



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

INGENIERO EN INFORMÁTICA

**DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL
DE GRUAS**

Realizado por

M^a Teresa Zafra García

Dirigido por

**Francisco J. González Cañete
Natalia Moreno Vergara**

Departamentos

**TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
LENGUAJES Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

MÁLAGA, JULIO 2010



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
INGENIERO EN INFORMÁTICA

Reunido el tribunal examinador en el día de la fecha, constituido por:

Presidente Dº/Dª. _____

Secretario Dº/Dª. _____

Vocal Dº/Dª. _____

para juzgar el proyecto Fin de Carrera titulado:

DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE GRÚAS.

de la alumna Dª. Mª Teresa Zafra García

dirigido por Dº Francisco J. González Cañete y Dª Natalia Moreno Vergara

ACORDÓ POR _____ OTORGAR LA CALIFICACIÓN DE

Y PARA QUE CONSTE, SE EXTIENDE FIRMADA POR LOS COMPARECIENTES
DEL TRIBUNAL, LA PRESENTE DILIGENCIA.

Málaga, a de _____ del 2010

El Presidente

El Secretario

El Vocal

Fdo:

Fdo:

Fdo:

Índice de Contenidos

Índice de Contenidos	i
Índice de Figuras	ii
Índice de Tablas	iv
Relación de Acrónimos.....	v
CAPÍTULO 1: Introducción	1
CAPÍTULO 2: Estado del Arte	7
2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES	7
2.1.1. SISTEMA PMR (PRIVATE MOBILE RADIO)	7
2.1.2. SISTEMAS TRONCALES (<i>TRUNKING</i>)	8
2.1.3. SISTEMA TETRA	9
2.1.4. SISTEMAS CELULARES	9
2.1.5. SISTEMAS WI-FI	10
2.1.6. SISTEMAS WIMAX	13
2.2. TECNOLOGÍAS PARA LA LOCALIZACIÓN	14
2.2.1. LOCALIZACIÓN MEDIANTE REDES MÓVILES Y SATELITALES	16
2.2.2. LOCALIZACIÓN MEDIANTE REDES INALÁMBRICAS	31
2.3. CONCLUSIONES	42
CAPÍTULO 3: Descripción del Sistema	43
3.1. FASE DE ANÁLISIS	43
3.1.1. ANTECEDENTES Y REQUISITOS INICIALES	43
3.1.2. ANÁLISIS DEL SISTEMA	47
3.2. FASE DE DISEÑO	56
3.2.1. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA LÓGICA DEL SISTEMA	56
3.2.2. DISEÑO DE LA LÓGICA DEL NEGOCIO	60
3.2.3. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO	81
3.2.4. DISEÑO DE LA CAPA DE DATOS: LA BBDD	91
3.3. CASO PRÁCTICO: OPERATIVA DEL SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE GRÚAS	95
3.3.1. DESCRIPCIÓN	95
3.3.2. SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS	96
3.3.3. SEGUIMIENTO DE RECURSOS	108
3.4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN	118
3.4.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA DEL NEGOCIO: ARQUITECTURA FÍSICA DEL SISTEMA	118
3.4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL DISPOSITIVO EMBARCADO	122
3.4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA BBDD	129
CAPÍTULO 4: Conclusiones y líneas futuras	131
4.1. CONCLUSIONES	131
4.2. LÍNEAS FUTURAS	136
Bibliografía.....	139
Referencias	140

Índice de Figuras

Figura 2.1 Sistema de Localización por Ángulo de Llegada.....	18
Figura 2.2 Sistema de Localización TOA en redes de telefonía móvil.....	19
Figura 2.3 Sistema de Localización TDOA en redes de telefonía móvil.....	19
Figura 2.4 Sistema de Localización por Huella Multitrayecto.....	20
Figura 2.5 Localización por GPS.....	23
Figura 2.6 Posición de navegación con pseudodistancias (I).....	25
Figura 2.7 Posición de navegación con pseudodistancias (II).....	25
Figura 2.8 Posición de navegación con pseudodistancias (III).....	26
Figura 2.9 Posición de navegación con pseudodistancias (IV).....	26
Figura 2.10 Proceso resumen para el cálculo de la posición del receptor.....	27
Figura 2.11 Sistema de localización comercial mediante A-GPS y Cell.....	30
Figura 2.12 Comparativa de tecnologías (<i>Stroh, 2003</i>).....	33
Figura 2.13 Estándares para redes de área local inalámbricas.....	33
Figura 2.14 Comparativa de tecnologías (<i>Stroh, 2003</i>).....	36
Figura 2.15 RFID con reflexión.....	37
Figura 2.16 Comparación de un chip RFID con antena y una moneda de 1 euro.....	37
Figura 3.1 Proceso de trabajo tradicional de la compañía.....	43
Figura 3.2 Nuevo proceso de trabajo que la compañía desea obtener con el sistema de Seguimiento y Control de Flota.....	46
Figura 3.3 Actores principales.....	48
Figura 3.4 Algunos actores y acciones principales.....	48
Figura 3.5 Diagrama de casos de uso registro de incidencias y comportamiento del actor Cliente.....	49
Figura 3.6 Diagrama alto nivel para el actor Usuario Oficina Central.....	50
Figura 3.7 Diagrama de casos de uso registro de incidencias y comportamiento del actor Usuario Oficina Central.....	50
Figura 3.8 Diagrama de casos de uso sistema de seguimiento usuario oficina central.....	52
Figura 3.9 Diagrama de casos sistema de seguimiento- recurso móvil.....	55
Figura 3.10 Diagrama lógico de componentes.....	57
Figura 3.11 Multiplicidades entre relaciones de clases.....	61
Figura 3.12 Diagrama de clases 1.....	63
Figura 3.13 Diagrama de clases 2.....	75
Figura 3.14 Diagrama de Secuencia desde que se abre una incidencia para prestar un servicio hasta que se cierra en el sistema.....	78
Figura 3.15 Diagrama de Secuencia de generación de alerta por rechazo de servicio.....	79
Figura 3.16 Diagrama de Secuencia de generación de alerta por retraso en la llegada.....	80
Figura 3.17 Diagrama de Secuencia de generación de alerta retraso en resolución de orden trabajo.....	81
Figura 3.18 Interfaz Incidencias- Alta.....	82
Figura 3.19 Interfaz Incidencias- Consulta.....	83
Figura 3.20 Interfaz Clientes.....	83
Figura 3.21 Interfaz Alertas.....	84
Figura 3.22 Interfaz Servicios.....	85
Figura 3.23 Interfaz Recursos.....	86
Figura 3.24 Interfaz Servicios Pendientes.....	87
Figura 3.25 Interfaz asignación de servicio.....	88
Figura 3.26 Interfaz que muestra los datos de servicio.....	88
Figura 3.27 Interfaz detección/confirmación de retraso.....	89

Figura 3.28 Interfaz confirmación llegada	90
Figura 3.29 Interfaz verificaciones.....	90
Figura 3.30 Interfaz confirmar finalización servicio.....	91
Figura 3.31 Alerta número excesivo de asignaciones sin recursos libres: AREA	99
Figura 3.32 Alerta número excesivo de asignaciones sin recursos libres en una zona: ZONA.....	103
Figura 3.33 Alerta Asignación sin respuesta/tiempo excesivo en no responder: NO RESPON.....	106
Figura 3.34 Alerta Confirmación de lectura no recibida: NO LEÍDO	107
Figura 3.35 Alerta Servicio Rechazado: NO ACEPTA	107
Figura 3.36 Alerta Rechazo de servicios: RECHAZOS.....	108
Figura 3.37 Alerta “Recurso confirma retraso”: RETRASO	110
Figura 3.38 Alerta “Recurso no responde a la detección/predicción de un retraso”: RET- NORESP.....	111
Figura 3.39 Alerta “Verificaciones sin éxito y confirmación de destino”: VERIFICAC .	114
Figura 3.40 Alerta “Retraso en reparación”: RET-REPARA.....	115
Figura 3.41 Alerta “Servicio no reparado”: NO REPARA	116
Figura 3.42 Sistemas identificados hasta el momento.....	119
Figura 3.43 Sistemas <i>hardware</i> involucrados en el sistema.....	119
Figura 3.44 Diagrama de despliegue en UML del sistema.....	120
Figura 3.45 Pantalla inicial.....	122
Figura 3.46 Pantalla de entrada al sistema.....	123
Figura 3.47 Pantalla de desconexión (izquierda) y pantalla de paso a fuera de servicio (derecha).....	123
Figura 3.48 Pantalla de asignación de un servicio.....	124
Figura 3.49 Pantalla de rechazo (izquierda) y de aceptación (derecha) de un servicio.....	124
Figura 3.50 Pantalla de detección de retraso.....	125
Figura 3.51 No confirmación (izquierda) y confirmación (derecha) del retraso de un servicio.....	125
Figura 3.52 Verificaciones: matrícula, revisiones pasadas, kilometraje y fecha de vigencia de la póliza, respectivamente.....	126
Figura 3.53 Pantalla de espera de autorización (izquierda) y de confirmación de servicio autorizado (derecha).....	126
Figura 3.54 Pantalla desde donde el recurso informa a la central si ha reparado o no el vehículo.....	127
Figura 3.55 Pantallas desde donde se selecciona el motivo de no haber sido reparado el vehículo (izquierda) y de aviso para que contacte el recurso con la central (derecha).	127
Figura 3.56 Pantallas desde donde se confirma el diagnóstico inicial (izquierda) y en espera de que se le asigne un nuevo servicio al recurso que ha quedado libre (derecha).....	128
Figura 3.57 Pantallas desde donde se selecciona el destino del que el recurso necesita conocer la ruta (izquierda) y pantallas en el caso que se solicite direcciones de talleres (centro y derecha).....	128
Figura 3.58 Pantalla desde donde el recurso informa que ha finalizado el servicio (izquierda) y pantalla donde el recurso vuelve a estar libre y puede volver a ser asignado a un nuevo servicio (derecha).....	129

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Técnicas de Localización mediante redes de telefonía móvil y satélite.....	16
Tabla 2.2 Comparativa de tecnologías Wireless	41
Tabla 3.1 Ejemplo del modelo básico.	103

Relación de Acrónimos

3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i>
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
A-FLT	<i>Advanced Forward Link Trilateration</i>
AOA	<i>Angle of Arrival</i>
BLN	<i>Bluetooth Location Network</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CGI	<i>Cell Global Identity</i>
CMOS	<i>Complementary Metal Oxide Semiconductor</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
DOA	<i>Direction of Arrival</i>
EEPROM	<i>Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
E-FTL	<i>Enhanced Forward Link Trilateration</i>
E-OTD	<i>Enhanced Observed Time Difference</i>
EPE	<i>Ekahau Positioning Engine</i>
FSK	<i>Fast Frequency Shift Keying</i>
Glonass	<i>Global Orbiting Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Sistema de Posicionamiento Global</i>
GPRS	<i>Global Packet Radio System</i>
GSM	<i>Groupe Special Mobile</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HW	<i>Hardware</i>
HSDPA	<i>High Speed Downlink Packet Access</i>
IEEE	<i>The Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IPSEC	<i>Internet Protocol security</i>
LMU	<i>Location Measurement Units</i>
LOS	<i>Line Of Sight</i>
MAC	<i>Media Access Control address</i>
MF	<i>Multipath Fingerprint</i>
NAVSTAR	<i>Navigation Satellite Timing and Ranging</i>
NMEA	<i>National Marine Electronics Association</i>

OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
OTD	<i>Observed Time Difference</i>
OTDOA	<i>Observed Time Difference of Arrival</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PMR	<i>Private Mobile Radio</i>
POI	Punto de interés
RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
RIS	Reparación In Situ
RTB	Red Telefónica Básica
RTC	Red Telefónica Conmutada
RTD	<i>Relative Time Difference</i>
SIG	<i>Special Interest Group</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>
SW	<i>Software</i>
TA	<i>Timing Advange</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TDOA	<i>Time Difference of Arrival</i>
TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio</i>
TOA	<i>Time os Arrival</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
UWB	Banda Ultra-Ancha
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
WAP	<i>Wireless Application Protocol</i>
WCDMA	<i>Wideband Code Division Multiple Access</i>
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i>
Wi-Fi/WECA	<i>Wireless Ethernet Compatibility Alliance</i>
WIMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WPA	<i>Wi-Fi Protected Access</i>
WSDL	<i>Web Service Definition Language</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

CAPÍTULO 1: Introducción

La saturación del mercado de telefonía móvil, con una penetración superior al 90% (www.cmt.es) en muchos países y la presión sostenida de los reguladores por reducir tarifas, obliga a operadoras y fabricantes a dar una nueva vuelta de tuerca al negocio. La solución al estancamiento en ingresos por llamadas de voz ha sido el desarrollo de nuevos servicios basados en el tráfico de datos con el fin de incrementar los ingresos medios por cliente.

La limitación tradicional de las redes móviles ha sido que el ancho de banda que soportaban era muy inferior al de las redes fijas. Esto suponía una menor velocidad en el acceso a la información y un menor volumen de información accesible para quienes las utilizaban. Con la introducción de UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) y HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) en las redes móviles, el tipo de aplicaciones que pueden ser ofrecidas a partir de estas redes son, prácticamente las mismas que las disponibles en las redes fijas.

Además, las redes móviles poseen ciertas características particulares cuando se comparan con las redes fijas: el terminal móvil está asociado a la persona, mientras que un teléfono fijo se asocia normalmente a una familia (el hogar o la oficina); el terminal móvil acompaña a la persona, permitiendo su localización en la red; y está siempre accesible, por lo que se puede utilizar en cualquier momento. En la telefonía móvil, la movilidad está restringida en función del terminal (típicamente PC portátil, PDA o teléfono móvil) que condiciona la utilización y disponibilidad de los servicios. Esto ha supuesto una clara ventaja respecto a las actuales redes de telefonía fija, donde la capacidad de ofrecer servicios móviles ha hecho las delicias de los usuarios domésticos, sobre todo de los más jóvenes, si bien estos servicios son también una potente herramienta empresarial aún por explotar. Las empresas pueden conseguir gracias a estos recursos un gran ahorro de costes y nuevos medios de persuasión y fidelización de sus clientes. El mundo empresarial es cada vez más cambiante, y sólo las empresas más flexibles y dinámicas son capaces de sobrevivir, y para ello son necesarias herramientas efectivas de comunicación que contribuyan a diseñar sistemas que permitan la gestión de recursos móviles, que es una de las áreas más prometedoras en el campo de la computación móvil. Los servicios de información y comunicación basados en la localización y gestión de recursos móviles están configurándose como incipientes modelos de negocio llamados a revolucionar la forma de

rentabilizar y optimizar la gestión de servicios ya sean del tipo: seguros, cuerpos de seguridad, sanidad, industria, etc.

Estos sistemas permiten desarrollar innumerables aplicaciones gracias al posicionamiento de objetos o personas en tiempo real y a la integración con los distintos sistemas de gestión propias de cada área de negocio. Algunos de los principales servicios están relacionados con la gestión, seguimiento y control de localización de objetos móviles, como por ejemplo:

- Gestión de flotas: ambulancias, grúas, coches de cuerpos de seguridad y emergencia (bomberos, policía,...), etc. A través de este tipo de sistemas, podemos conocer dónde se encuentran en cada momento, realizar un seguimiento histórico para saber por dónde han pasado y que rutas han seguido,...
- Priorización y gestión de alertas
- Servicios de atención humanos (gas, agua)
- Servicios de reparto, donde se provee cualquier tipo de producto o material, ya sea material sanitario, material de construcción, productos alimenticios,...
- Gestión dinámica de rutas
- Asignación de órdenes de trabajo, basadas en proximidad
- Localización y búsqueda de personas perdidas (por ejemplo, un niño perdido en un parque de atracciones, zoológico,...)
- Localización y búsqueda de víctimas de violencia de género
- Etc.

Con este tipo de sistemas se consigue optimizar la calidad y eficiencia del servicio, así como un ahorro de costes bastante considerable.

Para ello es necesario tener localizado cada uno de estos recursos móviles en tiempo real, así como que exista comunicación entre ellos y con los sistemas centrales de cada entidad. Con esta información es posible desarrollar aplicaciones que maximicen el aprovechamiento de los recursos. Gracias al avance de las tecnologías hoy en día contamos

con sistemas de localización, redes de comunicación, etc., que permiten y facilitan que esto sea posible.

La base de los sistemas de localización es la obtención de información de posicionamiento de los recursos móviles a gestionar. Para hacer posible la transferencia de esta información hasta las aplicaciones de gestión será necesario disponer de redes de comunicación deslocalizadas.

A finales del siglo XX y principio del XXI se ha observado un rápido crecimiento en el campo de los sistemas de localización, ampliándose el número de éstos. Se han sumado al sistema de localización basado en la obtención de coordenadas por satélites militares (GPS), sistemas que permiten la localización de terminales móviles desde antenas de GSM (*Groupe Special Mobile*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) y la localización de terminales inalámbricos a través de tecnologías Wi-Fi (anteriormente la WECA: *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*).

Con respecto a las redes de comunicación, se puede comprobar como en los últimos veinte años se ha pasado del uso exclusivo de redes de comunicaciones cableadas (RTB, Red Telefónica Básica) a redes inalámbricas (GSM, 2G, 3G, GPRS, Wimax, Wi-Fi). Esto se traduce en la posibilidad de establecer comunicaciones deslocalizadas gracias a los dispositivos móviles permitiendo el acceso a servicios y aplicaciones en cualquier momento y en cualquier lugar.

El objeto de este proyecto es el estudio y definición de un sistema de gestión que permita realizar el seguimiento y control de recursos móviles, en el cual se particularizará en grúas de una compañía aseguradora que presta servicios de asistencia en carretera a sus asegurados/clientes, que:

- Facilite la asignación de las órdenes de trabajo de servicio de asistencia en carretera (remolque, reparación in situ, etc.) a recursos: grúa para turismos, grúas para vehículos de gran tonelaje, grúa para motos, etc.
- Optimice el tiempo de ejecución y la calidad del servicio.

Para ello será necesario integrar nuevas tecnologías que proporcionen:

- Conocer la posición de los vehículos de una flota, en tiempo real, y su representación en un mapa.
- Coordinar y optimizar las órdenes de trabajo que se les asignan a estos recursos móviles.
- Proporcionar comunicación constante entre los distintos actores principales que intervienen.

Esta operativa se podrá llevar a cabo gracias a la información que los vehículos envían a los sistemas centrales a través de los dispositivos móviles que tienen instalados.

En la descripción funcional de esta solución se presenta la descripción de los nuevos procesos de trabajo de la compañía para prestar estos servicios cumpliendo con los objetivos marcados anteriormente, los cuales han sido rediseñados bajo un estudio exhaustivo para mejorar la ejecución de órdenes de trabajo asociadas al servicio con respecto a los procesos de trabajo tradicionales que tenía esta compañía aseguradora, y que permiten paliar los problemas derivados de la gran competencia entre este tipo de compañías, que las empuja a ofrecer un amplio abanico de servicios de valor añadido, en respuesta al aumento de las exigencias de los clientes, y que deben ser prestados con la mejor atención y la máxima celeridad. Con esta redefinición de los procesos de trabajo se ha conseguido incorporar al sistema la funcionalidad necesaria para evitar fraudes por parte de compañías de grúas subcontractadas, controlando los gastos derivados del kilometraje, y sobretodo garanticen el óptimo funcionamiento del servicio para responder con la máxima celeridad a las llamadas de atención de los clientes.

Se realizará un estudio previo sobre distintas tecnologías de localización y comunicación (características, ventajas, inconvenientes, campos de aplicación), dónde se seleccionarán las más adecuadas para este tipo de sistemas.

Se definirá la arquitectura de un sistema que hará posible ofrecer este tipo de servicios, con los componentes hardware y software que se seleccionen, por ser los más adecuados para conocer el estado de cada recurso y servicio para el seguimiento y control de los vehículos. Se particularizará en su definición para la gestión de grúas de una aseguradora que presta el servicio de asistencia en carretera definiendo su operativa funcional.

Este proyecto se compone de los siguientes capítulos:

- En el Capítulo 1: Introducción, se presenta la gestión de recursos móviles y sus ventajas, se define el objetivo y estructura del proyecto.
- En el Capítulo 2: Estado del arte, se realiza una revisión de algunos de los sistemas que permiten la comunicación móvil (Sistemas de comunicación móvil). Se revisan de algunos de los sistemas de localización, que actualmente existen para la localización de recursos móviles basados en los sistemas de comunicación que se revisan. Se concluirá con la elección de los sistemas de comunicación y localización elegidos para el diseño del sistema objeto de este proyecto.
- En el Capítulo 3: Se realiza el análisis y diseño del sistema. Para ello se especifican los antecedentes y requisitos iniciales del sistema y se realiza un análisis para un sistema genérico. Para la realización de este análisis y diseño del sistema se hacen uso de diagramas de clases, de secuencia y se especifica la base de datos que requiere este sistema. Se definirá la arquitectura física del sistema que integre las tecnologías seleccionadas del análisis realizado en el Capítulo 2, añadiendo, en caso que fuese necesario, otras tecnologías para componer la solución, describiendo el sistema de información. Se describirá la operativa de un caso práctico para la gestión de grúas de una aseguradora que presta servicio de asistencia en carretera.
- En el Capítulo 4: Conclusiones y líneas futuras, se expondrán las conclusiones y posibles líneas de futuro.

CAPÍTULO 2: Estado del Arte

En este capítulo se va a realizar una revisión de algunas de las tecnologías que actualmente existen para la localización de recursos móviles que se apoyan en distintos sistemas de comunicación. Por ello, previamente se describirán brevemente algunos de los sistemas de comunicaciones que permiten las comunicaciones móviles / inalámbricas.

En este estado del arte se analizarán distintos sistemas de comunicación y de localización a fin de seleccionar a posteriori los sistemas más adecuados en el diseño del sistema objeto de este proyecto.

2.1. SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

Se habla de comunicaciones móviles cuando tanto emisor como receptor están en movimiento. La movilidad de estos dos actores que se encuentran en los extremos de la comunicación hace que se excluya casi en su integridad la utilización de hilos (cables) para realizar la comunicación entre dichos extremos. Por lo tanto, utiliza básicamente la comunicación vía radio por la movilidad de los extremos de la conexión.

Las comunicaciones móviles no aparecen en su fase comercial hasta finales del siglo XX. Los países nórdicos fueron los pioneros en disponer de sistemas de telefonía móvil, radiobúsquedas (Sistema de Posicionamiento Global, GPS), redes móviles privadas, y el siguiente paso fueron los sistemas de telefonía móvil avanzados. Después llegó la telefonía móvil digital, las agendas personales, *laptops* (computadores portátiles), miniordenadores y un sin fin de dispositivos dispuestos a conectarse vía radio con otros dispositivos o redes. Y finalmente llegó la fusión entre comunicaciones móviles e Internet, el verdadero punto de inflexión tanto para uno como para otro.

2.1.1. SISTEMA PMR (PRIVATE MOBILE RADIO)

El sistema PMR [1] utiliza una técnica llamada de concentración de enlaces (*trunking*), la cual puede describirse como la conmutación automática de algunos canales en un sistema repetidor multicanal. Son redes de radiocomunicaciones privadas que usan los móviles que llevan esta tecnología y no se conectan con las redes públicas. El sistema PMR son redes para grupos cerrados de usuarios de gran utilidad puesto que facilitan que

los terminales dentro de un entorno se conecten al centro de control, y luego éste distribuye las comunicaciones de la siguiente manera: a estación a través de la estación base, fijos mediante línea telefónica.

PMR es una red que funciona en un canal abierto. Esto quiere decir que desde un despacho los mensajes son recibidos por todos los terminales conectados al canal (por despacho entendemos el intercambio de órdenes y confirmaciones entre el controlador y los móviles (terminal) que se encuentran en los extremos). El sistema PMR destaca por la cobertura (celdas del orden de 10 Km), el acceso es más rápido entre los terminales y el despacho y las llamadas son de corta duración. Las aplicaciones de PMR permiten gestionar las radiocomunicaciones en flotas que brindan servicios tales como seguridad, bomberos, taxis, etc.

