sistema.

En la Tabla 21 se presentan las distintas licencias que se utilizarán para la implementación y puesta en producción del sistema. Los costos de las licencias ya se expusieron en la primera tabla.

SOFTWARE	LICENCIA
MapSource	Comercial (https://buy.garmin.com/shop/shop.do?plID=662&ra=true)
Google Earth	Comercial (Google Earth Pro - https://earthprostore.appspot.com/product-view.ep?plID=COEPRONEW)
OpenGTS	Apache License, Versión 2.0 (http://opengts.sourceforge.net/)
Sencha Touch	Commercial Software License (Free - http://www.sencha.com/products/touch/license/)
GPS Babel	GNU General Public License (http://www.gpsbabel.org/download.html)
MyTracks	Apache License, Versión 2.0 (https://code.google.com/p/mytracks/)

Tabla 21 - Tipos de licencia.