2.1.2. SISTEMAS TRONCALES (*TRUNKING*)

Este sistema es la evolución de PMR y nace de la necesidad de mejorar el uso de la restricción de canales radioeléctricos disponibles. Se desarrolló en la década de los 80's. En la distribución de frecuencias a varios grupos de usuarios, por ejemplo los que ofrecían servicios públicos, se presentaban casos en los que el uso real de la frecuencia asignada estaba muy por debajo de lo normal, provocando un bajo rendimiento de los recursos y provocando una pérdida de capacidad de comunicación.

El sistema *trunking* trata de utilizar pocas frecuencias de una forma más eficiente. La frecuencia ya no pertenece a un único grupo de usuarios, y en su lugar un grupo de frecuencias portadoras se comparten y pueden ser utilizadas por otros grupos de usuarios. Por tanto, *trunking* es un sistema que comparte varias frecuencias radioeléctricas, de modo que ante una solicitud de comunicación de voz por parte de un terminal móvil, el sistema *trunking* le asignara un canal libre. El sistema *trunking* está identificado por la norma MPT1327 (<http://es.wikipedia.org>) del Ministerio de Correos y Telecomunicaciones del Reino Unido desde el año 1988. Utiliza modulación FFSK (*Fast Frequency Shift Keying*) con tonos de 1.800-1.200 Hz para la señalización en el canal de control, y la modulación de voz sigue siendo analógica en los canales de tráfico.

2.1.3. SISTEMA TETRA

Sistema TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) [2], es la evolución natural de *trunking* analógico. Surge la red *trunking* digital, donde deja de lado la modulación analógica y se introduce al mundo de la modulación digital, tanto para voz como para datos. Con este sistema se aprovecha el recurso limitando de frecuencia disponible, puesto que en un sólo canal de RF (frecuencia ascendente y descendente) pueden obtenerse hasta cuatro comunicaciones de voz. Esto se da gracias a la técnica TDMA (*Time Division Multiple Access*) [3].

TETRA es un estándar europeo para poder combinar varios modos de redes, sistemas y servicios. Se considera un sistema de concentración de enlaces de transmisión funcionando con tecnología digital de acceso y transmisión. Los servicios que ofrece TETRA son los siguientes: modo circuito para datos protegidos, modo circuito para datos sin protección, modo circuito para datos fuertemente protegidos, modo IP, llamada individual y llamada de grupo cerrado de usuarios, entre otros.

2.1.4. SISTEMAS CELULARES

2.1.4.1. Sistema GSM

GSM (*Global System for Mobile Communications* - Sistema Global de comunicaciones Móviles) [4] es un sistema de telefonía netamente digital. Originalmente se definió como un estándar europeo abierto para redes de teléfonos móviles digitales que soportan voz, mensajes de texto, datos y *roaming*. GSM corresponde a la segunda generación (2G) de los sistemas de comunicación móviles. El sistema GSM utiliza una variación de acceso múltiple por división de tiempo (*TDMA, Time Division Multiple Access*). Esto quiere decir que a cada usuario se le asigna un intervalo temporal denominado *slot*, en el que su información, normalmente es de voz. Posteriormente en la estación se procesa para formar una única corriente de información GSM y es el sistema que más se llegó a utilizar entre las tres tecnologías de telefonía móvil (TDMA, GSM y CDMA (*Code Division Multiple Access*)). Este sistema opera en los 900MHz o 1800Mhz de banda de frecuencia.

2.1.4.2. Sistema GPRS

GPRS (*Global Packet Radio System*) [5] es la evolución del sistema GSM. Permite a las redes celulares una mayor velocidad y ancho de banda sobre el GSM. GPRS es un equivalente de ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*, Línea de Suscripción Digital Asimétrica) para un teléfono móvil, considerado de la generación 2.5. Este sistema permite una conexión de alta velocidad y capacidad de datos y que está disponible para navegar páginas WAP (*Wireless Application Protocol* - protocolo de aplicaciones inalámbricas). El pago en los servicios que ofrece este sistema corresponde con la cantidad de datos que son descargados. GPRS también permite navegar por páginas a color y tomar parte en mensajes multimedia. La gran mayoría de teléfonos móviles que se lanzaron en el 2003 tiene acceso a la conexión GPRS. Se dice que este sistema fue un puente para pasar a la tecnología UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*).

2.1.4.3. Sistema UMTS

UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) [4] es un sistema de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access*). UMTS nació con el objetivo de ser un sistema multi-servicio y multi-velocidad, esto quiere decir que tiene suficiente flexibilidad para poder adaptarse a transmisiones de datos de diferentes velocidades y requisitos distintos, incluso permite a un usuario el acceso de diversas conexiones de distintos servicios simultáneamente. Por ejemplo, un usuario puede estar enviando un correo electrónico a la vez que puede estar descargando archivos de la red, por supuesto que esto dependerá de los servicios que le brinda el operador. Esta capacidad y flexibilidad se debe a dos factores: el primero lo encontramos en el acrónimo de WCDMA. La letra W hace razón a *Wideband* que significa banda ancha. UMTS tiene una banda ancha de 5MHz, lo que hace posible transferir datos a velocidades de hasta 2Mbps. Gracias a esta velocidad se puede acceder a servicios como televisión móvil, videoconferencias, servicios de mapas para la ubicación del usuario y otros.

2.1.5. SISTEMAS WI-FI

Wi-Fi [6] es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables, además es una marca de la *Wi-Fi Alliance* (anteriormente la WECA: *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*): la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11. Estos estándares definen el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (*Open*

System Interconnection, capas física y de enlace de datos); especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN (*Wireless Local Area Network*).

Existen diversos tipos de Wi-Fi, basados cada uno de ellos en un estándar IEEE (*The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas) 802.11 aprobado. A continuación nombraremos algunos de ellos:

- Los estándares IEEE 802.11b e IEEE 802.11g disfrutaban de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbps y 54 Mbps, respectivamente.
- En la actualidad ya se maneja también el estándar IEEE 802.11a, conocido como WI-FI 5, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada y, además no existen otras tecnologías (*Bluetooth*, microondas, *ZigBee*) que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz (aproximadamente un 10%), debido a que la frecuencia es mayor (a mayor frecuencia, menor alcance).
- Un primer borrador del estándar IEEE 802.11n que trabaja a 2.4 GHz y a una velocidad de 108 Mbps. Sin embargo, el estándar 802.11g es capaz de alcanzar ya transferencias a 108 Mbps, gracias a diversas técnicas de aceleramiento.

Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología Wi-Fi es la progresiva saturación del espectro radioeléctrico, debida a la masificación de usuarios. Esto afecta especialmente en las conexiones de larga distancia (mayor de 100 metros). En realidad Wi-Fi está diseñado para conectar ordenadores a la red a distancias reducidas; cualquier uso de mayor alcance está expuesto a un excesivo riesgo de interferencias.

Un elevado porcentaje de redes son instaladas sin tener en consideración la seguridad, convirtiéndose en redes abiertas (o muy vulnerables a los *crackers*), sin proteger la información que por ellas circulan. Existen varias alternativas para garantizar la seguridad de estas redes. Las más comunes son:

- Utilizar protocolos de cifrado de datos para los estándares Wi-Fi que los proporcionan los propios dispositivos móviles, como el WEP (*Wired Equivalent Privacy* - Privacidad Equivalente a Cableado) y el WPA (*Wi-Fi Protected Access* - Acceso Protegido Wi-Fi), que se encargan de codificar la información transmitida para proteger su confidencialidad. En particular:
 - WEP, cifra los datos en la red de forma que sólo el destinatario deseado pueda acceder a ellos. WEP codifica los datos mediante una “clave” de cifrado antes de enviarlo.
 - WPA, presenta mejoras como la generación dinámica de la clave de acceso. Las claves se insertan como dígitos alfanuméricos, sin restricción de longitud. Existe una nueva versión WPA2 (estándar 802.11i) que en principio es el protocolo de seguridad más seguro para Wi-Fi en este momento aunque tiene la restricción de que requiere hardware y software compatibles.
- IPSEC (*Internet Protocol security*, túneles IP) en el caso de las VPN (*Virtual Private Network*) y el conjunto de estándares IEEE 802.1X, que permite la autenticación y autorización de usuarios.
- Filtrado de MAC (*Media Access Control address* - dirección de control de acceso al medio), de manera que sólo se permite acceso a la red a aquellos dispositivos autorizados.
- Ocultación del punto de acceso: se puede ocultar el punto de acceso (*Router*) de manera que sea invisible a otros usuarios.

Sin embargo, no existe ninguna alternativa totalmente fiable, ya que todas ellas son susceptibles de ser vulneradas.

Las redes Wi-Fi poseen una serie de ventajas, entre las cuales podemos destacar:

- Al ser redes inalámbricas, la comodidad que ofrecen es muy superior a las redes cableadas porque cualquiera que tenga acceso a la red puede conectarse desde distintos puntos dentro de un rango suficientemente amplio de espacio.

- Una vez configuradas, las redes Wi-Fi permiten el acceso de múltiples ordenadores sin ningún problema ni gasto en infraestructura, al contrario de la tecnología por cable.
- La Wi-Fi Alliance asegura que la compatibilidad entre dispositivos con la marca Wi-Fi es total, con lo que en cualquier parte del mundo podremos utilizar la tecnología Wi-Fi con una compatibilidad total. Esto no ocurre, por ejemplo, en móviles.

Pero como red inalámbrica, la tecnología Wi-Fi presenta los problemas intrínsecos a su naturaleza. Algunos de ellos son:

- Una de las desventajas que tiene el sistema Wi-Fi es la pérdida de velocidad en comparación a una conexión con cables, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear.
- La desventaja fundamental de estas redes existe en el campo de la seguridad. Existen algunos programas capaces de capturar paquetes, trabajando con su tarjeta Wi-Fi en modo promiscuo, de forma que puedan calcular la contraseña de la red y de esta forma acceder a ella. Las claves de tipo WEP son relativamente fáciles de conseguir con este sistema. La alianza Wi-Fi arregló estos problemas sacando el estándar WPA y posteriormente WPA2, basados en el grupo de trabajo 802.11i. Las redes protegidas con WPA2 se consideran robustas dado que proporcionan muy buena seguridad. De todos modos muchas compañías no permiten a sus empleados tener una red inalámbrica ya que sigue siendo difícil para lo que representa la seguridad de una empresa estar "seguro". Uno de los puntos débiles (sino el gran punto débil) es el hecho de no poder controlar el área que la señal de la red cubre, por esto es posible que la señal exceda el perímetro del edificio y alguien desde afuera pueda visualizar la red.
- Hay que señalar que esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como *Bluetooth*, GPRS, UMTS, etc.

2.1.6. SISTEMAS WIMAX

WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access* - Interoperabilidad Mundial de Acceso por Microondas) [7] es un sistema que permite la transmisión

inalámbrica de datos en áreas de hasta 48 kilómetros de radio. Se proyectó como una alternativa inalámbrica al acceso de banda ancha ADSL y cable, y una forma de conectar nodos Wi-Fi en una red de área metropolitana. A diferencia de los sistemas Wi-Fi que están limitados, en la mayoría de las ocasiones, a unos 100 metros, proporciona una mayor cobertura y con más ancho de banda.

El protocolo de comunicación digital es el denominado IEEE 802.16, el estándar 802.16d para terminales fijos y el 802.16e para estaciones en movimiento. El estándar inicial 802.16 se encontraba en la banda de frecuencias de 10-66 Gigahertzios. La nueva versión 802.16a, de marzo de 2003 (<http://wirelessman.org/tga/>), usa una banda del espectro radioeléctrico más estrecha y baja de 2-11 Gigahertzios

Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* - Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) [8] con 256 subportadoras que puede cubrir un área de 48 Km, permitiendo la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con una capacidad de transmisión de datos de hasta 75 Mbps

WIMAX tiene una velocidad de transmisión mayor que la de Wi-Fi, y dependiendo del ancho de banda disponible, con transmisiones de hasta 70 Mbps comparado con los 54 Mbps que puede proporcionar Wi-Fi.

2.2. TECNOLOGÍAS PARA LA LOCALIZACIÓN

En este apartado se van a exponer distintas tecnologías que se utilizan hoy en día que permiten conocer la posición de un terminal móvil según los sistemas de comunicaciones móviles existentes. La precisión, el coste y la dificultad de implementación son parámetros que el prestador de servicios valora previamente antes de decidirse por una u otra opción.

La posibilidad de localización de un terminal ya ha dado lugar a numerosos servicios de información, rastreo, selección de rutas y gestión de recursos. Algunos servicios de localización móvil que se están utilizando son (referencia <http://www.upm.es/consejosocial/tssi.pdf>):

- **Servicios por activación automática.** Se inician cuando el usuario entra en un área de cobertura determinada. Resultan adecuados para aplicaciones publicitarias o de facturación.
- **Servicios de Información basados en la posición.** El usuario del servicio demanda información de algún tipo (establecimientos, tráfico, etc.) que varía según la posición. Este tipo de servicios son los que actualmente ofrecen las operadoras de telefonía móvil.
- **Servicios de Seguimiento por terceros.** Contemplan tanto aplicaciones corporativas como de consumidor, donde la información de la localización es requerida por un tercero. Se pueden utilizar para gestión de recursos móviles, búsqueda de personas, etc.
- **Servicios de asistencia al usuario final.** Están diseñados para proveer al usuario de unas condiciones de red segura si éste se encuentra en dificultades. Servicios de asistencia en carretera u otros servicios de emergencia están dentro de este grupo.

Como en otras tantas soluciones tecnológicas, la integración y la interoperabilidad parece el futuro de las aplicaciones ubicuas. Un servicio transparente al usuario (tanto en términos técnicos como de facturación), que pueda ser ofrecido de forma independiente del entorno, sirviéndose de un hardware inteligente capaz de conmutar entre las diferentes redes, y apoyado en las técnicas de localización. Hacia esa dirección se avanza y cada vez existen más dispositivos que integran varios tipos de tecnologías (teléfonos móviles con infrarrojos, Wi-Fi, Bluetooth o GPS, por ejemplo), y que auguran una futura convergencia de cara al usuario final.

El proceso de localización ha de llevarse a cabo independientemente de que el terminal móvil esté al aire libre o se encuentre en el interior de un edificio. Las técnicas que se emplean son diferentes y dependen en gran medida de la precisión con que se deba encontrar al usuario. Por este motivo, en primer lugar se comentarán las técnicas de localización más empleadas para espacios abiertos, y en segundo lugar las basadas en redes inalámbricas, enfocadas a la oferta de servicios en interiores.

2.2.1. LOCALIZACIÓN MEDIANTE REDES MÓVILES Y SATELITALES

Los métodos de localización que se van a describir en este punto están basados en la tecnología para redes móviles terrestres. Algunos de ellos se pueden implementar directamente, otros necesitan que se realicen modificaciones en la red, y el resto requieren también ampliación de funcionalidades en el terminal del usuario.

Hasta el momento, la información sobre la localización ha estado presente en redes celulares GSM, puesto que es necesario el establecimiento y mantenimiento de la comunicación. En Aranda et al, 2001 [9] se puede consultar una descripción de la estructura de red GSM involucrada en la localización. Inicialmente no era accesible fuera de los nodos de red, pero se introdujeron los elementos necesarios para que sí lo fuese. Por otra parte, en UMTS es ya un elemento integrante de la red de acceso radio, y el núcleo de red incluye todo lo necesario para que se pueda conocer la posición tanto interna como externamente.

Las operadoras de telefonía móvil suelen utilizar una combinación o variación de uno o más sistemas, dependiendo de la aplicación que se prevea ofertar. Las técnicas más populares quedan agrupadas como se muestra en la Tabla 2.1:

<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas basadas en la identidad celular: <ul style="list-style-type: none"> · Identidad Celular Global (<i>Cell Global Identity, CGI</i>), · Identidad Celular Perfeccionada (<i>Enhanced Cell-ID, TA</i>). • Técnicas basadas en red: <ul style="list-style-type: none"> · Ángulo de Llegada (<i>Angle of Arrival, AOA</i>), · Tiempo de Llegada (<i>Time of Arrival, TOA</i>), · Diferencia en el tiempo de llegada (<i>Time Difference of Arrival, TDOA</i>) · Huella multitrayecto (<i>Multipath Fingerprint, MF</i>) • Técnicas basadas en terminal móvil: <ul style="list-style-type: none"> · Diferencia en el tiempo de llegada con terminal modificado (<i>TOA</i>), · Diferencia en el tiempo de llegada perfeccionada (<i>Enhanced Observed Time Difference, E-OTD o TDOA con terminal modificado</i>) · Triangulación avanzada de enlace hacia delante (<i>Advanced Forward Link Trilateration, A-FLT</i>), · Sistema de Posicionamiento Global (<i>Global Positioning System, GPS</i>) · Sistema de Posicionamiento Global Avanzado (<i>Advanced Global Positioning System, A-GPS</i>) • Técnicas híbridas: <ul style="list-style-type: none"> · TDOA y RSS · TDOA y AOA · A-FLT y A-GPS · E-OTD y A-GPS 	
--	--

Tabla 2.1 Técnicas de Localización mediante redes de telefonía móvil y satélite.

2.2.1.1. Técnicas basadas en la identidad celular

Esta técnica de localización (*Cell Global Identity, en adelante CGI*) [10] es la más inmediata al estar disponible sin necesidad de realizar ninguna inversión ni modificación en la red o en el terminal, pues la posición se obtiene mediante la identidad de la celda en la que se encuentra el terminal móvil. Sirve para ubicar todo tipo de dispositivos móviles en redes GSM, GPRS, UMTS y CDMA. Además, la técnica se puede mejorar fácilmente teniendo en cuenta el parámetro de avance temporal (*timing advance, TA*), convirtiéndose en una de las técnicas CGI perfeccionadas.

La CGI identifica la célula en la que se encuentra el terminal móvil. El parámetro TA, función del retardo, es una estimación de la distancia desde el terminal móvil a la estación base. El terminal inicia su transmisión en el instante $T_0 - TA$, siendo T_0 el instante básico teórico. La medición está basada en el retardo de acceso entre el principio de un intervalo de tiempo y la llegada de las ráfagas del terminal móvil. La precisión de este método depende del radio de la celda (en el caso de CGI), que puede variar de 50 metros en áreas urbanas a 3-4 Km en áreas rurales. Es el sistema de localización más utilizado por los operadores, pues es suficiente para ofrecer al usuario cierto tipo de servicios en entornos urbanos. Para redes de tercera generación además se utilizan otros mecanismos más precisos como los que se describen a continuación.

2.2.1.2. Técnicas basadas en la red

Las técnicas basadas en la red requieren modificaciones en los equipos de red existentes y la introducción de nuevos nodos, pero permiten obtener mayor precisión sin tener que alterar los terminales de usuario. A continuación se especifican algunos de los métodos utilizados:

- **Método de Ángulo de llegada** (*Angle of Arrival, AOA o Direction of Arrival, DOA*) [10]. Este método utiliza antenas multiarray situadas en la estación base para determinar el ángulo de la señal incidente. Si un terminal que transmite una señal está en la línea de vista directa (*LOS, Line Of Sight*), la antena *multiarray* puede determinar de qué dirección viene la señal. Para conocer la posición del terminal es necesaria al menos una segunda estimación procedente de otra estación base con la misma tecnología que la primera. La segunda estación base localizará al terminal y comparará sus datos con los de la primera estación para después calcular la posición del usuario mediante trigonometría (ver Figura 2.1).

En principio sólo son necesarias dos estaciones base para estimar la posición del terminal móvil, por este motivo AOA resulta efectiva en entornos rurales, donde es complicado disponer de visión de tres estaciones base al mismo tiempo. Pero en condiciones adversas (entornos urbanos) suele ser imprescindible emplear más estaciones con el fin de obtener mayor precisión.

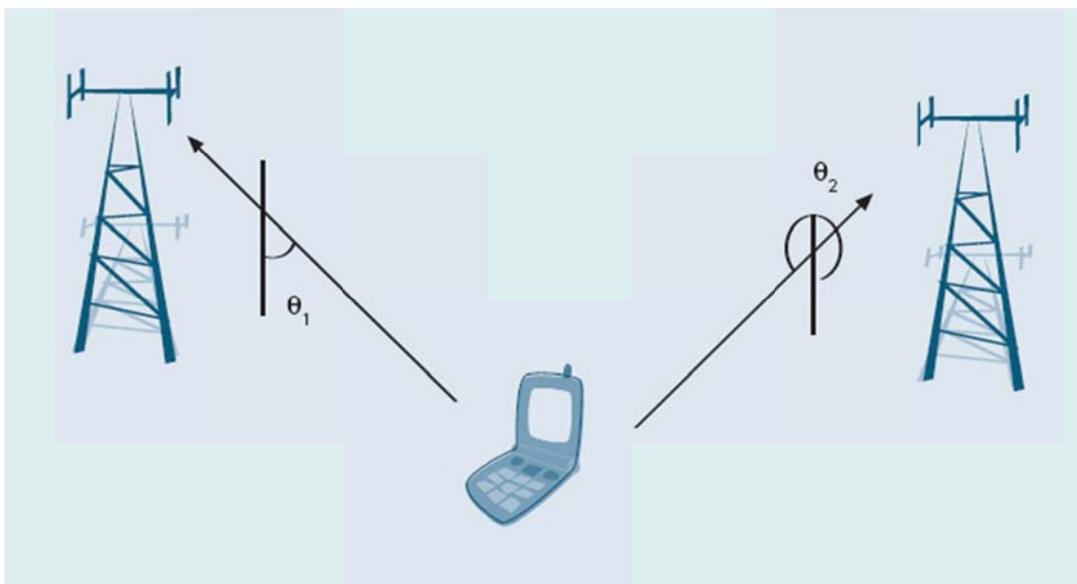


Figura 2.1 Sistema de Localización por Ángulo de Llegada.

- **Métodos basados en Tiempo:**

- **Tiempo de Llegada** (*Time of Arrival, TOA*) [10]. Esta técnica se basa en la medición del tiempo de llegada de una señal transmitida por un terminal móvil a diferentes estaciones base (figura 2.2). Para efectuar el cálculo una posibilidad es medir el tiempo de ida y vuelta de la señal. De esta manera la distancia recorrida por la señal se calcula como producto del tiempo empleado en llegar a la estación base y la velocidad de la luz.

Mediante este método para obtener una precisión aceptable en el cálculo de la posición de un terminal es necesario efectuar medidas al menos respecto a tres estaciones base. Las medidas permiten trazar circunferencias con centro en cada una de las estaciones base, dando su intersección como resultado el punto donde se encuentra el terminal que se desea localizar. Posteriormente se transmiten al servidor de localización, que realiza los cálculos y corrige los errores utilizando métodos matemáticos. Estos errores pueden deberse al tiempo de procesado en el terminal, el cual depende del fabricante y también de la situación de cada

dispositivo en un momento determinado. Otra desventaja que presenta esta técnica es que la ausencia de visión directa entre el terminal y la estación base puede causar un error que desemboque en una falsa estimación.

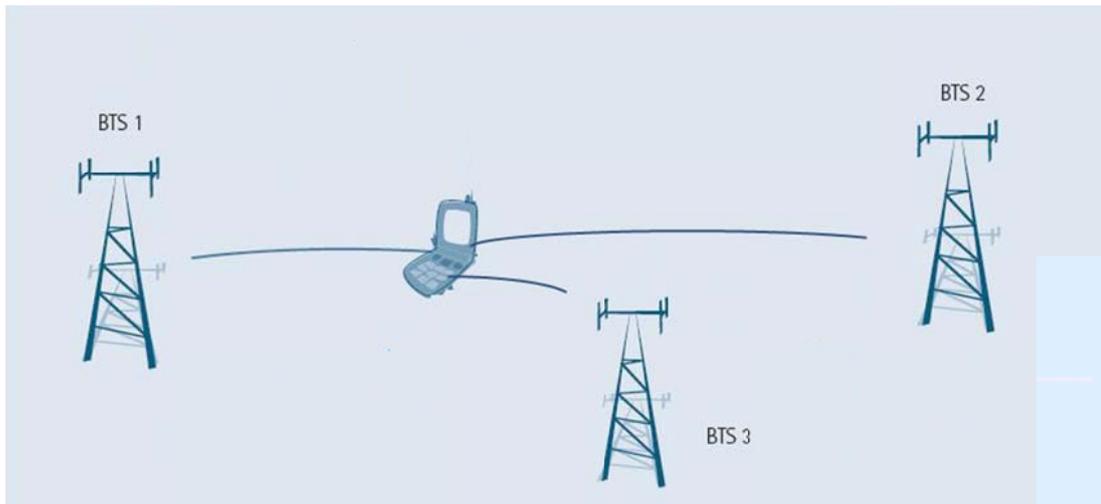


Figura 2.2 Sistema de Localización TOA en redes de telefonía móvil.

- **Diferencia en el Tiempo de Llegada** (*Time Difference of Arrival, TDOA*). Este método utiliza la diferencia entre los tiempos de llegada de la señal procedente del terminal móvil a distintos pares de estaciones base para calcular la posición. Puesto que la curva cuyos puntos satisfacen la condición de que su distancia a dos referencias (en este caso un par de estaciones base) sea una constante es una hipérbola (ver Figura 2.3), si se calcula esta correlación para varios pares de estaciones base la intersección de las hipérbolas resultantes muestra el punto donde se encuentra el terminal móvil.

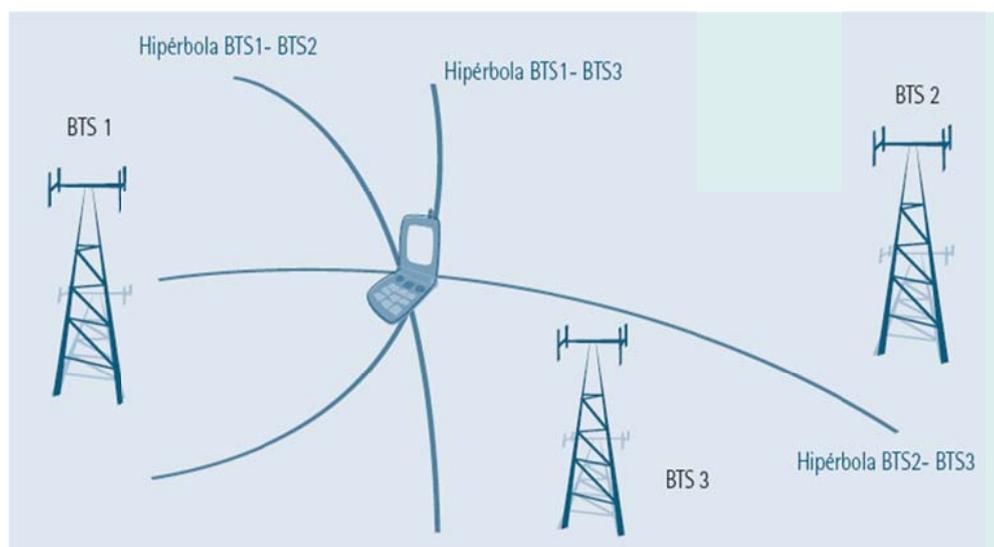


Figura 2.3 Sistema de Localización TDOA en redes de telefonía móvil.

Al igual que en TOA, la sincronización entre estaciones base es muy importante, pues la falta de sincronía se traduce en errores de precisión. La principal ventaja de esta técnica es que puede funcionar incluso sin señal de visión directa, ya que la diferencia de tiempos cancela posibles errores por reflexiones. Pero en entornos favorables al multitrayecto (áreas urbanas) a veces es necesario efectuar las medidas respecto a cuatro estaciones base para compensar los efectos de las reflexiones. En entornos rurales se puede combinar con AOA para proporcionar mayor precisión.

- **Método Huella Multitrayecto** (*Multipath Fingerprint, MF*). Este método aprovecha una de las perturbaciones más molestas a la hora de localizar un terminal móvil: las señales multitrayecto. Una señal, ya sea ascendente o descendente, puede sufrir reflexiones en el transcurso de su recorrido, causando lo que se denomina interferencia multitrayecto. En destino, la señal se recibe varias veces debido a los retardos dependientes de la diferencia de caminos. Es una técnica que caracteriza las señales que llegan desde diferentes localizaciones (ver Figura 2.4.). Para ello, el operador debe enviar unidades de prueba a distintos lugares con el fin de que las estaciones base graben las huellas multitrayecto y se cree una base de datos para efectuar comparaciones. Por ejemplo, si se levanta un nuevo edificio la huella multitrayecto variará y tendrá que ser regrabada.

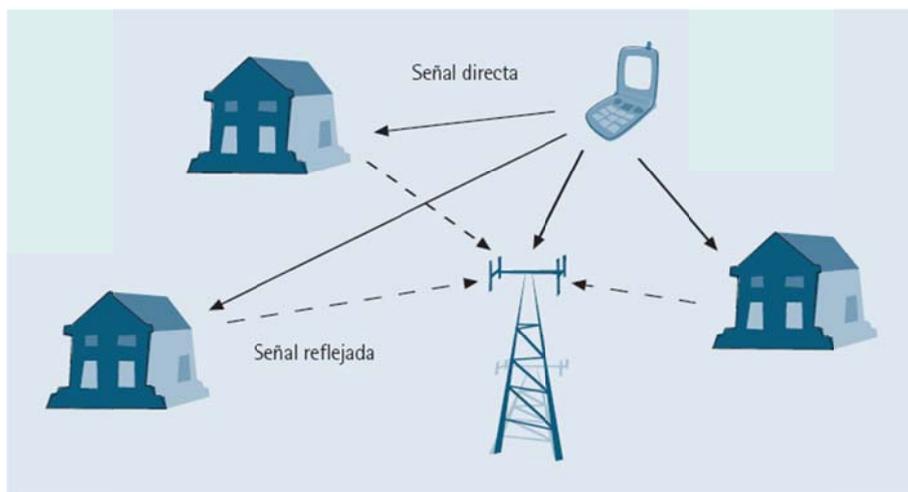


Figura 2.4 Sistema de Localización por Huella Multitrayecto.

2.2.1.3. Técnicas Híbridas

Existen varias técnicas “híbridas”, las cuales resultan de combinar algunas de las anteriores. Estas técnicas mejoran la precisión sin modificar notablemente las características de coste y complejidad. Así es posible implementar un sistema híbrido que

adopte la estimación mediante AOA para cada estación base y las estimaciones TDOA para estaciones múltiples. También aparece una combinación de AOA y TOA, procedimiento que determina la posición con una única estación base (*Aranda et al., 2001*).

2.2.1.4. Técnicas basadas en Terminal Móvil

Las siguientes técnicas requieren la modificación en el terminal móvil.

- **Tiempo de llegada con terminal modificado (*Time of Arrival*)** [10]. El concepto que sostiene esta técnica es el mismo que el del método TOA descrito en el apartado anterior, salvo que en este caso el terminal es capaz de marcar el instante exacto de la señal saliente mediante marcas temporales (*time stamps*). De manera que repitiendo las medidas para un mínimo de tres estaciones base es posible localizar un móvil. La desventaja de este método, y lo que lo hace realmente complejo y costoso, es que requiere que las estaciones base y el terminal móvil tengan relojes precisos y sincronizados.
- **Método mejorado de la Diferencia de Tiempo de Llegada (*Enhanced Observed Time Difference, E-OTD*)** [10]. La técnica E-OTD opera sobre redes GSM y GPRS e incluye nueva tecnología tanto en el terminal móvil como en la red. Siendo la solución de red similar a la utilizada en TDOA, el sistema necesita que se instalen unidades de medida de posición (*Location Measurement Units – LMU*) a modo de balizas de referencia de precisión del sistema, y por ello normalmente es necesario instalar en toda la red una LMU por cada una o dos estaciones base. Estos receptores y los terminales móviles habilitados con software E-OTD realizan medidas de las señales procedentes de tres o más estaciones base periódicamente. Las diferencias temporales de llegada de la señal a los dos puntos (LMU y terminal) se combinan para producir líneas hiperbólicas que se cruzan en un punto común que se asocia donde se encuentra el terminal móvil, ofreciendo de esta manera localización en dos dimensiones.

En E-OTD el terminal móvil mide la diferencia de tiempo de llegada de las ráfagas de pares cercanos de estaciones base. Si estas estaciones no están sincronizadas (como es el caso de las redes GSM), la red debe evaluar el desfase entre ellas para poder estimar las diferencias de tiempo reales (*Relative Time Difference – RTD*). Con el fin de obtener un resultado preciso, se necesitan medidas de OTD (*Observed Time Difference*) y RTD de tres pares de estaciones

base separadas en el espacio. Una vez obtenidas las medidas, el cálculo de la posición puede estar asistido en el espacio, si el terminal móvil mide la señal de OTD y la red proporciona la información de las coordenadas de las BTS (*Base Transceiver Station*, estación base) y valores RTD, o asistido por el terminal, en cuyo caso es el terminal el que mide la OTD y envía la medida a la red que calcula la ubicación. En conclusión, la posición del terminal móvil se obtiene mediante triangulación a partir de:

- Las coordenadas de las BTSs
 - El tiempo de llegada de las ráfagas de cada BTS
 - Las diferencias de tiempo entre las BTSs
- **Trilateración Avanzada de Enlace hacia Delante (*Advanced Forward Link Trilateration, A-FLT*)** [10]. La técnica A-FLT es exclusiva para redes CDMA, pues éstas son síncronas en operación. El método es muy similar al TDOA, consiste en efectuar la medida del retardo de fase entre señales enviadas a un par de estaciones base y compararla con la medida de otro par. Los datos procedentes de tres estaciones base permiten localizar un terminal móvil. También existe otra técnica mejorada con los mismos fundamentos que A-FTL, que es E-FTL (*Enhanced Forward Link Trilateration*).
 - **Sistema de posicionamiento global (*Global Positioning System, GPS*)**. El Sistema de Posicionamiento Global es un sistema de radionavegación mundial que emplea al menos tres de los satélites que rodean la Tierra en órbitas conocidas para fijar la posición de una unidad móvil. En la actualidad existe una única constelación de satélites que permite realizar este proceso, la NAVSTAR (*Navigation Satellite Timing and Ranging*), formada por 24 satélites activos más cuatro de reserva y mantenida por el gobierno estadounidense, a unos 20.000 Km por encima de la superficie terrestre, por todo el globo terrestre enviando señales a todo aquél que quiera oír las. La Federación Rusa posee la constelación Glonass (*Global Orbiting Navigation Satellite System*), que totalmente desplegada constaría de 24 satélites en tres planos orbitales, con 8 satélites por plano. Pero al no estar operativos todos los satélites Glonass únicamente se utiliza como complemento a NAVSTAR, al igual que el proyecto europeo Galileo.

Un receptor de GPS que quiere localizarse dentro del globo terrestre localiza al menos a tres-cuatro satélites (cuanto mayor sea el número de satélites encontrado mejorará su estimación de la posición) y de cada uno de ellos obtiene la posición del satélite emisor y el tiempo de envío de cada muestra recibida (cada satélite envía continuamente su situación orbital y la hora exacta). Con estos datos, el receptor GPS calcula por triangulación su posición absoluta dentro de la tierra (Latitud, Longitud, Altitud) gracias a que los satélites emiten en el mismo preciso momento su señal, pero ésta le llega retardada al receptor por razones obvias de distancia.

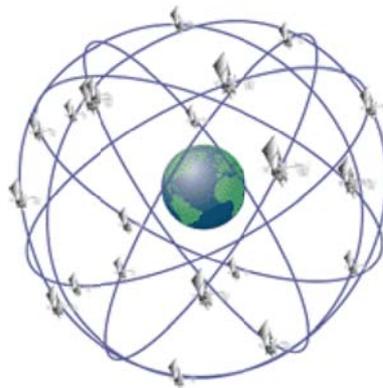


Figura 2.5 Localización por GPS

Un esquema básico del GPS se muestra en la Figura 2.5. Este sistema tiene una precisión que puede llegar a ser mejor de 10 metros si se toman en consideración más de cuatro satélites (puede darse un error de 10 metros en zonas montañosas donde hay menos visibilidad sin contamos con menos satélites), lo cual es bastante interesante para localizar en el mundo a nivel global. Sin embargo no tiene mucho sentido usarlo para la localización dentro de una área pequeña, como puede ser dentro de un edificio.

El GPS necesita una Línea a Vista (LOS), es decir, un enlace de radio que debe tener visibilidad directa entre antenas (las señales emitidas por los satélites se comportan como la luz), por lo que no debe haber obstáculos, pero hay veces que no se encuentran suficientes satélites al alcance para permitir una localización correcta. Esto puede ocurrir en ciudades con rascacielos, calles demasiado estrechas, montañas, en túneles, etc., por tanto la antena de los receptores debe estar orientada de forma que tenga “acceso visual” a los satélites. Además, normalmente se requerirá que el dispositivo tenga grabado un mapa porque, sin él,

sólo se podría informar al usuario de su longitud, latitud y altitud, y estos datos no suelen ser informativos para un usuario medio.

Por tanto, resumiendo, la idea básica del posicionamiento simple con GPS se basa en la medición de distancias (o mejor dicho, pseudodistancias) desde satélites al receptor a través de la medición del tiempo. Una trilateración inversa en el espacio, conociendo las posiciones exactas de al menos 3 satélites permitirá obtener nuestras coordenadas; con la utilización de 4 satélites la medición será más exacta (Guide pratique du GPS, Paul Correira).

El método de las pseudodistancias es exclusivo de la técnica GPS. Se trata de una multilateralización tridimensional que sitúa la estación en la intersección de unas esferas con centro en el satélite y radio de la distancia correspondiente, ver Figuras 2.7, 2.8, 2.9. Este sistema se emplea en navegación y permite el posicionamiento continuo en tiempo real.

La pseudodistancia es el resultado de multiplicar la velocidad de la luz por el desplazamiento temporal necesario para alinear (correlar) una réplica del código GPS, generado en el receptor, con la señal procedente del satélite GPS. El receptor tiene en su memoria la estructura del código en cuestión, y genera una réplica exacta. Entonces compara la modulación de la señal recibida con la réplica del código generada, detectándose si ambos están precisamente sincronizados.

Para sincronizar la réplica con el original recibido, se va aplicando un retardo. Cuando el código recibido y la réplica generada tienen la misma forma (igualación) se mide el tiempo de retardo, que permite calcular una distancia, que no será precisamente la existente ya que, aunque se sabe el momento de emisión del satélite, porque el estado y marcha del reloj del satélite son conocidos por el mensaje, no se conoce el estado del reloj del receptor (introduce un sesgo). Por eso el valor hallado no es una distancia, sino una pseudodistancia (Ver Figura 2.6)

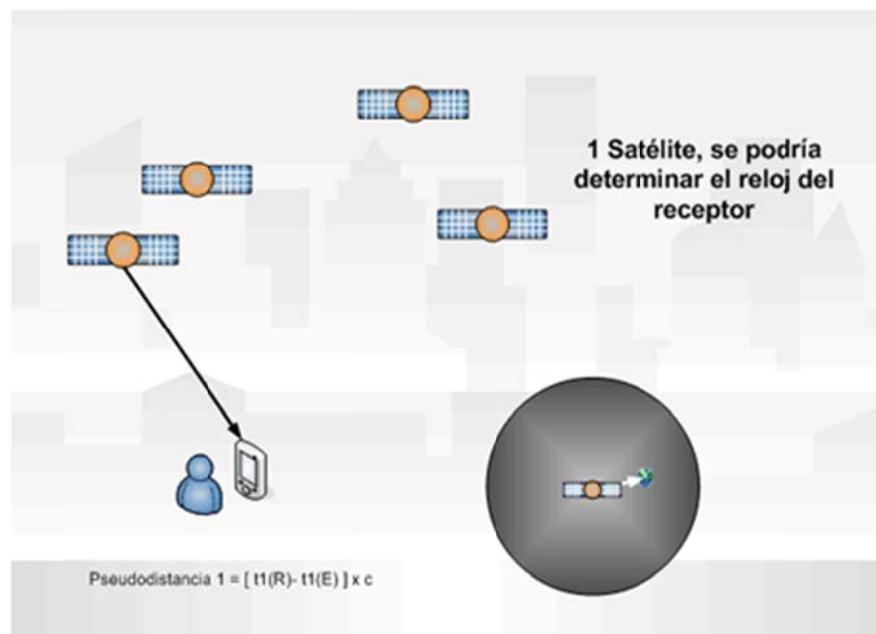


Figura 2.6 Posición de navegación con pseudodistancias (I)

Sin embargo, utilizando 2 satélites se obtienen dos pseudodistancias que permiten comprobar el reloj del receptor (ver Figura 2.7):

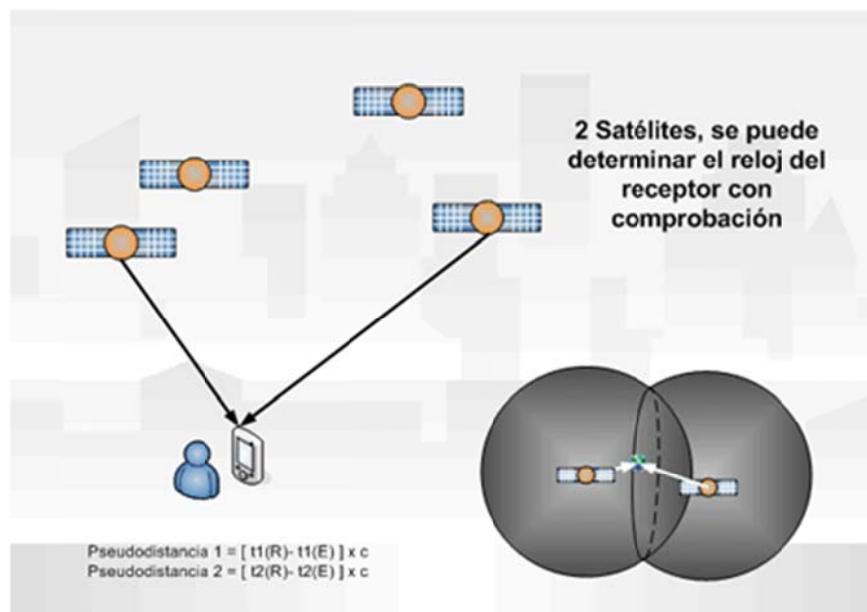


Figura 2.7 Posición de navegación con pseudodistancias (II)

Una vez se tiene comprobado el reloj del receptor, se necesitan obtener las coordenadas de posicionamiento del terminal, para ello se hace uso de un tercer satélite que permite, además, obtener dos coordenadas de dónde se encuentra nuestro objetivo a localizar (ver Figura 2.8):

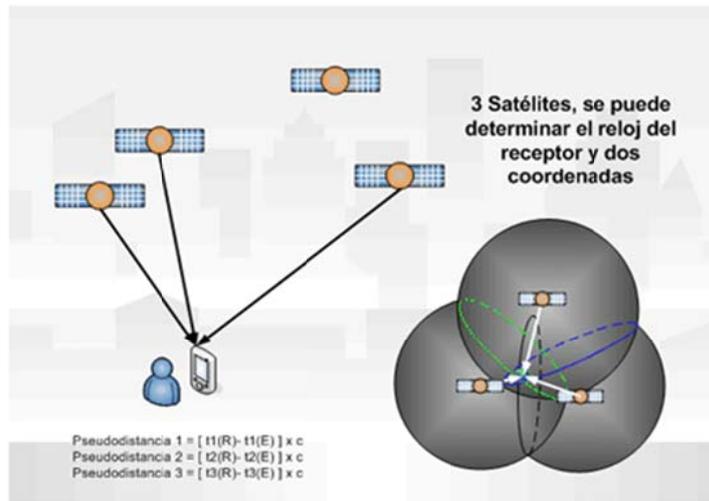


Figura 2.8 Posición de navegación con pseudodistancias (III)

Pero para obtener una posición de localización terrestre, se necesita obtener la posición tridimensional, y para ello hace falta una tercera coordenada, que se obtiene utilizando un cuarto satélite. Por tanto, con la obtención de 4 pseudodistancias a través de 4 satélites no sólo se obtiene la determinación del reloj del receptor con comprobación sino que además se obtienen las tres coordenadas que son necesarias para la obtención de la localización de un terminal (Ver Figura 2.9), donde:

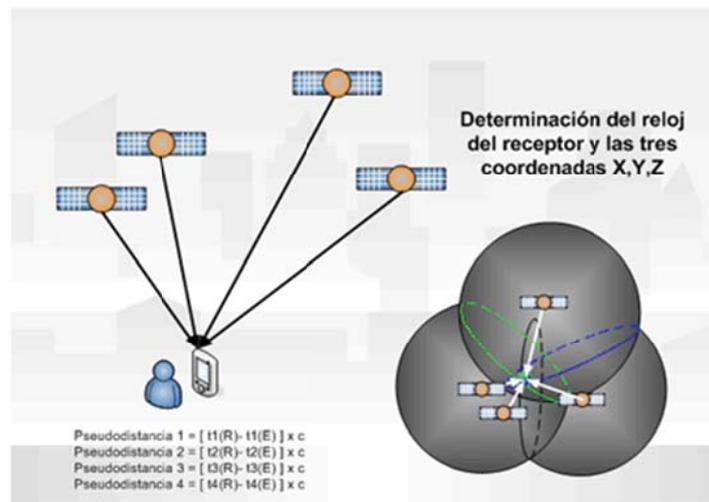


Figura 2.9 Posición de navegación con pseudodistancias (IV)

pseudodistancia= Tiempo empleado x Velocidad de la luz

La expresión de la pseudodistancia para medidas de código para una época t correspondiente al receptor “ i ” y al satélite “ j ”, tiene la siguiente expresión:

$$R_{ji}(t) = \rho_{ji}(t) + c \cdot \delta_j(t) - c \cdot \delta_i(t)$$

siendo:

$R_{j i}(t)$: La pseudodistancia entre el satélite y el receptor

$\rho_{j i}(t)$: La distancia geométrica real entre el satélite y el receptor.

c : Velocidad de la luz en el vacío.

Lo que se puede simplificar como:

$$R_{j i}(t) = \rho_{j i}(t) + c \cdot \Delta \delta_{j i}(t)$$

$\Delta \delta_{j i}(t)$: Término que representa los errores o desfases de los relojes respecto a la escala de tiempos. Son necesarias 4 ecuaciones para resolver Δt las incógnitas: X, Y, Z.

Resumiendo, el software instalado en el receptor realiza un primer cálculo de la posición de un punto al captar la señal de los satélites, posteriormente es procesada en una computadora que utiliza un software especial. La posición del receptor se determina a través de una serie de mediciones de pseudodistancias en una época determinada; estas pseudodistancias se utilizan conjuntamente con las posiciones de los satélites al instante de emitir las señales. Los propios satélites emiten los datos de su posición orbital que permiten conocer su ubicación y calcular la posición del receptor en la Tierra (ver Figura 2.10).



Figura 2.10 Proceso resumen para el cálculo de la posición del receptor.

La posición tridimensional del receptor es el punto donde se interceptan pseudodistancias de un grupo de satélites.

Son múltiples los campos de aplicación de los sistemas de posicionamiento tanto como sistemas de ayuda a la navegación, como en modelización del espacio

atmosférico y terrestre o aplicaciones con requerimientos de alta precisión en la medida del tiempo. A continuación se detallan algunos de los campos civiles donde se utilizan en la actualidad sistemas GPS:

- Estudio de fenómenos atmosféricos. Cuando la señal GPS atraviesa la troposfera el vapor de agua, principal causante de los distintos fenómenos meteorológicos, modifica su velocidad de propagación. El posterior análisis de la señal GPS es de gran utilidad en la elaboración de modelos de predicción meteorológica.
- Localización y navegación en regiones inhóspitas. El sistema GPS se utiliza como ayuda en expediciones de investigación en regiones de difícil acceso y en escenarios caracterizados por la ausencia de marcas u obstáculos. Un ejemplo son los sistemas guiados por GPS para profundizar en el conocimiento de las regiones polares o desérticas.
- Modelos geológicos y topográficos. Los geólogos comenzaron a aplicar el sistema GPS en los 80 para estudiar el movimiento lento y constante de las placas tectónicas y para la predicción de terremotos en regiones geológicamente activas. En topografía, el sistema GPS constituye una herramienta básica y fundamental para realizar el levantamiento de terrenos y los inventarios forestales y agrarios.
- Ingeniería civil. En este campo se utiliza la alta precisión del sistema GPS para monitorizar en tiempo real las deformaciones de grandes estructuras metálicas o de cemento sometidas a cargas.
- Sistemas de alarma automática. Existen sistemas de alarma conectados a sensores dotados de un receptor GPS para supervisión del transporte de mercancías tanto contaminantes de alto riesgo como perecederas (productos alimentarios frescos y congelados). En este caso la generación de una alarma permite una rápida asistencia al vehículo.
- Sincronización de señales. La industria eléctrica utiliza el GPS para sincronizar los relojes de sus estaciones monitoras a fin de localizar posibles fallos en el servicio eléctrico. La localización del origen del fallo

se realiza por triangulación, conociendo el tiempo de ocurrencia desde tres estaciones con relojes sincronizados.

- Guiado de disminuidos físicos. Se están desarrollando sistemas GPS para ayuda en la navegación de invidentes por la ciudad. En esta misma línea, la industria turística estudia la incorporación del sistema de localización en guiado de visitas turísticas a fin de optimizar los recorridos entre los distintos lugares de una ruta.
- Navegación y control de flotas de vehículos. El sistema GPS se emplea en planificación de trayectorias y control de flotas de vehículos. La policía, los servicios de socorro (bomberos, ambulancias), las centrales de taxis, los servicios de mensajería, empresas de reparto, etc. organizan sus tareas optimizando los recorridos de las flotas desde una estación central. Algunas compañías ferroviarias utilizan ya el sistema GPS para localizar sus trenes, máquinas locomotoras o vagones, supervisando el cumplimiento de las señalizaciones.
- Sistemas de aviación civil. En 1983 el derribo del vuelo 007 de la compañía aérea coreana al invadir cielo soviético, por problemas de navegación, acentuó la necesidad de contar con la ayuda de un sistema preciso de localización en la navegación aérea. Hoy en día el sistema GPS se emplea en la aviación civil tanto en vuelos domésticos, transoceánicos, como en la operación de aterrizaje. La importancia del empleo de los GPS en este campo ha impulsado el desarrollo en Europa, Estados Unidos y Japón de sistemas orientados a mejorar la precisión de los GPS.
- Navegación desasistida de vehículos. Se están incorporando sistemas DGPS como ayuda en barcos para maniobrar de forma precisa en zonas de intenso tráfico, en vehículos autónomos terrestres que realizan su actividad en entornos abiertos en tareas repetitivas, de vigilancia en medios hostiles (fuego, granadas, contaminación de cualquier tipo), y en todos aquellos móviles que realizan transporte de carga, tanto en agricultura como en minería o construcción. La alta precisión de las medidas ha permitido importantes avances en el espacio en órbitas bajas y así tareas de alto riesgo de inspección, mantenimiento y ensamblaje de satélites artificiales pueden ahora realizarse mediante robots autónomos.

- **Sistemas de Posicionamiento Global Asistido (*Assisted Global Positioning System*)** [10]. La asistencia que este sistema proporciona respecto al GPS tradicional radica en el uso de receptores de referencia. Estos receptores recogen información de navegación y datos de corrección diferencial para los satélites GPS que están en la zona de cobertura del servidor de localización. A partir de la información obtenida, el servidor de localización facilita bajo demanda datos de interés a los terminales móviles; principalmente una lista con las efemérides de los satélites (órbitas recalculadas con los datos de corrección suministrados por las estaciones de tierra) visibles para el terminal.

Los datos, que se introducen en un pequeño mensaje de unos 50 bytes, son todo lo que el móvil necesita saber para completar los datos GPS recibidos. El servidor de localización puede también tener acceso a una base de datos de elevaciones del terreno que permite precisar la altitud a la que se encuentra el terminal móvil, efectuando de esta manera una localización en tres dimensiones.

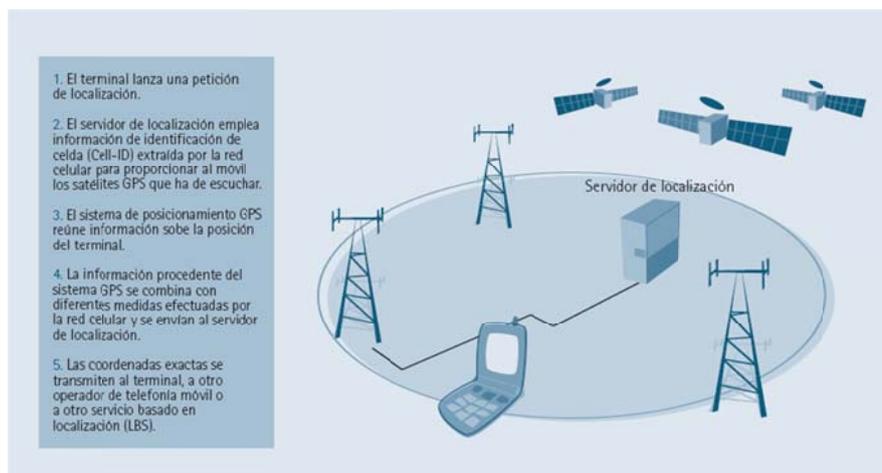


Figura 2.11 Sistema de localización comercial mediante A-GPS y Cell

En la Figura 2.11 se puede observar el proceso de localización mediante GPS asistido efectuado por un sistema comercial. Se trata de una solución híbrida que combina GPS con identificación celular. A-GPS también se utiliza con E-OTD y con AFLT en caso de redes CDMA.

El GPS asistido es, por tanto, aplicable tanto a redes síncronas como a redes asíncronas (es soportado por GSM, GPRS, UMTS y CDMA). Pero incluso con esta mejora, los sistemas GPS siguen teniendo el problema del bloqueo de la línea de vista directa (*shadowing*) por obstáculos como edificios.

Tanto el GPS convencional como el A-GPS necesitan que los usuarios adquieran terminales compatibles. Algunos expertos consideran que a largo plazo A-GPS se impondrá.

Hasta este punto se ha efectuado una revisión de las técnicas más importantes disponibles para localización en redes móviles. Entre los sistemas recomendados por el 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) para localizar los terminales de tercera generación, se encuentran los siguientes: la diferencia observada en el tiempo de llegada (*Observed Time Difference of Arrival - OTDOA*), el tiempo de llegada (*TOA*) y el GPS asistido. La técnica de OTDOA es una evolución de la comentada E-OTD, pues esta última no es válida para redes WCDMA.

2.2.2. LOCALIZACIÓN MEDIANTE REDES INALÁMBRICAS

En la actualidad, para la localización de espacios cerrados existen varias tecnologías que pueden utilizarse en interiores de edificios. Las más destacadas son Bluetooth, Wi-Fi (estándar 802.11b) y la denominada Banda Ultra-Ancha (*Ultrawideband*).

- **Bluetooth.** Es una tecnología diseñada para ofrecer conectividad a redes personales mediante un dispositivo móvil de forma económica. Permite conectar múltiples aparatos Bluetooth como ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos móviles, etc., y ofrece conexión a una LAN o WAN a través de un punto de acceso. Bluetooth consigue un canal de comunicación de 721 kbps en un radio de acción de 10 metros, ampliable hasta 100 metros por medio de repetidores. La frecuencia que utiliza está entre 2,4 y 2,48 GHz, cuya gran ventaja es que es un rango de frecuencias abierto. Además, y debido a su concepción de tecnología móvil y económica, tiene un consumo de energía bajo. Para transmitir a una distancia de 10 metros emplea 1mW de potencia, mientras que para llegar a los 100 utiliza 100mW.

La aplicación práctica de esta tecnología es la posibilidad de montar redes inalámbricas en lugares donde haya dificultad para hacerlo de forma convencional, aunque hoy en día para este propósito se oferta otra tecnología, basada en los estándares del IEEE 802.11 que ofrece mayor ancho de banda y

radio de conectividad. Por ello, Bluetooth se dirige más a la comunicación de dispositivos.

Sin embargo, existen ya muchos dispositivos que tienen integrada esta tecnología. La complementariedad de las tecnologías Bluetooth y Wi-Fi es un hecho, por lo que tendrán que coexistir. El SIG (*Special Interest Group*) de Bluetooth y el IEEE han trabajado y siguen trabajando para eliminar interferencias que provocan pérdidas de datos. Así, Bluetooth y Wi-Fi se complementarán para que los usuarios tengan acceso a su información: Bluetooth servirá de medio de comunicación en aparatos con restricciones de potencia y tamaño (teléfonos móviles, cámaras, PDAs, auriculares, micrófonos, etc.), y Wi-Fi permitirá la instalación de LANs sin cables.

Existe un sistema de localización mediante Bluetooth (González-Castaño, 2002) (González-Castaño, 2003) [11] para aplicaciones como comercio móvil y museos electrónicos, que permiten la implementación de servicios que requieren el conocimiento de la posición del usuario en tiempo real, para enviar información relativa del contexto al destinatario final. El sistema, denominado Red de Localización Bluetooth (*Bluetooth Location Network*, BLN), transmite información de la posición del terminal móvil a los servidores sin la participación del usuario. No es objeto de restricciones debido a la pérdida de línea de vista y funciona con dispositivos comerciales ya existentes (dispositivos con Bluetooth o terminales móviles de datos que admitan una tarjeta de expansión). El BLN está compuesto por pequeños nodos Bluetooth que establecen una topología de red espontánea con la inicialización del sistema. Puede coexistir con dispositivos Bluetooth que no son parte del sistema de localización, como impresoras y auriculares.

- **Wi-Fi.** Hoy en día las tecnologías para red de área local (LAN) inalámbrica están experimentando un boom de implantación. Numerosos proveedores de redes inalámbricas están instalando sus sistemas en hoteles, cafés, aeropuertos y otros edificios en los que se considera rentable una oferta de acceso a Internet de alta velocidad. Estas nuevas infraestructuras también soportan localización de dispositivos móviles, por lo que las aplicaciones basadas en la posición para entornos de área local resultan viables.

Antes de explicar el proceso de localización de terminales mediante redes inalámbricas, es necesario saber de qué tipo de tecnología se está hablando. Las redes inalámbricas cubren áreas de hasta 75 metros en el interior de edificios, y de 300 metros en el exterior, ampliables a varios kilómetros mediante antenas. Están implementadas en un grupo de estándares, conocido como 802.11 que comprende varias modalidades, cada una de ellas con unas características de ancho de banda y alcance determinadas. La modalidad más popular es la que se conoce como 802.11b, introducida en 1997. Opera a una frecuencia de 2,4GHz, y su índice de transferencia de datos es de 11Mbps. Esta tasa se ve ampliamente superada por el estándar 802.11a, que llega a ofrecer 55Mbps en una frecuencia de funcionamiento de 5GHz. El problema es que dicha parte del espectro no está disponible en países como España, Italia, Portugal o Alemania, pues es de uso restringido militar.

Resumiendo, los estándares actuales 802.11 y algunos relacionados con ellos son los que se muestran a continuación en las figuras 2.12 y 2.13:

- **IEEE 802.11:** Estándar original de WLANs que soporta velocidades entre 1 y 2 Mbps.
- **IEEE 802.11a:** Estándar de alta velocidad que soporta hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- **IEEE 802.11b:** Estándar dominante de WLAN (conocido también como Wi-Fi), con velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.
- **IEEE 802.11g:** Se aprobó el 12 de junio de 2003, e incrementa la tasa de transmisión hasta los 54Mbps a 2.4GHz.
- **HiperLAN2:** Estándar que compite con IEEE 802.11a al soportar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- **HomeRF:** Estándar que compite con el IEEE 802.11b pues soporta velocidades de hasta 10 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

Figura 2.12 Comparativa de tecnologías (Stroh, 2003)

Estándar	Velocidad máxima	Interfaz de aire	Ancho de banda de canal	Frecuencia
802.11b	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz
802.11a	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz
HomeRF2	10 Mbps	FHSS	5 MHz	2.4 GHz
HiperLAN2	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

Figura 2.13 Estándares para redes de área local inalámbricas

La localización mediante redes locales inalámbricas puede llevarse a cabo de diferentes maneras. La más sencilla es la basada únicamente en el punto de acceso más cercano al terminal. Este método confunde a menudo la planta del edificio, pues es fácil que la antena más cercana a un usuario ubicado en una

determinada planta sea la misma que la correspondiente a un usuario situado en una planta superior, si la posición sobre el piso es similar. Por otra parte la señal es vulnerable debido a las interferencias, lo que puede afectar, además de a la precisión, a la seguridad de la comunicación.

Existe otra propuesta muy interesante, realizada por Ekahau [12], compañía que comercializa un motor de posicionamiento (Ekahau Positioning Engine 2.1, EPE) basada en el almacenamiento de medida de potencia de señal en diferentes puntos del recinto cubierto. La técnica, conocida como *Wi-Fi mapping*, arroja resultados más exactos que los métodos de triangulación celular, ofreciendo una precisión de 1 a 20 metros. Además, este sistema es sensible a los cambios de altura, es decir, reconoce fácilmente la planta del edificio en la que está el usuario. El proceso de entrenamiento del motor de posicionamiento Ekahau se muestra a continuación:

1. Creación de un modelo de posicionamiento: consiste en dibujar sobre un plano del área a cubrir los puntos donde se deben tomar las medidas. Existe una herramienta de apoyo que facilita la realización de esta fase.
2. Calibración del modelo de posicionamiento: se trata de recorrer el área elegida grabando muestras de la potencia de la señal en cada punto marcado en el apartado anterior. No se necesita información acerca de la localización de los puntos de acceso.
3. Comienzo del seguimiento de dispositivos: mediante un gestor que ofrece la misma compañía se procede a controlar la posición de los dispositivos móviles.
4. Análisis de precisión: es posible grabar algunos datos más de prueba y analizar visualmente los vectores de error de posición y las estadísticas para encontrar áreas donde se necesitan puntos adicionales de acceso o más muestras de calibrado.

Esta tecnología, según sus fabricantes, es compatible y puede ser adaptada a HiperLAN2 (estándar europeo de ETSI que compite con 802.11a), WLAN, Bluetooth, GSM, GPRS y UMTS. Además soporta sistemas de posicionamiento

híbridos que utilizan varias fuentes de información de posición (p.e. WLAN, A-GPS, RFID, etc.).

- **Banda Ultra-Ancha.** *Ultrawideband* (UWB) es una tecnología que nació durante la década de 1960, y cuyo nombre fue acuñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1989. Se desarrolló para radar, localización y aplicaciones de comunicaciones. La capacidad de UWB de operar por debajo del nivel de ruido evitaba que las comunicaciones seguras pudieran ser interceptadas.

UWB emplea ráfagas de potencia mil veces más baja que las de un teléfono móvil, con duración de picosegundos, en un espectro de frecuencia amplio (3.1-10.6GHz). Estas ráfagas ocupan uno o unos pocos ciclos de portadora RF, por lo que la señal resultante tiene un ancho de banda grande. Sobre las ráfagas es posible transferir datos a velocidades de centenares de megabits por segundo. Además, la señal es relativamente inmune a la cancelación multitrayecto, ya que debido a su corta duración la señal directa va y vuelve antes de que las señales reflejadas en los obstáculos alcancen el receptor. Por ello, y porque es un sistema de baja complejidad y coste reducido, UWB resulta especialmente adecuada para aplicaciones móviles sin hilos. Puede asimismo solucionar los problemas de precisión y de seguridad de los que adolece la red Wi-Fi.

Debido a sus características, esta tecnología permite localizar los terminales móviles con un error insignificante. UWB está basada en pulsos ultracortos, de tal manera que el receptor puede determinar el tiempo de llegada con precisión de picosegundos y, por tanto, estimar la posición con precisión de centímetros. La distancia al móvil se calcula midiendo el retardo de un pulso desde que es emitido por el transmisor hasta que llega al receptor. Posteriormente, utilizando triangulación se determina con gran exactitud la posición del terminal. Si se realizan las medidas respecto a cuatro receptores diferentes, es posible saber con precisión la altura a la que está el usuario.

En realidad UWB aparece como un rival de Bluetooth y un complemento de Wi-Fi: en una planta de edificio, 802.11 sería el *backbone* de red sin hilos, y UWB sería la red local de una habitación.

La figura 2.14 muestra una comparativa resumida de algunas tecnologías inalámbricas. Como se puede observar, UWB tiene una capacidad muy superior al resto, con una potencia de emisión insignificante, pero está limitada en alcance.

Tecnología	Tasa de datos (Mb/s)	Potencia (mW)	Alcance(m)	Frecuencia
Bluetooth	1-2	100	100	2,4GHz
IrDA	4	100	1-2	Infrarrojo
UWB	100-500	1	10	3.1-10.6GHz
IEEE 802.11a	54	40-800	20	5GHz
IEEE 802.11b	11	200	100	2.4GHz
IEEE 802.11g	54	65	50	2.4GHz

Figura 2.14 Comparativa de tecnologías (Stroh, 2003)

2.2.2.1. Algunas Alternativas Utilizadas

En la localización mediante redes inalámbricas los sistemas más utilizados son los basados en RFID y Zigbee, y que a continuación se especifican brevemente.

- **RFID** (*Radio Frequency IDentification*) [13]. Un sistema RFID es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados *tags* RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (*Automatic Identification*).

Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, similar a una pegatina, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia con respecto a infrarrojos, es que no se requiere visión directa entre el emisor y receptor.

Las etiquetas RFID pueden ser activas, semipasivas o pasivas. Los *tags* pasivos no requieren ninguna fuente de alimentación interna y son en efecto puramente pasivos (sólo se activan cuando un lector se encuentra cerca para suministrarles la energía necesaria. Los otros tipos necesitan alimentación, normalmente una pequeña pila.

La mayoría de las etiquetas RFID existentes son del tipo pasivo, esto se debe a que son mucho más baratas de fabricar y no necesitan batería.

A pesar de las ventajas en cuanto al coste de las etiquetas pasivas con respecto a las activas, otros factores incluyendo exactitud, funcionamiento en ciertos ambientes como cerca del agua o metal, y confiabilidad hacen que el uso de etiquetas activas sea muy común hoy en día.

Para comunicarse, los *tags* responden a peticiones o preguntas generando señales que a su vez no deben interferir con las transmisiones del lector (ya que las señales que llegan de los *tags* pueden ser muy débiles y han de poder distinguirse). Además de la reflexión (ver Figura 2.15) puede manipularse el campo magnético del lector por medio de técnicas.

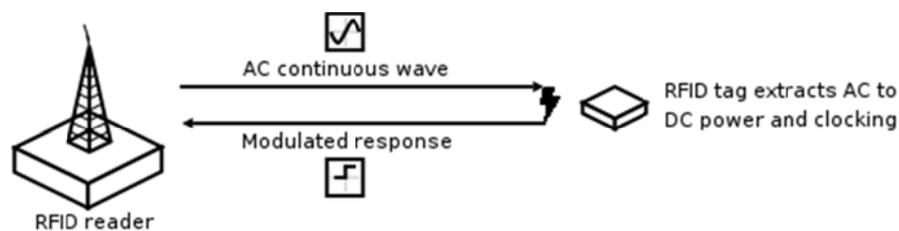


Figura 2.15 RFID con reflexión

En la Figura 2.16 se puede apreciar el tamaño de un Chip RFID con antena con respecto a una moneda de 1 Euro.

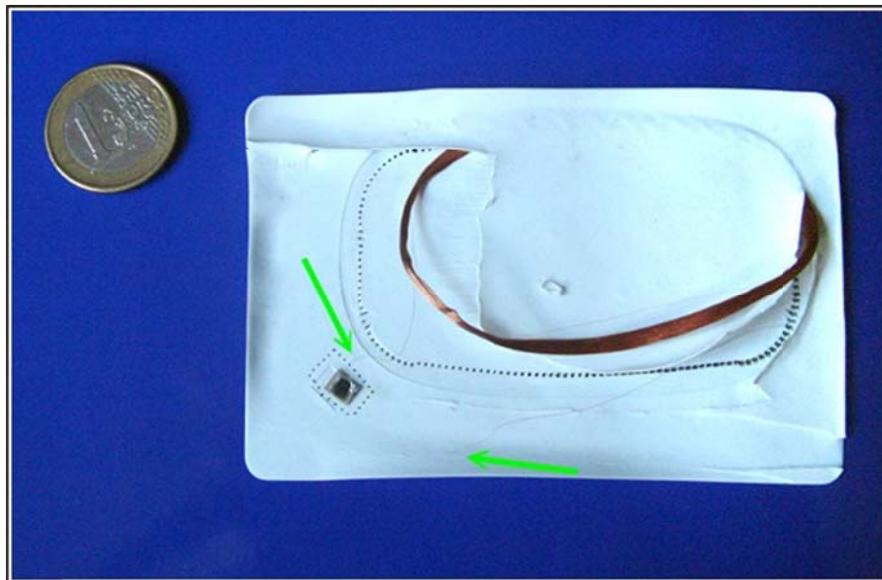


Figura 2.16 Comparación de un chip RFID con antena y una moneda de 1 euro.

A continuación se describirán con más detalle los tipos de RFID que hemos reseñado anteriormente:

- **Los *tags* pasivos** no poseen ningún tipo de alimentación. La señal que les llega de los lectores induce una corriente eléctrica mínima que basta para operar el circuito

integrado CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), una de las familias lógicas empleadas en la fabricación de chips, del *tag* para generar y transmitir una respuesta. La antena ha de estar diseñada para obtener energía necesaria para funcionar a la vez que para transmitir la respuesta. Esta respuesta puede ser cualquier tipo de información, no sólo un código identificador. Un *tag* puede incluir memoria no volátil, posiblemente escribible, por ejemplo EEPROM (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*).

Los *tags* pasivos suelen tener distancias de uso práctico comprendidas entre los 10 cm y llegando hasta unos pocos metros según la frecuencia de funcionamiento y el diseño y tamaño de la antena. Por su sencillez conceptual son obtenibles por medio de un proceso de impresión de las antenas. Como carecen de autonomía energética el dispositivo puede resultar muy pequeño: pueden incluirse en una pegatina o insertarse bajo la piel (*tags* de baja frecuencia).

- A diferencia de los *tags* pasivos, **los activos** poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Estos *tags* son mucho más fiables que los pasivos debido a su capacidad de establecer sesiones con el lector. Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de los *tags* pasivos, lo que les lleva a ser más eficientes en entornos dificultosos para la radiofrecuencia como el agua (incluyendo humanos y ganado, formados en su mayoría por agua) o el metal (contenedores, vehículos). También son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles (lo contrario que los *tags* pasivos). Por el contrario, suelen ser mayores y más caros, y su vida útil es, en general, mucho más corta.

Muchos *tags* activos tienen rangos efectivos de cientos de metros y una vida útil de sus baterías de hasta 10 años. Algunos de ellos integran sensores de registro de temperatura y otras variables que pueden usarse para monitorizar entornos de alimentación o productos farmacéuticos. Otros sensores asociados con RFID incluyen humedad, vibración, luz, radiación, temperatura y componentes atmosféricos como el etileno. Los *tags*, además de mucho más rango (500 metros), tienen capacidades de almacenamiento mayores y la habilidad de guardar información adicional enviada por el transceptor.

Actualmente, las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño aproximado de una moneda. Muchas etiquetas activas tienen rangos prácticos de diez metros, y una duración de batería de hasta varios años.

- Los **tags semipasivos** se parecen a los activos en que tienen una fuente de alimentación propia, aunque en este caso se utiliza principalmente para alimentar el microchip y no para transmitir una señal. La energía contenida en la radiofrecuencia se refleja hacia el lector como un *tag* pasivo. Un uso alternativo para la batería es almacenar información propagada desde el lector para emitir una respuesta en el futuro, típicamente usando reflexión. Los *tags* sin batería deben responder reflejando energía de la portadora del lector al vuelo.

La batería puede permitir al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado y eliminar la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Por ello, las antenas pueden ser optimizadas para utilizar métodos de reflexión. Las etiquetas RFID semipasivas responden más rápidamente, por lo que son más fuertes con el ratio de lectura que las pasivas.

Este tipo de *tags* tienen una fiabilidad comparable a la de los *tags* activos a la vez que pueden mantener el rango operativo de un *tag* pasivo. También suelen durar más que los *tags* activos.

La principal ventaja de los *tags* RFID activos con respecto a los pasivos (no alimentados) es el elevado rango de lectura, del orden de decenas de metros. Como desventajas cabe destacar el precio, que es muy superior que los *tags* pasivos y la dependencia de alimentación por baterías. El tiempo de vida de las baterías depende de cada modelo de *tag* y también de la actividad de éste, normalmente es del orden de años. Para facilitar la gestión de las baterías, es habitual que los *tags* RFID activos envíen al lector información del nivel de batería, lo que permite sustituir con antelación aquellas que están a punto de agotarse.

A continuación se enumeraran algunas de las aplicaciones que se están realizando actualmente con este tipo de tarjetas RFID:

- Identificación, localización y seguimiento de artículos: En algunos casos se utiliza como alternativa para inventariar artículos de distinta índole (libros, cuadros, etc.).
- Identificación y localización de pacientes en clínicas y hospitales.
- Identificación, localización y control de acceso a edificios, tanto para sus empleados como para visitantes.
- **Zigbee** [10]: Zigbee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores /actuadores individuales. Zigbee fue creado para cubrir la necesidad del mercado de un sistema a bajo coste, un estándar para redes Wireless de pequeños paquetes de información, bajo consumo, seguro y fiable.

La Alianza ZigBee sólo es el estándar basado en la tecnología necesaria para el control remoto de sensores/actuadores que se utilizan en domótica.

Los protocolos ZigBee están definidos para su uso en aplicaciones embebidas con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético. Se pretende su uso en aplicaciones de propósito general con características auto organizativas y bajo coste (redes en malla, en concreto). Puede utilizarse para realizar control industrial, albergar sensores empotrados, recolectar datos médicos, ejercer labores de detección de humo o intrusos o domótica. La red en su conjunto utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta cinco años antes de necesitar un recambio en su sistema de alimentación.

Resumiendo las aplicaciones más usuales, hoy en día, con ZigBee son:

- Automatización de edificios: seguridad, control de temperatura, control de luces, control de acceso, etc.
- Salud: monitorización de pacientes, control de estado físico
- Control industrial: manejo de carga, control de procesos, control de ambiente, control de energía, etc.

- Control de hogares y pequeñas oficinas: seguridad, control de temperatura, control de luces, control de acceso, irrigación de jardines.

A lo largo del año 2008, investigadores del Instituto universitario Itaca (<http://www.itaca.upv.es/>) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ha desarrollado un sistema de comunicación inalámbrica basado en esta tecnología orientado a la localización en tiempo real de personas o equipos móviles en recintos controlados o zonas acotadas, como edificios, áreas industriales, polígonos, urbanizaciones u hospitales, entre otros.

A pesar de este éxito en la UPV, se sigue pensando que esta tecnología es la mejor, en la actualidad, junto con Wi-Fi para la localización en interiores. Sin embargo, su alcance es más reducido aún que en Wi-Fi y la señal fluctúa de igual manera cuando cambian las condiciones de la planta, o con el movimiento de personas.

La ventaja principal de esta tecnología es su bajo coste y baja potencia de emisión, pero su bajo ancho de banda hace que su utilidad sea reducida y por esta razón es posible que la localización usando sea en el futuro próximo más importante que con Zig-Bee.

A continuación se muestra en la Tabla 2.2 una comparativa entre las tecnologías Wi-Fi, RFID y ZigBee:

Estándar	Ancho de Banda	Consumo de potencia	Ventajas	Aplicaciones
Wi-Fi	Hasta 54Mbps	400ma transmitiendo, 20ma en reposo	Gran ancho de banda	Navegar por Internet, redes de ordenadores, transferencia de ficheros
Bluetooth	1 Mbps	40ma transmitiendo, 0.2ma en reposo	Interoperatividad, sustituto del cable	Wireless USB, móviles, informática casera
ZigBee	250 kbps	30ma transmitiendo, 3ma en reposo	Batería de larga duración, bajo coste	Control remoto, productos dependientes de la batería, sensores , juguetería

Tabla 2.2 Comparativa de tecnologías Wireless

2.3. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado en los apartados anteriores, se ha llegado a la conclusión que las tecnologías basadas en Wi-Fi son más adecuadas para la localización de interiores, sin embargo para la localización en exteriores, el resto de tecnologías especificadas ofrece mejores prestaciones para el caso concreto que atañe a este proyecto.

Para el diseño del sistema objeto de este proyecto, se va a contar con la tecnología de localización más convencional aplicable a áreas extensas, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), basada en sistemas de comunicación celulares GPRS. Entre otros motivos, los terminales que lo soportan han bajado de precio significativamente en los últimos años, por lo que su uso se ha desarrollado de forma rápida, y a día de hoy se integra en teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos para apoyar la oferta de servicios de localización.

Un equipo portátil GPS calcula la posición cada medio segundo con una precisión más que suficiente para navegación marina y vehículos terrestres.

Según todo lo especificado en este punto, sobre el sistema GPS, es idóneo como sistema de localización para objetos móviles que circulen en el exterior, sin embargo debido al requisito que necesita una línea vista, no sería el adecuado en el caso que nuestro objetivo fuese la localización de interiores (dentro de edificios, dentro de túneles, lugares demasiado montañoso, etc.).

En conclusión, este sistema es uno de los tantos que se encuentran actualmente en uso en el mundo. Como ventajas podemos remarcar su sencillez y precisión, que sumadas al relativo bajo costo de sus receptores, han provocado su expansión comercial de ventas y que su empleo se haya generalizado tanto por usuarios civiles como por usuarios militares.

CAPÍTULO 3: Descripción del Sistema

En el presente capítulo se va a diseñar un sistema que permita optimizar al máximo la gestión de recursos móviles que prestan distintos tipos de servicios (ambulancias, grúas, médicos, etc.), el cual se particularizará para una compañía aseguradora que cuenta con una flota de grúas implicada en la prestación del servicio de asistencia en carretera a los clientes que tienen esta cobertura contratada con el objeto de maximizar la calidad del servicio.

3.1. FASE DE ANÁLISIS

3.1.1. ANTECEDENTES Y REQUISITOS INICIALES

Para el diseño de este sistema se ha partido de las necesidades requeridas por una compañía aseguradora que presta servicios de asistencia en carretera con flota de vehículos (grúas, vehículos de asistencia, etc.) a los clientes que tienen contratada una póliza con estas características. La forma de trabajar que esta compañía tenía era recibir las incidencias a través de un call center (teleoperadoras/es) que daban de alta las incidencias en carretera a través de un sistema de CRM (*Customer Relationship Management*). Una vez dada de alta una incidencia, la persona asignada a esa incidencia se ponía en contacto por teléfono con alguno de los proveedores que contaban con vehículos adecuados para resolverla. A partir de acordar con el proveedor que éste es el que iba a prestar el servicio, pasaba la responsabilidad y control de la gestión del servicio a dicho proveedor como se puede observar en la Figura 3.1:



Figura 3.1 Proceso de trabajo tradicional de la compañía

Al final de un periodo de tiempo acordado entre la compañía y los distintos proveedores (semanas, meses, etc., según el proveedor), la compañía recibía los extractos/facturas, de los servicios prestados por cada uno de ellos, a través de los cuales se detectaron supuestos abusos de gastos de kilometraje, etc., y por otro lado se recibieron quejas de asegurados sobre un número preocupante de servicios prestados por estos proveedores (tardaban mucho en acudir al lugar del incidente, los vehículos que prestaban servicio a veces no daban buena imagen y por tanto no daban confianza a los clientes, etc.). Otro de los inconvenientes que se detectó es el gran coste que conllevaba el realizar tantas llamadas de teléfono a proveedores y el derivado a la necesidad de tener un elevado número de personal para gestionar la prestación de estos servicios.

Por estos motivos y otros, la compañía se vio en la necesidad, de por un lado mejorar la calidad del servicio que se prestaba a sus clientes para conseguir su permanencia en la compañía, y por otro lado ahorrar costes e impedir posibles fraudes por parte de los proveedores. Para ello se identificó que para poder conseguir estos objetivos, debía pasar a manos de la compañía la gestión y el control de los vehículos que prestaban el servicio a la compañía, obteniendo así un mayor control de cada uno de los servicios prestados por cada recurso de cada proveedor.

Para ello, se formó un grupo de trabajo entre los que se encontraban, personal de sistemas de información y del negocio de la compañía aseguradora, consultores, arquitectos y técnicos de sistemas de información para diseñar un sistema innovador y efectivo para conseguir los objetivos marcados por la compañía.

La compañía deseaba que el nuevo sistema que se diseñase permitiese un ahorro de costes considerable (eliminar llamadas a proveedores, traduciéndose en tener menor necesidad de contar con un gran número de personal) y se pudiera controlar al máximo los movimientos realizados por los vehículos asignados a prestar un servicio determinado: poder seleccionar que vehículo y de qué proveedor es el que prestará un servicio determinado, dónde se encuentra en cada momento los recursos que conforman la flota de vehículos de asistencia, máxima exactitud en los kilómetros realizados por un recurso para prestar un servicio, tiempo que invierte cada recurso en llegar al lugar del incidente, así como el tiempo que transcurre hasta que finaliza la resolución del problema, etc. Con estas premisas, el grupo de trabajo identificó:

- Ni los procesos de trabajo que seguía la compañía en esos momentos, ni los sistemas con los que contaba la compañía y los recursos de los proveedores,

podían paliar estas necesidades. Para ello, la compañía fue consciente que los procesos de trabajo que seguían hasta el momento había que optimizarlos y modificarlos, para ello habría que rediseñarlos, motivo que llevaría a un cambio de la concepción del negocio para la prestación de estos servicios con respecto al que se tenía hasta esos momentos y al modelo de trabajo que hasta ese momento seguía.

- La base de datos del nuevo sistema tendrá que tener integrados los datos de clientes y de registro de incidencias del que inicialmente tiene la compañía en su CRM.
- Tener localizados en todo momento a los recursos que conforman la flota de vehículos para prestar servicio, significa que es necesario tener localizado cada uno de estos recursos móviles en tiempo real, así como que exista comunicación entre ellos y con los sistemas centrales de cada entidad. Para ello se necesitan sistemas de comunicación y localización como los seleccionados en el capítulo 2, los cuales permiten y facilitan la obtención de información de posicionamiento de los recursos móviles a gestionar, y al mismo tiempo que esta información pueda ser transferida a las aplicaciones de gestión de la entidad en cuestión a través de redes de localización deslocalizada, con el objeto de conocer en cada momento el estado de cada recurso y el servicio para el seguimiento y control de los vehículos. Por tanto, se necesita que cada recurso móvil disponga de un dispositivo móvil con el sistema de localización GPS integrado (según las conclusiones del capítulo 2.0 Estado del Arte). Por acuerdos que la compañía tenía con HP (Hewlett-Packard), se optó por una PDA de un modelo en concreto.
- Al ser una compañía que opera internacionalmente, se tenía que tener en cuenta los distintos países para encontrar una solución única para todos. Por ejemplo a la hora de decidir productos para localización se tiene que tener en cuenta que cubran los mapas/callejeros de las distintas ciudades de los distintos países en los que se desea implantar la solución.
- Se analizó que el sistema debía contar con dos tipos de usuarios principalmente: los de las oficinas centrales que accederían al sistema a través de un explorador web desde un PC, y los recursos móviles (las personas que prestarían el servicio) que accederían a través de la PDA. Además a cada uno de ellos se les facilitaría

las operaciones estrictamente necesarias para desempeñar sus funciones de forma correcta y óptima.

- A la hora de decidir base de datos, HW, etc. La compañía participó muy activamente, para poder aprovechar lo que hasta el momento tenían y los acuerdos que tenían con distintos proveedores.

En la figura 3.2 se presenta la forma de trabajar a la que se desea llegar sustituyendo la que hasta el momento se seguía (ver Figura 3.1):



Figura 3.2 Nuevo proceso de trabajo que la compañía desea obtener con el sistema de Seguimiento y Control de Flota.

A destacar que el mayor esfuerzo que se invirtió fue en el rediseño de los procesos de trabajo de la compañía (toma y análisis de requisitos, análisis funcional) para poder cumplir con los objetivos marcados, puesto que conllevaba a cambiar la forma de trabajar de muchos años y que había causado estos resultados no deseados.

Al encontrar gran similitud con la forma de trabajar y las necesidades de otros sectores de negocio que cuentan también con flotas de vehículos (bomberos, policía, taxistas, servicios de recogida de basura, etc.) o con otro tipo de recursos móviles (médicos de asistencia a domicilio, personas comerciales, etc.), inicialmente se diseñó un sistema genérico que cubriese la funcionalidad y las necesidades básicas de distintos negocios, y que permitiese su posterior adaptación particular a cada tipo de actividad.

En los siguientes apartados de este punto, se va a desarrollar el análisis del sistema genérico comentado identificando los actores que intervienen en el sistema que se desea diseñar, así como la identificación de casos de uso, etc.; todo ello utilizando la metodología UML (*Unified Modeling Language*). Se particularizará en el caso concreto de una compañía aseguradora que presta servicios de asistencias en carretera.

El lenguaje UML [14] es un estándar OMG (*Object Management Group*) que está diseñado para visualizar, especificar, construir y documentar software orientado a objetos. Para el análisis (ver punto 3.1.2. Fase de Análisis) y diseño (ver punto 3.2. Fase de Diseño) del sistema objeto de este proyecto fin de carrera se van a utilizar los siguientes tipos de diagramas que ofrece este lenguaje:

- Diagrama de casos de uso (Fase de Análisis): Estos diagramas constan de actores (cualquier entidad externa al sistema que interactúa y demanda funcionalidad) y casos de uso (se usan para capturar los requisitos potenciales de un sistema SW), y se usan en modelado del sistema desde el punto de vista de sus usuarios para representar las acciones que realiza cada tipo de usuario.
- Diagrama de secuencias (Fase de Diseño): Resaltan la ordenación temporal de los mensajes que se intercambian entre actores, objetos, en un escenario concreto.
- Diagrama de componentes lógicos (Fase de Diseño): Muestran la arquitectura lógica del sistema.
- Diagramas de clase (Fase de Diseño): Proporcionan una perspectiva estática del sistema.

3.1.2. ANÁLISIS DEL SISTEMA

Para realizar el análisis de un sistema genérico que cubra las necesidades descritas hasta el momento, vamos a utilizar diagramas de casos de uso, siguiendo la metodología UML, como se dijo anteriormente.

Para ello se van a identificar los actores principales que van a interactuar en este tipo de sistemas así como los casos de uso que van a representar la funcionalidad potencial del sistema.

Los actores comunes y principales que intervienen en estos sistemas de gestión de recursos móviles son los siguientes:

- **Cliente:** Clientes o ciudadanos que dan de alta incidencias sobre el servicio contratado o acordado a la oficina central (virtual) máxima responsable de la prestación del servicio.

- **Usuario Oficina Central:** Responsable de gestionar las incidencias de los ciudadanos/clientes y la encargado de asignar a dichas incidencias los recursos móviles que deben ejecutar las órdenes de trabajo correspondientes, siguiendo unos criterios para prestar los servicios de la forma más óptima.
- **Recurso móvil:** Flota de vehículos o personas responsables de prestar el servicio ordenado por la oficina central. El dispositivo móvil que llevan, por una parte recibirá los datos GPS del satélite, los preprocesará y enviará las posiciones al servidor y, por otra parte, mostrará la interfaz de usuario del recurso, que consiste en los distintos diálogos (según el servicio) entre el recurso móvil (operario de grúa) y el sistema de gestión de flota (en muchos casos el sistema de gestión de seguimiento actúa como intermediario entre el Sistema de Negocio y el recurso).



Figura 3.3 Actores principales.

En la Figura 3.4, se muestran algunos de los actores principales especificados, así como las acciones asociadas a ellos:



Figura 3.4 Algunos actores y acciones principales.

Como se ve en la Figura 3.4, en este tipo de sistemas existen unas acciones básicas asociadas entre los actores identificados y que siguen un proceso/procedimiento

funcional que suele ser común para todos ellos. Para conseguir el objetivo de diseñar un sistema adecuado que haga posible el buen funcionamiento, hay que conocer dicho proceso/procedimiento, que suelen seguir las empresas/entidades dedicadas a la prestación de servicios basados en flotas de vehículos u otros recursos móviles.

Para ello se pasa a identificar los principales casos de uso y la relación entre ellos y los actores identificados, a través de diagramas de casos de uso.

3.1.2.1. Diagramas de casos de uso para el registro de incidencias

Los diagramas que se presentan en las figuras 3.5 y 3.6 corresponden a los actores (Cliente, Usuario Oficina Central) que intervienen para el registro de incidencias, así como las operaciones que podrá realizar el usuario de la oficina central a través del sistema.

Cuando un beneficiario de un servicio (Cliente) llame vía telefónica al número de las oficinas centrales (atención al cliente/ciudadano) será atendido por una persona/operadora designada para ello (Usuario Oficina Central), la cual registrará la incidencia comprobando que el cliente/ciudadano tiene acceso a la prestación del servicio.

El sistema además de permitir el registro de incidencias y comprobación de datos del cliente, ofrecerá al usuario de la oficina central poder realizar otras operaciones: consultar datos del cliente, consultar recursos disponibles, asignar manualmente un recurso disponible a órdenes de trabajo correspondientes al servicio, consultar incidencias registradas en el sistema y gestionar alertas que genere el sistema.

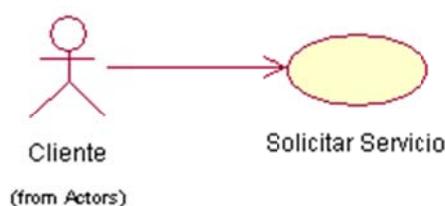


Figura 3.5 Diagrama de casos de uso registro de incidencias y comportamiento del actor Cliente.

- **Solicitar Servicio:** Para que los clientes/ciudadanos den de alta sus incidencias para ser atendidos, según la experiencia de las empresas y entidades dedicadas a la prestación de servicios, lo más cómodo, eficiente y óptimo para los clientes/ciudadanos y para la propia empresa/entidad, es que el cliente se ponga en contacto con un “Call Center” de la compañía/entidad, vía telefónica, ya sea a través de la Red Telefónica Básica (RTB) o Conmutada (RTC), o a través de un sistema para comunicaciones móviles como puede ser a través de GSM si es un

móvil el que se utiliza. Según esto, los clientes/ciudadanos y la compañía/entidad prestadora del servicio se comunicará a través de red telefónica estándar. Por tanto, la compañía/entidad prestadora del servicio, dispone de un “Call Center” que atiende estas llamadas y su responsabilidad será resolverlas.

Para presentar los diagramas de casos de uso correspondientes al actor Usuario Oficina Central, previamente se presenta un diagrama a alto nivel, como el que se presenta en la Figura 3.6, que posteriormente se desglosará y especificará con detalle en otros dos diagramas de uso correspondientes a las figuras 3.7 y 3.8:

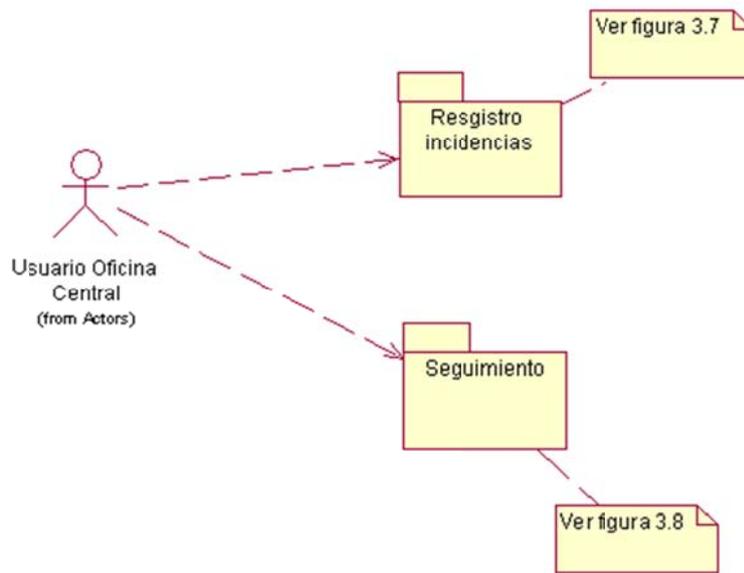


Figura 3.6 Diagrama alto nivel para el actor Usuario Oficina Central.

A continuación se presenta, en la Figura 3.7, el diagrama de casos de uso correspondiente al actor Usuario Oficina Central para el registro de incidencias.

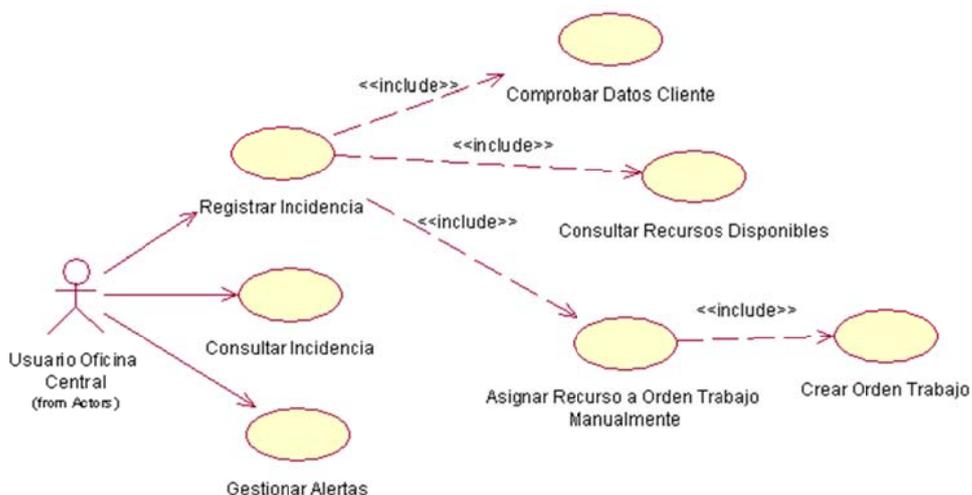


Figura 3.7 Diagrama de casos de uso registro de incidencias y comportamiento del actor Usuario

Oficina Central.

- **Comprobar Datos Cliente:** Comprobar a través del NIF del cliente, si está dado de alta en el sistema para ser beneficiario de la prestación del servicio solicitado.
- **Registrar Incidencia:** Registrar incidencia del cliente solicitante (fecha y hora del registro, tipo de incidencia, dirección de la incidencia, tipo de recurso móvil necesario, etc.).
- **Consultar Recursos Disponibles:** Consultar recursos móviles disponibles de un tipo determinado próximos a la dirección concreta donde se ha producido la incidencia y por tanto donde se tiene que prestar el servicio.
- **Crear Orden de Trabajo:** A partir de una incidencia, se crea la orden u órdenes de trabajo asociadas al servicio que se quiere prestar teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para resolver dicha incidencia.
- **Asignar Recurso a Orden Manualmente:** El usuario de la oficina central podrá asignar la orden u órdenes de trabajo asociadas al servicio solicitado (incidencia dada de alta), al recurso o recursos adecuados que estén disponibles y cerca de la dirección dónde se ha solicitado que se preste el servicio.
- **Consultar Incidencia:** Consultar incidencias dadas de alta en el sistema permitiendo ver el detalle de cada una de ellas (recurso asignado, datos del cliente, descripción, estado, etc.).
- **Gestionar Alertas:** Gestionar distintos tipos de alertas que el sistema de seguimiento haya generado por distintas causas (retraso en la llegada a la dirección de la incidencia, retraso en atender la incidencia, etc.), permitiendo resolver la alerta manualmente, desactivar la alerta, etc.

3.1.2.2. Diagrama de casos de uso Sistema de Seguimiento- Usuario Oficina Central

En la figura 3.8, se muestra el diagrama de casos de uso que modela la funcionalidad que debe tener el sistema de seguimiento e interacción con un usuario de la oficina central principalmente, hasta que asigna un servicio a un recurso:

Figura 3.8 Diagrama de casos de uso sistema de seguimiento usuario oficina central.

Una vez se registra una incidencia como se especificó en el diagrama de casos de uso de la figura 3.7, el sistema deberá tener las funcionalidades que se especifican en los casos de uso del diagrama de la figura 3.8 y que a continuación se describen:

- **Localizar Incidente:** A partir de la dirección dada por el cliente al teleoperador de la oficina central de dónde tiene que prestar el servicio, dirección del incidente, el sistema mostrará en un mapa la localización del mismo al interfaz que ofrezca el sistema al usuario de la oficina central.
- **Localizar Recursos:** A partir de una dirección dada, el sistema localiza a los recursos móviles disponibles que en ese momento están cerca del incidente, es decir que estén dentro de un perímetro predeterminado por el sistema, y que son adecuados para el correcto cumplimiento de la orden de trabajo generada para resolver el incidente. El sistema mostrará en un mapa la localización de los recursos localizados dentro del perímetro especificado a través de la interfaz que ofrezca el sistema al usuario de la oficina central.
- **Calcular Tiempo de Llegada:** Calcular tiempos de llegada de recursos móviles a un lugar dónde se tenga que prestar un servicio. Para ello el sistema cuenta con la

dirección destino y la posición de los recursos que estén cercanos a dicho lugar (dentro de un perímetro), el sistema calcula la ruta a seguir desde la posición que se encuentra el recursos hasta la dirección del incidente, calcula la distancia real de la ruta y el tiempo que se estima que tardará el recurso en llegar.

- **Calcular Ruta:** Calcular una ruta entre dos lugares definidos en la cartografía. Dados dos puntos (origen, destino), el sistema realiza un grafo y traza la ruta a seguir devolviendo la ruta calculada y los kilómetros a recorrer.
- **Generar Alertas:** El sistema de seguimiento generará alertas cuando se produzca algún imprevisto en la prestación del servicio, como puede ser:
 - Cuando un recurso rechace una orden de trabajo al que ha sido asignado.
 - Cuando un recurso se retrase en llegar al lugar del incidente.
 - Cuando la duración de resolución supere el tiempo previamente estimado por el sistema.

Es entonces cuando el sistema registrará la alerta con una serie de datos como pueden ser: fecha y hora cuando se ha producido, identificador del recurso que ha causado la generación de la alerta, motivo, tipo de alerta (rechazo de servicio, retraso en la llegada, retraso en el servicio), gravedad, etc.).

- **Mostrar Información a Usuario:** Mostrar mediante una interfaz de usuario los resultados que se obtienen en los anteriores casos de uso al Usuario de la Oficina Central.
- **Asignar Recurso a Orden Trabajo Automáticamente:** El sistema asigna la orden de trabajo generada para resolver el incidente al recurso disponible más cercano al incidente y que estima que tarda menos en llegar.
- **Enviar SMS:** Enviar un sms al cliente/ciudadano informándole del tiempo que va a tardar en llegar el recurso asignado, para prestar el servicio solicitado, y la identificación del mismo.
- **Enviar Orden de trabajo:** Una vez el sistema asigna la orden de trabajo a un recurso móvil se la envía informándole de los pasos a seguir para resolver la

incidencia, dirección del incidente, tiempo estimado para llegar, ruta a seguir, datos del cliente/ciudadano. Para ello, previamente el recurso deberá aceptar la orden de trabajo.

3.1.2.3. Diagrama de casos de uso Sistema de Seguimiento- Recurso Móvil

En la figura 3.9 se presenta el diagrama de casos de uso que modela el comportamiento del sistema de seguimiento e interacción con el recurso móvil al que se le asigne un servicio:

- **Aceptar Orden Trabajo:** Una vez el sistema haya asignado un recurso a un servicio y haya enviado la orden de trabajo al dispositivo móvil del recurso, el recurso notificará la aceptación de prestar dicho servicio enviando un mensaje de aceptación. Este mensaje se enviará a través del dispositivo móvil.
- **Rechazar Orden Trabajo:** Una vez el sistema haya asignado un recurso a un servicio y haya enviado la orden de trabajo al dispositivo móvil del recurso, el recurso podrá rechazar prestar el servicio a través de un envío de mensaje de rechazo que incluirá el motivo del rechazo. Este mensaje se enviará a través del dispositivo móvil.
- **Confirmar Lectura Orden Trabajo:** Una vez el sistema haya asignado un recurso a una orden de trabajo y ésta haya sido enviada al dispositivo móvil del recurso, el recurso tendrá que confirmar que ha leído la orden de trabajo a través de un envío de mensaje de confirmación de lectura. Este mensaje se enviará a través del dispositivo móvil.
- **Confirmar llegada:** El recurso que haya aceptado una orden de trabajo deberá comunicar cuando llega al lugar dónde tiene que realizar la asistencia a través de un mensaje de llegada. Este mensaje se enviará a través del dispositivo móvil.
- **Confirmar retraso:** Cuando se produzca un retraso tanto en la llegada al lugar del incidente como en su resolución, el recurso enviará un mensaje de retraso incluyendo los motivos por el cual se ha producido, a través del dispositivo móvil.
- **Verificar Datos Incidente:** Una vez el recurso haya llegado al lugar del incidente, tendrá que verificar los datos que le envió la central en la orden de

trabajo (datos del cliente/asegurado, datos del tipo de incidente, diagnóstico, etc.). Estas verificaciones se realizarán a través del dispositivo móvil.

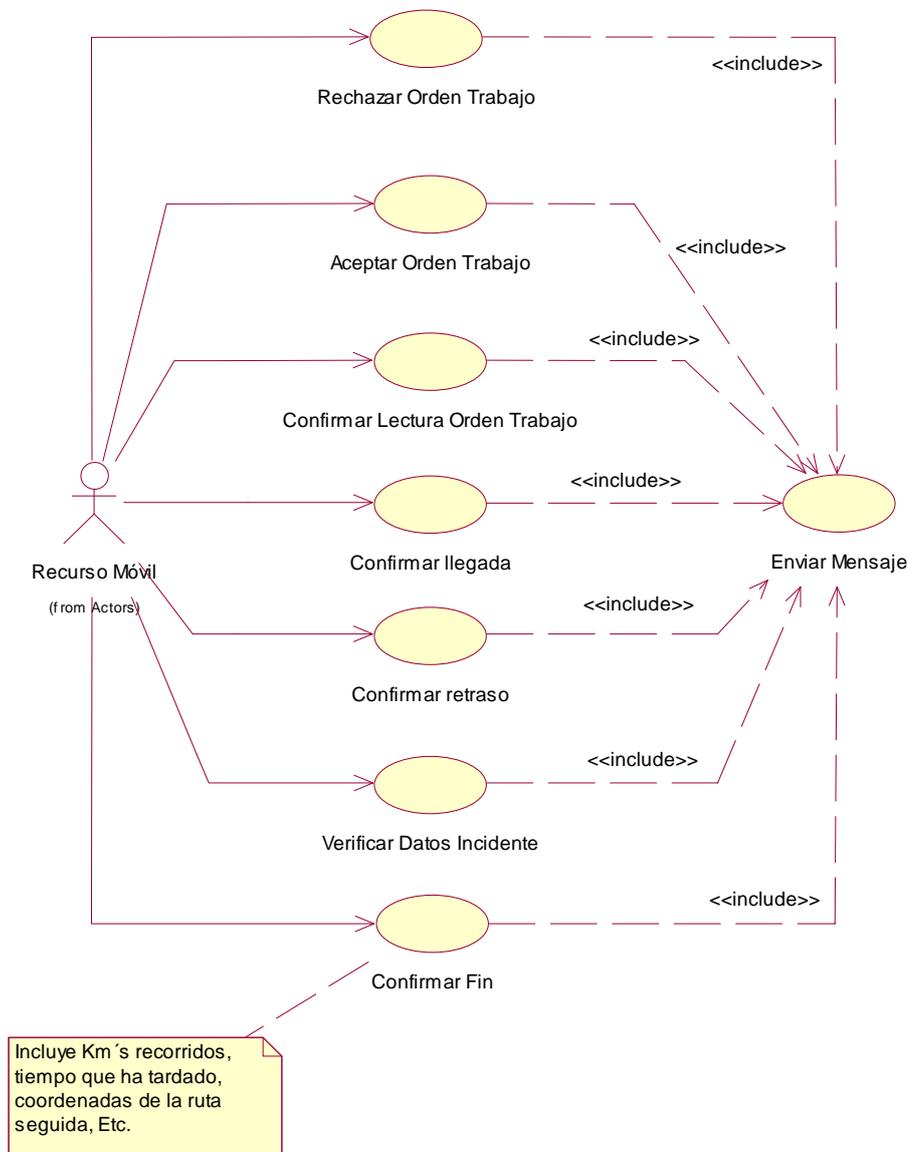


Figura 3.9 Diagrama de casos sistema de seguimiento- recurso móvil.

- **Confirmar Fin:** Una vez el recurso haya finalizado la prestación del servicio tendrá que confirmarlo a la central enviando un mensaje de confirmación de finalización. Este mensaje se enviará a través del dispositivo móvil.
- **Enviar Mensaje:** Enviar cualquier tipo de mensaje descrito hasta el momento a la oficina central.

3.2. FASE DE DISEÑO

3.2.1. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA LÓGICA DEL SISTEMA

Para diseñar la arquitectura lógica de este sistema, se va a hacer uso de un diagrama lógico de componentes. Este tipo de diagrama es el que se utiliza en UML para representar la descomposición de un sistema en componentes arquitectónicos de grano grueso y sus interacciones. Siendo un componente la unidad modular del sistema que encapsula cierta funcionalidad.

En este apartado se va a definir la arquitectura SW a través de un diagrama lógico de componentes, ver Figura 3.10, dónde se identifican las capas principales del sistema y la interacción entre las mismas. Se puede observar en la figura 3.10 como se ha diseñado la arquitectura del sistema en tres niveles:

- **Presentación:** Nivel encargado de generar la interfaz de usuario en función de las acciones llevadas a cabo por el mismo.
- **Lógica de negocio:** Contiene la lógica que modela los procesos de negocio y es donde se realiza todo el procesamiento necesario para atender las peticiones del usuario.
- **Nivel de datos:** Es el que representa la persistencia de toda la información, así como de suministrar y almacenar la información para el nivel de negocio.

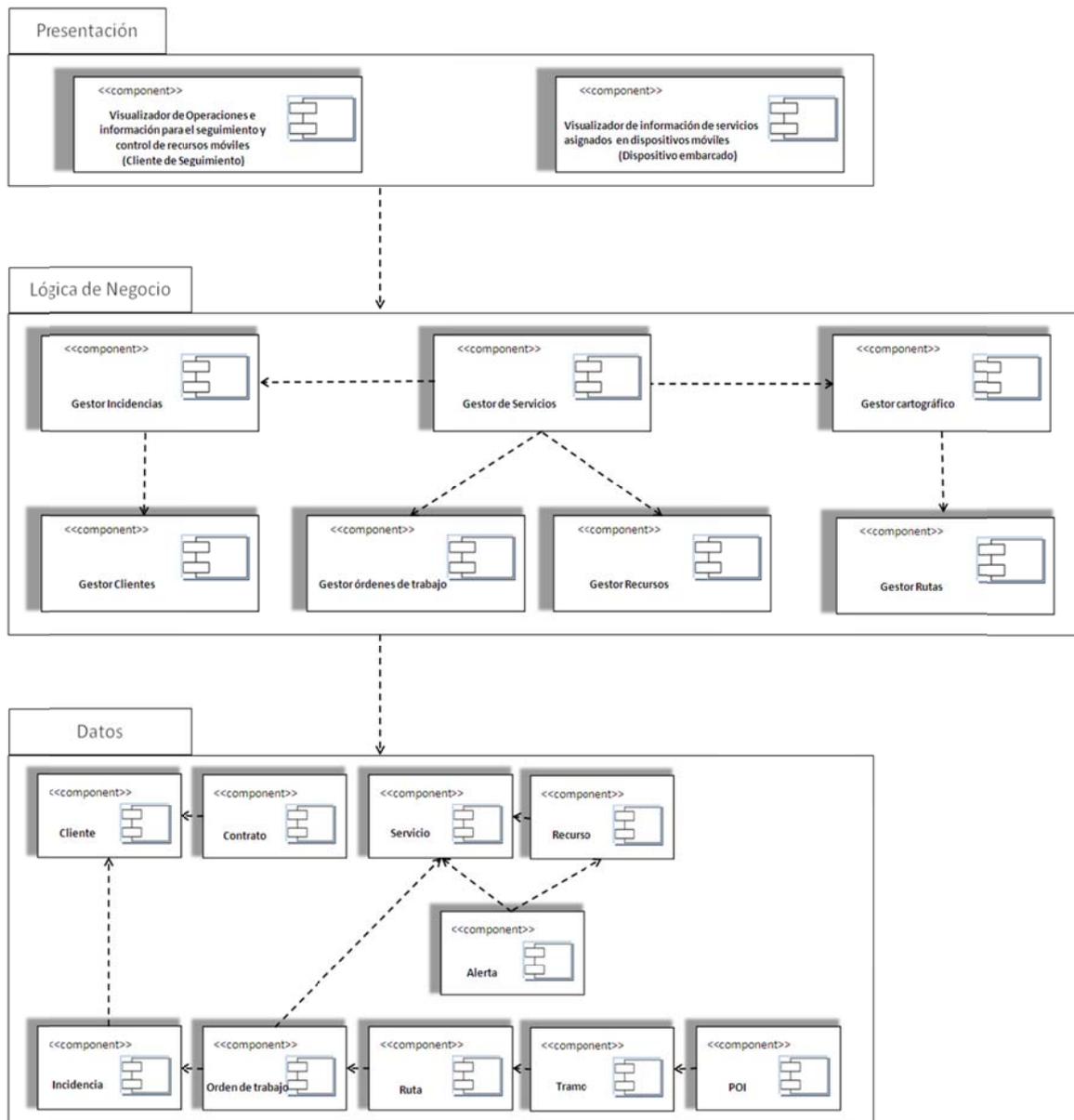


Figura 3.10 Diagrama lógico de componentes.

3.2.1.1. Nivel de la Lógica del Negocio

En el nivel de lógica de negocio se identifican los siguientes componentes:

- **Gestor Incidencias:** Este componente incluye la funcionalidad de los casos de uso que se han identificado para el registro y consulta de incidencias.
- **Gestor Clientes:** Componente donde se implementará la lógica para comprobar los datos de los clientes que den de alta una incidencia, así como el ofrecer cualquier información registrada en el sistema sobre esta entidad.
- **Gestor Servicios:** Componente que empaqueta la funcionalidad necesaria para, dependiendo de la llegada de incidencias, cada tipo de servicio (servicio médico a

domicilio, asistencia en carretera, etc.), encapsulando la lógica correspondiente al tipo de órdenes de trabajo que se deben generar y enviar a los recursos dependiendo del tipo de servicio contratado/acordado. Incluye la gestión de alertas debidas por retrasos, etc.

- **Gestor órdenes de trabajo:** Componente que encapsula las propiedades de las órdenes de trabajo y que permite crear y mostrar el detalle de cada una de ellas.
- **Gestor Recursos:** Encapsula la funcionalidad que proporciona la gestión y control (retrasos, etc.) de los recursos registrados en el sistema (alta, consulta, etc.). Dependiendo del tipo de servicio que se preste (servicio médico a domicilio, asistencia en carretera, etc.), los recursos que atenderán la incidencia prestando dicho tipo de servicio, tendrá asociados un tipo de recursos u otros (grúas, personas, ambulancias, etc.), esta lógica la incluye este componente.
- **Gestor Rutas:** Este componente incluye la lógica para que a partir de dos puntos dados (punto dónde se encuentra un recurso, punto donde se ha producido el incidente) calcule la ruta más óptima para el recurso que se desea asignar al servicio; considerando la ruta más óptima la que permite al recurso llegar más rápidamente por el camino más corto, teniendo en cuenta las direcciones de las calles, etc., así como el tiempo estimado en recorrer la ruta.
- **Gestor cartográfico:** Es el encargado de gestionar y registrar todas las posiciones cartográficas que se van proporcionando al sistema, traduciendo direcciones en posiciones cartográficas y a la inversa. Permite al mismo tiempo registrar todas las posiciones que un recurso móvil recorre en su jornada de trabajo en cada servicio que realiza (gestiona la cartografía, tramos de cada calle). Al mismo tiempo, pintará en un mapa la ruta para que el usuario del sistema la pueda visualizar.

3.2.1.2. Nivel de Presentación

En el nivel de presentación se cuenta con dos componentes que representan a la interfaz del usuario de la oficina central y la interfaz para el dispositivo móvil de los recursos móviles que prestan los servicios de asistencia. Estos componentes son los que permitirán a los dos tipos de usuario interactuar y operar con la funcionalidad que ofrecen los componentes identificados en el nivel de lógica de negocio.

3.2.1.3. Nivel de Datos

El nivel de datos cuenta con los componentes que serán necesarios para representar la persistencia de toda la información, así como de suministrar y almacenar la información para el nivel de negocio. Éstos son:

- **Incidencia:** Componente encargado de asegurar la persistencia de los datos requeridos y asociados a una incidencia: identificador, tipo, fecha de alta, fecha de baja, estado, etc.
- **Contrato:** Componente encargado de asegurar la persistencia de los datos requeridos y asociados a un contrato: identificador del contrato, fecha de alta, descripción del contrato, incluyendo la cobertura, etc.
- **Cliente:** Componente que asegura la persistencia de los datos de los clientes que están registrados en el sistema, como: NIF, nombre, apellidos, domicilio, tipos de servicio a los que tiene derecho a ser asistido, número teléfono móvil, etc.
- **Alerta:** Este componente representa la persistencia de los datos asociados a una alerta: Identificador de la alerta, nivel de gravedad, fecha y hora de detección, tipo, identificador del recurso que ha provocado la generación de la alerta, estado.
- **Servicio:** Asegura la persistencia de los datos asociados y requeridos para un servicio: identificador del servicio, tipo de servicio, prioridad, identificador de recurso/s asignado/s, fecha de alta, fecha de finalización, tiempo de llegada, tiempo de prestación del servicio, estado, dirección dónde se ha prestado el servicio, acciones realizadas para prestar el servicio adecuadamente, distancia recorrida para prestar el servicio por el recurso que lo ha prestado, etc.
- **Orden de trabajo:** Asegura la persistencia de los datos asociados a las órdenes de trabajo: identificador de la orden de trabajo, estado, dirección se tiene que realizar la asistencia, etc.
- **Recurso:** Componente para los datos persistentes asociados a los recursos con los que cuenta la entidad prestadora de servicios para poder ofrecerlos: identificador del recurso, tipo de recurso, etc.
- **Ruta:** Permite almacenar cada ruta que realiza un recurso móvil para llegar al lugar del incidente, junto al tiempo que se había estimado en realizar dicha ruta.

- **Tramo:** Se almacenan los tramos de calles, propiedades como si la calle es peatonal o no, la distancia de cada tramo, la velocidad máxima que está fijada de cada tramo, tipo de vía (calle, avenida, etc.).
- **POI:** Se almacenan los puntos de interés (farmacias, establecimientos públicos, etc.) que se encuentran en un tramo.

3.2.2. DISEÑO DE LA LÓGICA DEL NEGOCIO

En este apartado se va a realizar el diseño de la lógica del negocio del sistema a través de diagramas de clases, y por otro lado se va a especificar el comportamiento de esta lógica mediante diagramas de secuencias.

3.2.2.1. Diagramas de Clases

En este apartado se representa los diagramas de clases que modelan el sistema objeto de este proyecto. Pero primero se describe brevemente qué es un diagrama de clases.

Un diagrama de clases nos va a permitir visualizar las relaciones entre las clases que están involucradas en un sistema. Estas relaciones pueden ser de asociación (conexión entre clases), dependencia (relación de uso) y de generalización/especialización (relación de herencia).

Por tanto, un diagrama de clases está compuesto por:

- Clase: Es la unidad lógica básica que encapsula toda la información de un objeto (instancia de una clase). Una clase puede constar de Atributos (propiedades del objeto) y métodos (operaciones).
- Relaciones:
 - Asociación, es una relación estructural que describe una conexión entre objetos (línea continua que une las clases relacionadas entre sí). La multiplicidad de una asociación determina cuántos objetos de cada tipo intervienen en la relación (cada asociación tiene una multiplicidad en cada extremo de la asociación). En la figura 3.11, se presentan las distintas multiplicidades que se pueden presentar en una asociación entre clases:

Multiplicidad	Significado
1	Uno y sólo uno
0..1	Cero o uno
N..M	Desde N hasta M
*	Cero o varios
0..*	Cero o varios
1..*	Uno o varios (al menos uno)

Figura 3.11 Multiplicidades entre relaciones de clases.

- Dependencia, es una relación que muestra la relación entre un cliente y un proveedor de un servicio usado por el cliente. El cliente sería el que solicita el servicio y el proveedor sería el objeto que sirve el servicio solicitado (línea discontinua con flecha que apunta del cliente al proveedor).
- Herencia (Especialización/ Generalización), es una relación que indica que una subclase hereda los métodos y atributos por una superclase. Las subclases heredan características de las clases de las que se derivan y añaden características específicas que la diferencian.

A continuación se pasa a presentar los diagramas de clases del sistema y la descripción de las clases que los componen, describiendo los atributos de los que consta cada clase así como de los métodos/operaciones que incluyen.

Se presentan 2 diagramas de clases: **Diagrama de clases 1**(ver la Figura 3.12), **Diagrama de clases 2** (ver Figura 3.13).

En el **Diagrama de clases 1** modela el contenido del componente arquitectónico “Gestor de Incidencias”, del componente “Gestor de Servicio” y “Gestor órdenes de trabajo”, incluyendo la gestión de incidencias dadas de alta por los clientes, así como la gestión de las órdenes de trabajo que se generan dependiendo del tipo de servicio contratado/acordado por el cliente, es decir, en el caso que tenga cobertura para ese servicio. Al mismo tiempo se modela el componente arquitectónico “Gestor Recursos”, incluyendo la gestión de recursos móviles que ejecutan las órdenes de trabajo como el seguimiento de los mismos. Como se puede observa en la figura referenciada, para modelar un sistema genérico se ha tenido que recurrir al modelado con relaciones de herencia, las cuales se especializarán dependiendo del caso que se desee implementar. Cuando un cliente da de alta una incidencia (se incluye el modelado del componente arquitectónico “Gestor Clientes”, el sistema permitirá verificar que el cliente tiene en su acuerdo/contrato cobertura para el servicio que está solicitando. Una vez sea verificado que

tiene cobertura para ese servicio, el sistema permite dar de alta una incidencia para que el cliente sea atendido generando las órdenes de trabajo necesarias para subsanar la incidencia. Dependiendo del tipo de servicio de que se trate, el sistema ejecutará distintas acciones (en este caso se ha concretado para un servicio de asistencia en carretera) y la asignación de un tipo de recurso móvil (dependiendo del servicio que se preste se asignan distintos tipos de recursos móviles, para el caso concreto de asistencia en carretera el recurso móvil que se asigna es una grúa).

A continuación se describen brevemente cada clase representada en este diagrama de clases así como sus atributos y operaciones:

- **Clase cliente:** es una superclase que encapsula toda la información común referente al objeto cliente que es el que va a solicitar un servicio a nuestro sistema, y al que se le va a prestar dicho servicio. Dependiendo del público objetivo del servicio solicitado se modelan distintos tipos de cliente que se representan en distintas subclases: en el caso de que se trate de un servicio por ejemplo de asistencia en carretera, el cliente se particularizaría en la clase tomador, en el caso que el servicio fuese del tipo asistencia médica a domicilio, el cliente se representaría en la subclase paciente, etc. Todas ellas tendría en común las operaciones y atributos de la superclase cliente que a continuación se especifican:
 - Nombre: indica el nombre de pila del cliente.
 - Apellidos: indica los dos apellidos del cliente.
 - NIF: código del documento nacional de identidad del cliente.
 - domicilio: cadena de caracteres que indican el domicilio completo del ciudadano (calle, número, planta, puerta, código postal, población, provincia, país).

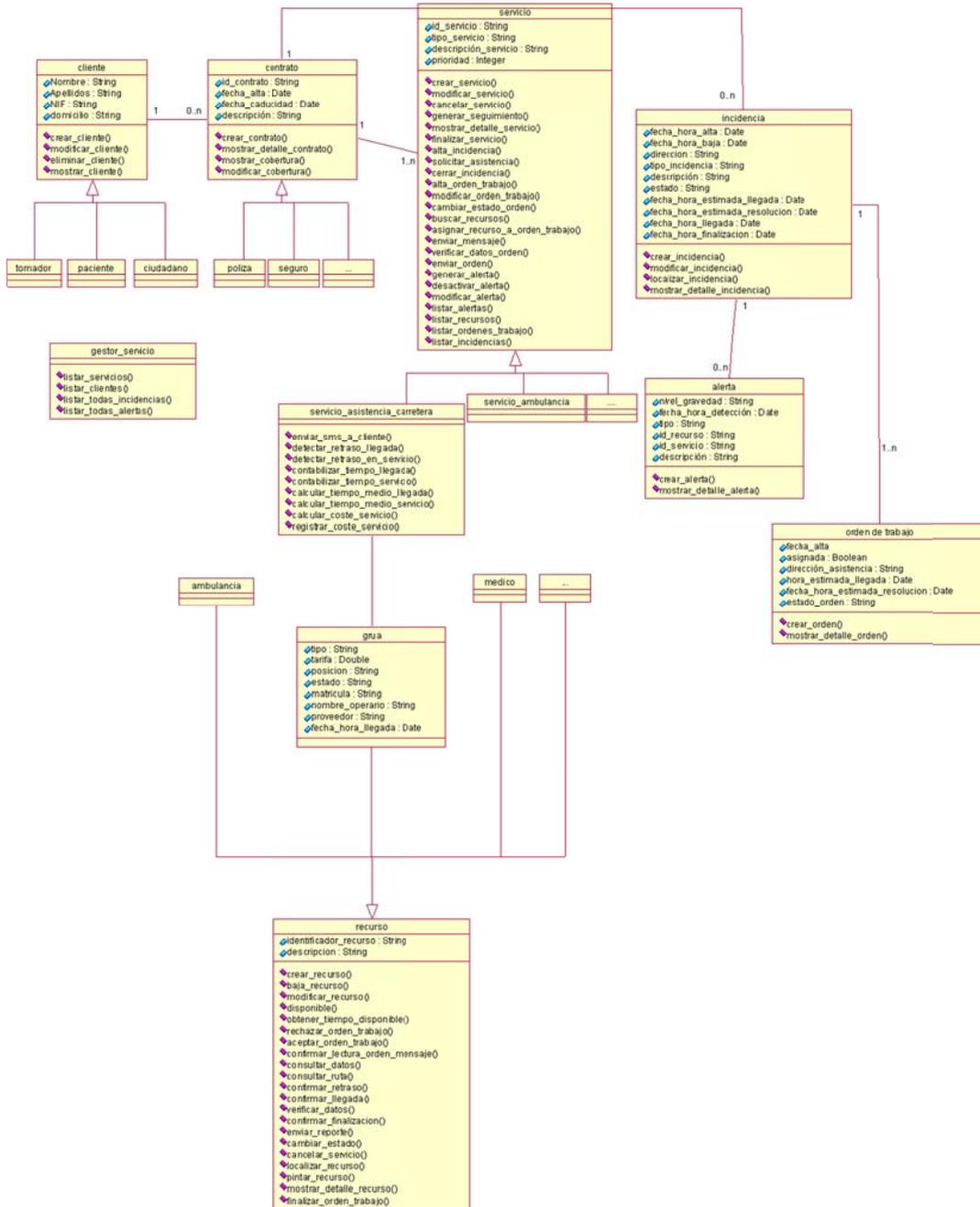


Figura 3.12 Diagrama de clases 1

A continuación se presentan los métodos de los que consta esta clase cliente:

- crear_cliente (): constructor de la clase que permite crear una instancia del objeto cliente con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados.
- modificar_cliente (): permite modificar las propiedades de un objeto cliente que ya existe en el sistema.

- eliminar_cliente (): permite eliminar del sistema un objeto cliente existente en el sistema.
- mostrar_cliente (): este método permite extraer todos los valores almacenados de los atributos de un objeto cliente que ya está registrado en el sistema.
- **Clase contrato:** es una superclase que encapsula toda la información común referente al objeto contrato que es el que determina que un cliente tiene cobertura para el servicio que solicite y al que se le asocia las incidencias que de de alta un cliente. Dependiendo del tipo de servicio esta superclase se particularizará en distintas subclases: en el caso de un servicio de asistencia en carretera en la subclase póliza, en el caso de un servicio de asistencia médica a domicilio en seguro, etc. Estas subclases heredan todos los atributos y operaciones de la superclase cliente, y en el caso de que necesitasen otros atributos y operaciones específicos se añadirían. Esta superclase consta de los siguientes atributos:
 - id_contrato: indica el código identificativo asociado al contrato de un cliente (números y letras).
 - fecha_alta: indica la fecha en el que se da de alta un objeto contrato.
 - fecha_caducidad: indica la fecha negociada en que finaliza la cobertura del servicio que tiene un cliente.
 - descripción: breve descripción del tipo de contrato, así como de los servicio/s cubierto/s, etc.

A continuación se presentan los métodos de los que consta esta superclase:

- crear_contrato (): constructor de la superclase contrato, que permite crear una instancia del objeto cliente con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados.
- mostrar_detalle_contrato (): esta operación permite extraer los valores almacenados en el sistema de los atributos de un objeto “contrato”.
- mostrar_cobertura: extrae del valor del atributo descripción del objeto contrato la cobertura del mismo.

- modificar_cobertura: permite modificar el atributo descripción, de un objeto contrato seleccionado, para poder cambiar la cobertura.
- **Clase incidencia:** esta clase es la que va a encapsular toda la información que tiene que tener asociado un objeto incidencia y consta de los siguientes atributos:
 - fecha_hora_alta: indica la fecha y hora en que se da de alta una incidencia. Coincide con el momento que un cliente llama a la central para informar que necesita que se le preste un servicio contratado.
 - fecha_hora_baja: indica la fecha y hora en la que se da de baja una incidencia. Coincide con el momento que el recurso móvil que ha sido asignado para resolver la incidencia indica que ya la ha resuelto.
 - dirección: cadena de caracteres que indica la dirección completa donde se ha producido la incidencia (calle, número, planta, puerta, código postal, población, provincia, país). Para algunos tipos de servicios coincidirá con la dirección del cliente, por ejemplo en el caso de asistencia médica domiciliaria, pero para otros como servicio de asistencia en carretera no tiene por qué.
 - tipo_incidencia: indica el tipo de incidencia. Por ejemplo en el caso de asistencia en carretera podría ser: rueda pinchada, motor roto, etc.
 - descripción: indica una breve descripción de la incidencia, con la información más relevante para poder comenzar a gestionar el servicio.
 - estado: indica si la incidencia está abierta o cerrada.
 - fecha_hora_estimada_llegada: fecha y hora que se estima que el recurso móvil asignado para resolver la incidencia va a llegar al lugar del incidente.
 - fecha_hora_estimada_resolución: fecha y hora que se estima que se resolverá con éxito la incidencia.

A continuación se presentan los métodos de los que consta esta clase incidencia:

- crear_incidencia (): constructor de la clase que permite crear una instancia del objeto incidencia con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados. Cuando se da de alta una incidencia, por defecto el atributo estado tendrá como valor “abierta”.
- modificar_incidencia (): permite modificar los atributos de un objeto incidencia.
- localizar_incidencia (): visualiza la dirección de la incidencia.
- mostrar_detalle_incidencia (): esta operación permite extraer los valores almacenados en el sistema de los atributos de un objeto incidencia.

Cuando se genera una incidencia, ésta tiene asociada una o varias órdenes de trabajo, dependiendo del tipo de incidencia, a continuación se especifica la clase orden de trabajo.

- **Clase orden de trabajo:** esta clase es la que va a encapsular toda la información asociada a un objeto orden de trabajo y consta de los siguientes atributos:
 - fecha_alta: indica la fecha y hora en que se da de alta una orden de trabajo.
 - asignada: indica si la orden de trabajo ha sido asignada a un recurso para resolver una incidencia. Al ser del tipo booleano, podrá tener sólo dos valores: “False” o “True”. Por defecto tendrá asignado el primer valor.
 - dirección_asistencia: dirección donde se debe ejecutar la orden de trabajo.
 - hora_estimada_llegada: fecha y hora que se estima que el recurso va a llegar a la dirección de asistencia para ejecutar la orden de trabajo.
 - fecha_hora_estimada_resolución: fecha y hora que se estima que el recurso va a finalizar con éxito la orden de trabajo.
 - estado_orden: estado en que se encuentra la orden de trabajo. Por ejemplo: en curso, finalizada, etc.

A continuación se presentan los métodos de los que consta esta clase:

- crear_orden (): constructor de la clase que permite crear una instancia del objeto orden de trabajo con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados. El sistema asignará al atributo fecha_alta, la fecha y hora del sistema cuando se ejecuta esta operación, y el atributo asignada tendrá valor false (orden de trabajo aún no asignada).
- mostrar_detalle_orden (): esta operación permite extraer los valores de los atributos de un objeto orden de trabajo.

Durante la ejecución de las órdenes de trabajo puede producirse algún tipo de retraso con respecto a la hora de llegada estimada o con respecto a la hora estimada de ejecución correcta. Por ello durante la asignación o ejecución de una orden de trabajo el sistema disparará alarmas que informen de los motivos que causen algún tipo de retraso. A continuación se especifica la clase alerta.

- **Clase alerta:** clase que encapsula toda la información asociada a un objeto alerta y consta de los siguientes atributos:
 - nivel_gravedad: atributo que informa sobre el nivel de gravedad de la alerta (por ejemplo: alto, medio, bajo).
 - fecha_hora_detección: fecha y hora en la que se detecta la anomalía que dispara la alerta.
 - tipo: cadena de caracteres que indica el tipo de alerta (por ejemplo: retraso en llegada, retraso en resolución de incidencia, etc.).
 - id_recurso: identificador del recurso al cual está asociada la alerta. Éste será el recurso móvil al que ha sido asignada la orden de trabajo.
 - id_servicio: identificador del servicio que se está prestando.
 - descripción: descripción de la alerta.

A continuación se especifican las operaciones con las que cuenta esta clase:

- crear_alerta (): constructor de la clase que permite crear una instancia del objeto alerta con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados.
- mostrar_detalle_alerta (): esta operación permite extraer los valores de los atributos de un objeto alerta.
- **Clase gestor_servicio:** una instancia de esta clase es la que invocará consultas sobre la base de datos para recuperar listados de distintas entidades. Esta clase consta de las siguientes operaciones:
 - listar_servicios (): esta operación permite recuperar toda la información de los servicios almacenados en la base de datos.
 - listar_clientes (): esta operación permite recuperar toda la información de los clientes almacenados en la base de datos.
 - listar_todas_incidencias (): esta operación permite recuperar toda la información de todas las incidencias almacenadas en la base de datos.
 - listar_todas_alertas (): esta operación permite recuperar toda la información de todas las alertas almacenadas en la base de datos.
- **Clase servicio:** es una superclase que encapsula toda la información común referente al objeto servicio que es el que va a solicitar un cliente que tenga cobertura en su contrato. Dependiendo del servicio que se quiera implementar en el sistema se particularizará en distintas subclases: en el caso de que se trate de un servicio por ejemplo de asistencia en carretera, se particularizará en la subclase servicio_asistencia_carretera, en el caso de que el servicio fuese del tipo asistencia médica a domicilio se particularizaría en una subclase servicio_asistencia_médica_domicilio, en el caso que el servicio se tratase de un servicio de ambulancia, se particularizaría en otra subclase ambulancia, y así con otros tipos de servicios. Todas estas subclases tienen en común las operaciones y atributos de la superclase servicio que a continuación se especifican:
 - id_servicio: cadena de caracteres con la que se identifica un servicio.
 - tipo_servicio: cadena de caracteres que indica el tipo de servicio (asistencia en carretera, ambulancia, atención médica a domicilio, etc.).

- descripción_servicio: breve descripción del servicio contratado o acordado.
- prioridad: cuando se gestionan distintos servicios, existe este atributo para dar prioridad a unos con respecto a otros (por ejemplo: 1, 2, 3 o alta, media, baja, etc.).

A continuación se especifican las operaciones con las que cuenta esta clase:

- crear_servicio (): constructor de la clase que permite crear una instancia del objeto servicio con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados.
- modificar_servicio (): operación que permite modificar los valores de los atributos de un objeto servicio.
- cancelar_servicio (): operación que permite cancelar la orden de prestar un servicio solicitado.
- generar_seguimiento (): esta operación deja registradas acciones, pasos, etc., que realiza un recurso móvil para prestar un servicio durante la ejecución de las órdenes de trabajo asignadas para la resolución de una incidencia.
- mostrar_detalle_servicio (): esta operación permite extraer los valores de los atributos de un objeto servicio.
- finalizar_servicio (): indica que ha sido resuelta la incidencia dada de alta a través de las órdenes de trabajo asignadas y por tanto el servicio ha finalizado.
- alta_incidencia (): operación que da de alta un objeto incidencia que necesita la prestación de un servicio contratado/acordado.
- solicitar_asistencia (): al ejecutarse esta operación se generarán las órdenes de trabajo necesarias para la resolución del incidente así como la asignación de recurso/s para que las ejecute(n).

- cerrar_incidencia (): esta operación cambiará el estado (cerrada) de una incidencia cuando se resuelva correctamente.
- alta_orden_trabajo (): operación que da de alta una orden de trabajo para prestar un servicio para la resolución de un incidente.
- modificar_orden_trabajo (): operación que permite modificar los atributos de un objeto orden de trabajo.
- cambiar_estado_orden (): modifica el atributo estado de un objeto orden de trabajo.
- buscar_recursos (): operación que busca recursos móviles que sean apropiados para la ejecución de las órdenes de trabajo asociadas a un tipo de servicio. De este primer filtro se seleccionarán los que se encuentren más cercanos al incidente.
- asignar_recurso_a_orden_trabajo: de los recursos móviles resultado de la operación buscar_recursos, permite seleccionar uno de ellos asignándole una orden de trabajo.
- enviar_mensaje (): operación que envía un mensaje al dispositivo móvil del recurso asignado a la orden de trabajo, indicándole dicha asignación.
- enviar_orden (): operación que envía al dispositivo móvil del recurso móvil asignado a la orden, los atributos correspondientes a un objeto orden de trabajo.
- verificar_datos_orden: (): permite al recurso móvil verificar que los datos que le llegan de la orden de trabajo coinciden con lo que percibe y comprueba al encontrarse en el lugar del incidente.
- generar_alerta (): operación que permite generar una alerta cuando se produce alguna de las causas tenidas en cuenta en el sistema para que se disparen; como retrasos en la llegada y ejecución de una orden de trabajo y por tanto en la resolución de una incidencia.
- desactivar_alerta (): desactivar una alerta determinada.

- `modificar_alerta ()`: permite modificar alguno de los atributos de un objeto de a clase alerta.
- `listar_alertas ()`: permite listar alertas registradas en el sistema.
- `listar_recursos ()`: permite listar recursos registrados en el sistema.
- `listar_ordenes_trabajo ()`: permite listar órdenes de trabajo registradas en el sistema.
- `listar_incidencias ()`: permite listar incidencias registradas en el sistema.

Dependiendo del tipo de servicio esta superclase servicio tendrá distintas subclases: `servicio_asistencia_carretera`, `servicio_ambulancia`, `servicio_asistencia_medica_domicilio`, etc. Se va a especificar sólo la subclase `servicio_asistencia_carretera` de la cual se va a especificar más adelante un caso práctico de operativa del sistema para este tipo de servicio:

- **Clase `servicio_asistencia_carretera`**: clase que encapsula los atributos y operaciones de un objeto `gestor_servicio`, y que además cuenta con las siguientes operaciones:
 - `enviar_sms_cliente ()`: permite enviar un sms al dispositivo móvil del cliente que ha dado de alta una incidencia para informarle del tiempo en el que se va a atender su incidencia, así como el recurso móvil que le vaya atender, etc.
 - `detectar_retraso_llegada ()`: operación que permite detectar un retraso en la llegada del recurso asignado a una orden de trabajo con respecto a la hora estimada de llegada.
 - `detectar_retraso_en_servicio ()`: operación que permite detectar un retraso en la resolución de un incidente con respecto al tiempo estimado en la resolución/ejecución del mismo.
 - `contabilizar_tiempo_llegada ()`: permite contabilizar cuánto tarda un recurso móvil en llegar a la dirección del incidente.

- contabilizar_tiempo_servicio (): permite contabilizar cuánto tiempo invierte un recurso móvil asignado a una o varias órdenes de trabajo en resolver la incidencia.
 - calcular_tiempo_medio_llegada (): permite calcular el tiempo medio que debería tardar el recurso que ha sido asignado a una orden de trabajo en llegar al lugar del incidente.
 - calcular_tiempo_medio_servicio (): permite calcular el tiempo medio que debería tardar el recurso que ha sido asignado a una orden de trabajo o a varias en resolver con éxito una incidencia.
 - calcular_coste_servicio (): permite calcular el coste que le supone a la compañía de seguros, o al organismo médico, etc., el uso del recurso asignado para la resolución de la incidencia.
 - registrar_coste_servicio (): permite almacenar en el sistema el coste real de un servicio de asistencia en carretera para resolver una incidencia determinada.
- **Clase recurso:** es una superclase que encapsula toda la información común referente al objeto recurso que es el que va a ser asignado para la resolución de una incidencia que necesita un tipo de servicio contratado/acordado por un cliente. Como se ha ido informando anteriormente, dependiendo del tipo de servicio que se desee implementar, se necesitará un tipo de recursos u otros. Por ejemplo para el servicio_asistencia_carretera, los recursos móviles se tratarán de grúas; para el caso de servicio_ambulancia, los recursos móviles serán ambulancias, en el caso de asistencia_medica_domicilio, los recursos necesarios serían médicos, etc. Por tanto en el caso de que los distintos recursos necesiten particularizar sus propiedades u operaciones, éstas se implementarán en las subclases. Todas estas subclases tienen en común las operaciones y atributos de la superclase recurso que a continuación se especifican:
 - identificador: identificador de un objeto recurso.
 - descripción: breve descripción de un objeto recurso.

A continuación se presentan las operaciones que encapsula la superclase recurso:

- crear_recurso (): constructor de la clase que permite crear una instancia del objeto recurso con los valores introducidos en el sistema en cada uno de los atributos anteriormente especificados.
- baja_recurso (): permite dar de baja un recurso en el sistema.
- modificar_recurso (): permite modificar los valores de los atributos de un objeto recurso.
- disponible (): indica si el recurso está disponible o no (si/no).
- obtener_tiempo_disponible (): permite contabilizar y mostrar el tiempo que lleva un recurso disponible desde su última actuación.
- aceptar_orden_trabajo (): permite que el recurso acepte, a través de su dispositivo móvil, una orden de trabajo que le haya sido asignada.
- rechazar_orden_trabajo (): permite que el recurso rechace, a través de su dispositivo móvil, una orden de trabajo que le haya sido asignada.
- confirmar_lectura_orden_trabajo (): permite al recurso confirmar que ha leído la orden de trabajo asignada, a través de su dispositivo móvil.
- consultar_datos (): permite consultar datos asociados a la orden de trabajo asignada, datos sobre la incidencia, cliente, etc.
- consultar_ruta (): permite consultar la ruta para llegar al domicilio del incidente, aconsejada y calculada por el sistema.
- confirmar_retraso (): permite confirmar un retraso detectado por el sistema, e incluso incluir una breve descripción del mismo.
- confirmar_llegada (): permite confirmar la llegada al lugar del incidente.
- verificar_datos (): permite verificar datos como los recibidos en la orden de trabajo cuando el recurso llega al lugar del incidente (datos del cliente, de la incidencia, etc.)

- confirmar_finalización (): permite informar al sistema de cuando se ha resuelto la incidencia.
- enviar_reporte (): permite enviar un informe sobre la resolución del incidente, a través el dispositivo móvil.
- cambiar_estado (): permite que un recurso pueda cambiar su estado.
- cancelar_servicio (): permite que un recurso pueda cancelar la ejecución de una orden de trabajo asignada para prestar un servicio para la resolución de una incidencia.
- pintar_recurso (): permite pintar la posición geográfica donde se encuentra un recurso en un mapa.
- mostrar_detalle_recurso (): esta operación permite extraer los valores de los atributos de un objeto recurso.
- finalizar_orden_trabajo (): permite comunicar al sistema que el recurso ha terminado de ejecutar la orden de trabajo asignada.

Como se comentaba en la descripción de la superclase recurso, ésta cuenta con distintas subclases dependiendo del tipo de recurso que se necesita para prestar un servicio determinado (grúa, ambulancia, médico, etc.), pero sólo vamos a particularizar en el caso de grúa. Además de los atributos y operaciones heredados de su superclase cuenta con unos atributos específicos que son:

- tipo: indica el tipo de grúa de que se trata (por ejemplo: grúa de gran tonelaje, grúa para motos, grúa remolque normal, etc.)
- tarifa: indica la tarifa que tiene una grúa para la realización de una orden de trabajo determinada y por kilómetros y tiempo invertidos.
- posición: indica la posición de un objeto grúa.
- estado: estado en el que se encuentra un objeto grúa (disponible, no disponible, averiado, sin servicio, etc.)
- matricula: matrícula de la grúa.

- o nombre_operario: nombre del operario que conduce la grúa y hace uso del sistema a través de un dispositivo móvil.
- o proveedor: nombre de la empresa proveedora de la grúa.
- o fecha_hora_llegada: indica la fecha y hora de llegada al lugar del incidente, al que ha sido destinado para su resolución a través de una orden de trabajo.

En el Diagrama de clases 2 (ver Figura 3.13), se modela la gestión de rutas y cartografía:

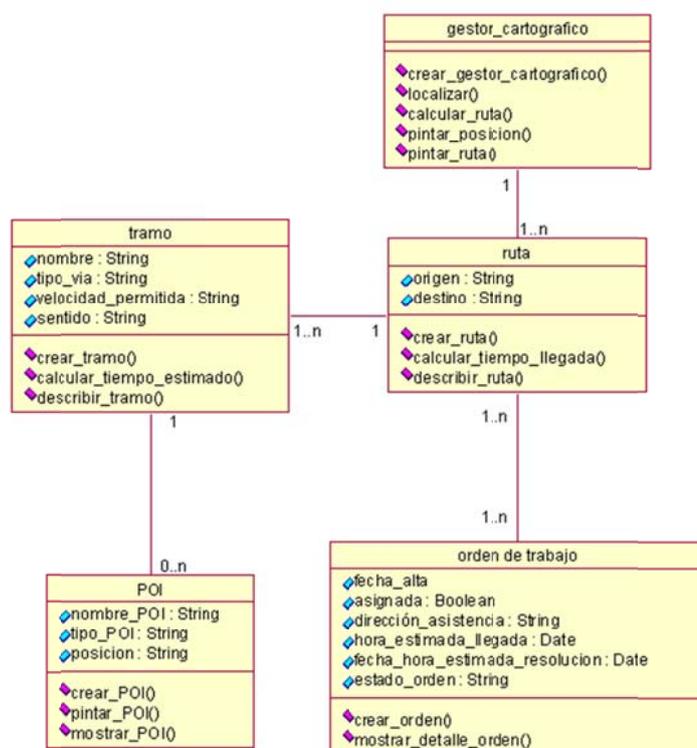


Figura 3.13 Diagrama de clases 2

El diagrama de clases de la Figura 3.13 representa el modelado del componente arquitectónico “Gestor cartográfico” para la gestión cartográfica del sistema, que incluye el componente arquitectónico “Gestor Rutas”. Por cada orden de trabajo generada para la resolución de una incidencia, el sistema puede generar una o más rutas que debe seguir el recurso asignado a dicha orden para llegar lo antes posible al lugar del incidente. Para ello, el sistema coge las coordenadas de la posición donde se encuentra el recurso móvil y las coordenadas correspondientes a la dirección del incidente. Para realizar el cálculo de la ruta o rutas más óptimas, el sistema tendrá en cuenta los tramos de los que se compone las

distintas rutas generadas entre esos dos puntos teniendo en cuenta el sentido de cada tramo, así como la velocidad obligada en cada uno de ellos.

A continuación se pasa a describir las clases implicadas (excepto la clase orden de trabajo descrita anteriormente), junto a los atributos y operaciones que las componen:

- **Clase gestor_cartografico:** esta clase encapsula las operaciones de un objeto gestor_cartografico:
 - crear_gestor_cartografico (): constructor de la clase.
 - localizar (): devuelve la posición de un recurso móvil.
 - calcular_ruta (): a partir de las coordenadas de origen y destino, calcula la ruta más óptima.
 - pintar_posicion (): muestra en un mapa una posición.
 - pintar_ruta (): muestra en un mapa la ruta resultante de la operación calcular_ruta ().

- **Clase ruta:** clase que encapsula los atributos y operaciones de un objeto ruta. Los atributos con los que cuenta esta clase son:
 - origen: dirección/posición desde donde comienza la ruta, coincide con la posición donde se encuentra el recurso móvil en el momento en el que se le asigna una orden de trabajo para resolver un incidente.
 - destino: dirección/posición donde finaliza la ruta, que coincide con el lugar del incidente.

A continuación se describen las operaciones de esta clase:

- crear_ruta (): constructor de la clase ruta.
- calcular_tiempo_llegada (): operación que calcula cuánto se tarda en realizar una ruta, teniendo en cuenta las propiedades de los tramos que la componen (velocidad, sentido, etc.)
- describir_ruta (): operación que tiene como resultado la descripción en texto de cómo seguir una ruta.

Una ruta se compone de uno o más tramos de calles/vías. A continuación se especifica la clase tramo.

- **Clase tramo:** encapsula los atributos y operaciones de un objeto tramo, que se especifican a continuación:
 - nombre: nombre de un tramo
 - tipo vía: cadena de caracteres que tipifica la vía perteneciente a un tramo (calle, avenida, etc.).
 - velocidad_permitida: velocidad a la que está permitido circular en la vía correspondiente a un tramo.
 - sentido: sentido permitido para circular por la vía de un tramo.

A continuación se describen las operaciones de esta clase:

- crear_tramo (): constructor de la clase tramo.
- calcular_tiempo_estimado (): operación que calcula el tiempo medio estimado para recorrer un tramo, teniendo en cuenta, la velocidad obligatoria de circulación.
- describir_tramo (): operación que devuelve la descripción en texto de un tramo.

Un objeto tramo puede tener puntos de interés de distintos tipos (farmacias, establecimientos públicos, policía, colegios, etc.) que pueden facilitar a un recurso móvil hacer una ruta, tomándolos como referencia. A continuación se especifica la clase POI (punto de interés):

- **Clase POI:** esta clase encapsula los atributos y operaciones de un objeto POI y se compone de los siguientes atributos:
 - nombre_POI: nombre del punto de interés.
 - tipo_POI: tipo del punto de interés (por ejemplo: farmacia, colegio, parque, etc.)
 - posicion: posición geográfica donde se encuentra el punto de interés.

Las operaciones de la clase POI son:

- crear_POI (): constructor de la clase.
- pintar_POI (): indica en un mapa la situación del POI con un icono dependiendo del tipo de POI que sea.
- mostrar_POI: muestra detalle de la información de un POI.

3.2.2.2. Diagramas de Secuencias

En este punto se especifica el comportamiento de la lógica de negocio mediante diagramas de secuencias.

Un diagrama de secuencias en UML muestra la forma en que los objetos/actores del sistema se comunican entre sí al transcurrir el tiempo, mostrando la secuencia ordenada de mensajes intercambiados. A continuación se presentan los diagramas de secuencia más significativos del sistema que se está definiendo.

Diagrama de secuencia inicio- fin

En este diagrama de secuencias, figura 3.14, se va a mostrar el intercambio de los mensajes más importantes y generales entre distintos actores, desde que se da de alta una incidencia hasta que se presta un servicio sin ningún tipo de anomalía:

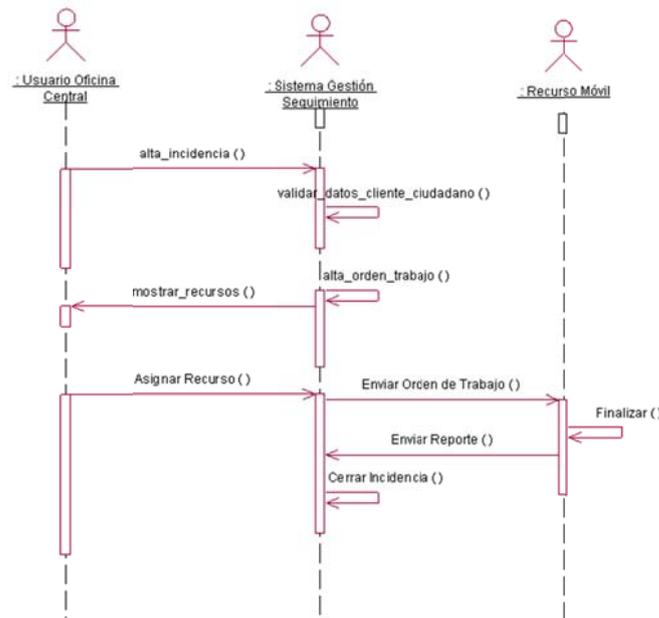


Figura 3.14 Diagrama de Secuencia desde que se abre una incidencia para prestar un servicio hasta que se cierra en el sistema.

Cuando un cliente/ciudadano llame a la central de la prestación del servicio que necesite, el usuario de la oficina central podrá introducir una incidencia a través del sistema, el sistema validará los datos del cliente/ciudadano para comprobar que está dado de alta para contar con la prestación de dicho servicio. En el caso que no sea así, el sistema rechazará la incidencia, y por tanto la prestación del servicio. En caso que el cliente/ciudadano tenga derecho a esa prestación, el sistema buscará los recursos que sean adecuados y estén para atender la incidencia y que sean próximos al lugar del incidente. El sistema muestra el listado de esos recursos al usuario de la oficina para que pueda asignar el recurso de forma manual. Una vez asignado una orden de trabajo a un recurso, el sistema enviará automáticamente una orden de trabajo al recurso móvil con los datos necesarios para poder atender y resolver el incidente, como se ha ido especificando en los distintos casos de uso anteriormente. Una vez que el recurso finaliza enviará al sistema de seguimiento el reporte correspondiente al resultado obtenido (confirmación resolución de la incidencia). Cuando el sistema reciba esta confirmación cerrará automáticamente la incidencia liberando el recurso que lo ha prestado.

Diagramas de secuencia cuando se generan alertas

A continuación, en las figuras 3.15, 3.16 y 3.17, se presentan los diagramas de secuencias correspondientes a cuando el sistema de seguimiento genera los distintos tipos de alertas:

- Diagrama de secuencia de generación de alerta por rechazo de servicio:

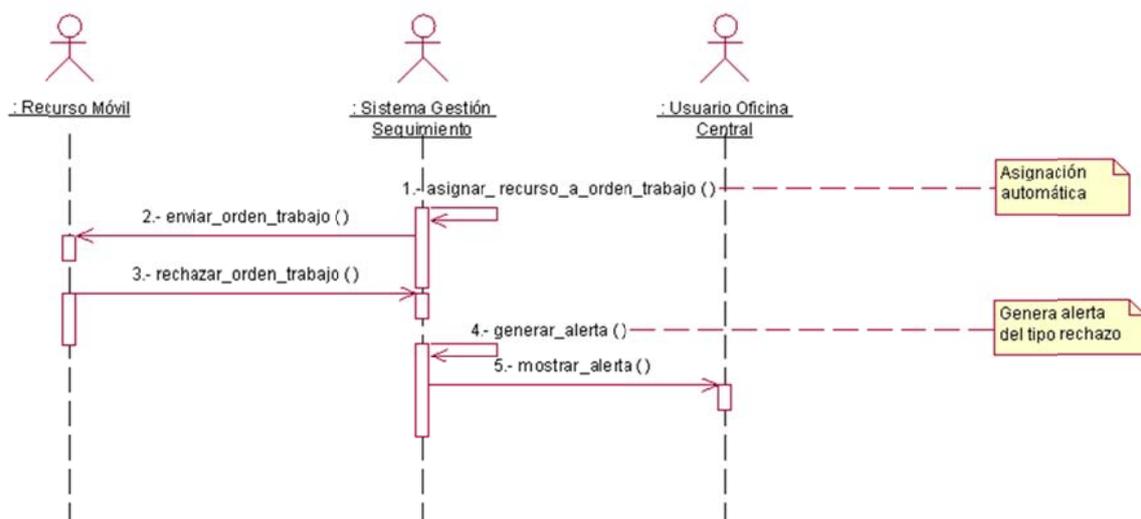


Figura 3.15 Diagrama de Secuencia de generación de alerta por rechazo de servicio.

El comportamiento natural del sistema es que sea éste el que asigne a un recurso una orden de trabajo de forma automática, una vez asignada el sistema envía la orden de trabajo al recurso esperando a la confirmación de aceptación, pero también se puede dar el caso de que el recurso la rechace. Cuando esto sucede el sistema de seguimiento genera una alerta del tipo rechazo de orden de trabajo y será mostrada al usuario de la oficina central para que éste la gestione.

- Diagrama de secuencia de generación de alerta por retraso en la llegada:

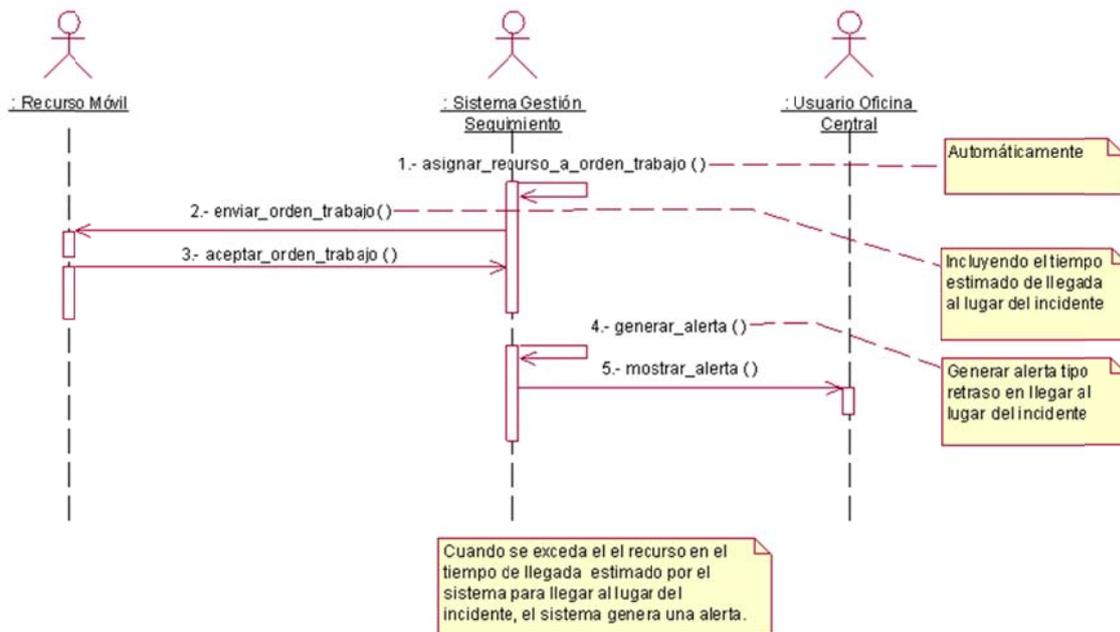


Figura 3.16 Diagrama de Secuencia de generación de alerta por retraso en la llegada.

El sistema asigna a un recurso una orden de trabajo automáticamente, el sistema envía una orden de trabajo con el tiempo estimado que debe tardar el recurso en llegar al lugar del incidente y el recurso la acepta. Si pasado el tiempo estimado de llegada el recurso no envía un mensaje de confirmación de llegada al destino, el sistema genera automáticamente una alerta del tipo retraso en llegada que será mostrada al usuario de la oficina central para que la gestione.

- Diagrama de secuencia de generación de alerta por retraso en la resolución de una orden de trabajo:

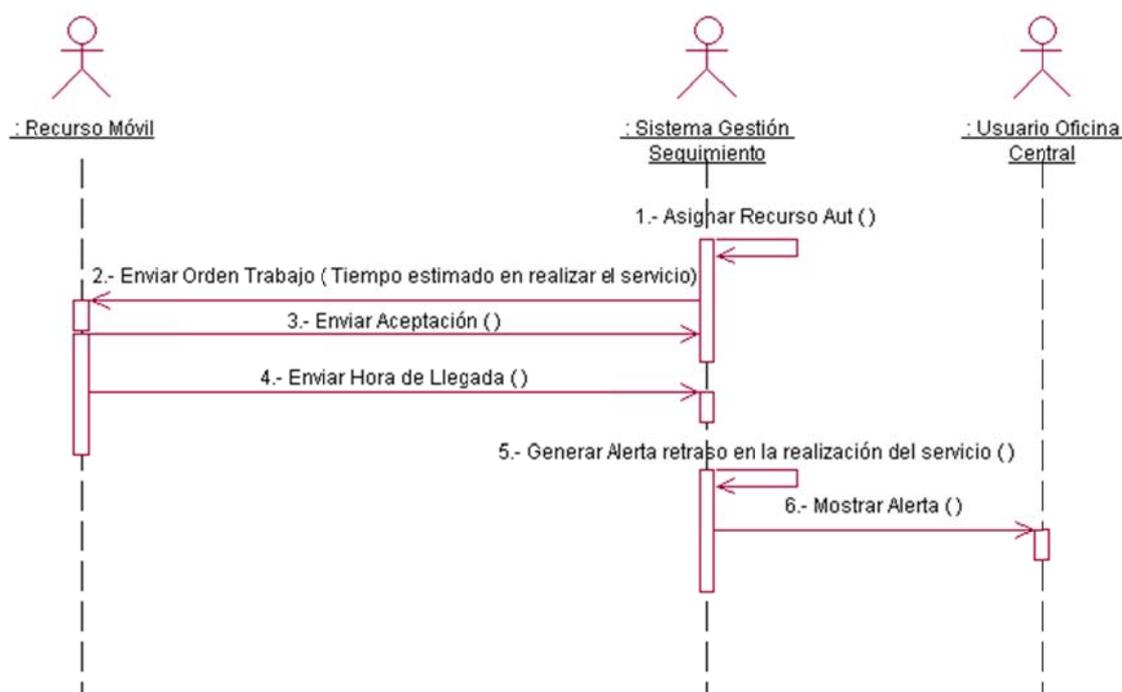


Figura 3.17 Diagrama de Secuencia de generación de alerta retraso en resolución de orden trabajo.

El sistema asigna una orden de trabajo a un recurso automáticamente, a continuación el sistema envía una orden de trabajo con el tiempo estimado que debe tardar el recurso en llegar al lugar del incidente, así como el tiempo estimado en resolver la incidencia. El recurso notifica al sistema tanto la aceptación de la orden de trabajo así como cuando llega al lugar del incidente (siendo éste menor o igual al previsto por el sistema), pero si en la resolución de la incidencia el recurso se excede, el sistema generará una alerta del tipo retraso en la realización del servicio. Será entonces cuando el sistema mostrará esta alerta al usuario de la oficina central para que la gestione.

3.2.3. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

En este apartado se especifica el diseño de la interfaz gráfica para los usuarios del sistema objeto de este proyecto. Por un lado se presenta un prototipo de pantallas con las que interactuará el usuario de la oficina central, y por otro con las que el recurso móvil interactuará a través de un dispositivo móvil.

Como se especificaba en el punto 3.2.1. Arquitectura lógica del sistema, se cuenta con 2 componentes para el nivel de presentación que son: Visualizador de operaciones e información para el seguimiento y control de recursos móviles y Visualizador de información de servicios asignados en dispositivos móviles, y que continuación se especifican.

- **Visualizador de operaciones e información para el seguimiento y control de recursos móviles** (Usuario de la Oficina Central): Este componente incluye la interfaz que el sistema ofrecerá al usuario de la oficina central cuyas funciones se especifican a continuación:
 - Incidencias (ver figuras 3.18 y 3.19): Cuando el usuario seleccione la opción Incidencias, el sistema ofrecerá las opciones de dar de alta una nueva incidencia o de consultar incidencias que ya existan en el sistema. En el caso de dar de alta una incidencia, el usuario podrá seleccionar de una lista el identificador del contrato del cliente que ha solicitado la prestación de un servicio. El sistema ofrecerá al usuario la posibilidad de ver el detalle del contrato y del cliente/ciudadano: nombre, apellido, identificador, tipos de servicios que puede solicitar para ser prestados, etc. De esta forma el usuario podrá comprobar si el cliente/ciudadano tiene derecho a recibir el servicio solicitado. El sistema obligará al usuario el cumplimentar otros datos como son: el tipo de servicio solicitado, la dirección dónde ha ocurrido la incidencia, etc. En caso de que el usuario seleccione la opción de consulta de incidencias, el sistema mostrará por defecto un listado de las incidencias que aún están pendientes de asignar.

La interfaz de usuario para la alta de incidencias se muestra en un navegador web. En la parte superior hay una barra de pestañas con los siguientes elementos: 'Incidencias' (seleccionada), 'Clientes', 'Alertas', 'Servicios', 'Recursos' y 'Servicios Pendientes'. El contenido principal está dividido en dos secciones principales: 'Dar de alta' y 'Consultar'. En la sección 'Dar de alta', hay un campo 'Contrato' con un menú desplegable y un botón 'Verdetalle'. Debajo de esto, hay un campo 'Tipo Servicio' con un menú desplegable. En la sección 'Dirección', hay un formulario con los siguientes campos: 'Calle/Avda.' (campo de texto), 'Nº' (campo de texto), 'Población' (campo de texto), 'Provincia' (campo de texto) y 'C.P.' (campo de texto). En la parte inferior de la interfaz, hay dos botones: 'Aceptar' y 'Cancelar'.

Figura 3.18 Interfaz Incidencias- Alta.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar containing 'Incidencias', 'Clientes', 'Alertas', 'Servicios', 'Recursos', and 'Servicios Pendientes'. The 'Incidencias' tab is active. Below the navigation bar, there are two buttons: 'Dar de alta' and 'Consultar'. Underneath, there is a search form with 'Desde' and 'Hasta' date pickers (format dd/mm/aaaa) and a 'Buscar' button. Below the search form is a table with the following columns: 'Id.', 'Fecha Alta', 'Cliente', 'Tipo Servicio', 'Dirección', and 'Estado'. The table is currently empty.

Figura 3.19 Interfaz Incidencias- Consulta.

- Clientes (ver figura 3.20): Cuando el usuario seleccione esta opción, el sistema dará la opción de buscar un cliente/usuario, por nombre, NIF o código identificador. Una vez que el usuario haya introducido uno de estos valores, el sistema mostrará los datos de dicho cliente/ciudadano. En caso de existir, el sistema ofrecerá la posibilidad al usuario, de modificar dichos datos, así como incluir comentarios.

The screenshot shows the 'Clientes' interface. It has a navigation bar with 'Incidencias', 'Clientes', 'Alertas', 'Servicios', 'Recursos', and 'Servicios Pendientes'. The 'Clientes' tab is active. The form contains several sections:

- A search section with 'NIF' and 'Nombre' input fields and a 'Buscar' button.
- A section for personal data with 'Nombre' (subdivided into 'Nombre', 'Apellido 1', 'Apellido 2'), 'NIF', and 'NIF Cliente' input fields.
- A 'Domicilio' section with 'Calle/Avda.', 'Nº', 'Población', 'Provincia', and 'C.P.' input fields.
- A 'Datos Contrato' section with 'ID. Contrato', 'Fecha Alta', and 'Fecha Cad.' input fields.
- An 'Observaciones' input field and a 'Ver Cobertura' button.
- 'Modificar' and 'Salir' buttons at the bottom.

 Below the form, there is a small table for selecting a service type:

Tipo de Servicio	Descripción
Servicio 1	
...	

Figura 3.20 Interfaz Clientes.

- Alertas (ver figura 3.21): Cuando el usuario seleccione la opción Alertas, el sistema ofrecerá al usuario una pantalla donde se muestren todas las alertas registradas en el sistema con información como: nivel de gravedad de la alerta, hora en la que se ha detectado, tipo (no leído, no aceptada, etc.), número de expediente al que está asociada la alerta, identificador del recurso responsable de que se genere la alerta. Este listado de alertas

aparecerá ordenado por nivel de gravedad y por la fecha y hora en la que se detecte cada una de ellas. El sistema ofrecerá al usuario la posibilidad de filtrar las alertas por distintos campos como son: nivel de gravedad, tipo de alerta, código de expediente y/o por identificador de un recurso. Al mismo tiempo ofrecerá realizar acciones que permiten al usuario poder acceder a mayor información de la alerta generada y seleccionada sobre: detalles del servicio, detalles del recurso, histórico y detalles de la alerta.

El sistema contemplará tres niveles de gravedad: leve (color amarillo), grave (color naranja) y muy grave (color rojo). Las alertas leves o graves pasarán sucesivamente a los siguientes niveles de gravedad cuando, después de transcurrido un periodo de tiempo definido que es configurable, no hayan sido gestionadas. Ofrecerá distintas pantallas para las distintas acciones que desee realizar el usuario, por ejemplo: para tramitar una alerta del tipo “servicio rechazado”, listado de alertas filtradas.

Para tramitar una alerta, previamente habrá que seleccionarla y a continuación seleccionar la acción Tramitar que permitirá realizar la resolución de la misma, ofreciendo la posibilidad de acceder al expediente completo del servicio. Al mismo tiempo ofrecerá la posibilidad de realizar distintas acciones: asignar fuera de servicio al recurso, desactivar la alerta o salir sin realizar ningún tipo de acción sobre la alerta.



Figura 3.21 Interfaz Alertas.

- Servicios (ver figura 3.22): En el caso que se seleccione del menú principal el menú de Servicios, el sistema ofrecerá al usuario una pantalla

que muestre un listado de todos los servicios registrados en el sistema que están en curso en ese momento. Cada uno de estos registros contendrá la siguiente información: identificador del servicio, datos del cliente /ciudadano, tipo de servicio que hay que prestar, estado en el que se encuentra el servicio, fecha prevista de llegada al lugar dónde se tiene que prestar el servicio. La localización de un servicio registrado se podrá ver representada en un mapa si se selecciona la acción Ver que está asociada al mismo. Se podrá seleccionar uno o todos los que se desee. La interfaz ofrecerá otra posibilidad de ejecutar esta funcionalidad que será a través de la opción Ver en mapa.

La interfaz presenta la opción de seleccionar un servicio, por defecto el primero que aparece en la tabla, ofreciendo al usuario la posibilidad de consultar más información, del mismo, a través de distintas pestañas: detalles del servicio, detalles del recurso (asignado al servicio), histórico y alertas asociadas al servicio que estén pendientes de gestionar o que hayan sido gestionadas. Las acciones que podrá ejecutar el usuario sobre un servicio serán: desactivar el seguimiento del servicio, cancelar el servicio, finalizar el servicio y eliminar asignación.



Figura 3.22 Interfaz Servicios.

- Recursos (ver figura 3.23): Cuando el usuario seleccione del menú principal la opción Recursos, el sistema ofrecerá al usuario una pantalla donde el sistema presentará un listado de los recursos activos en el sistema en ese momento en el orden que haya sido configurado por el usuario: matrícula del recurso, el estado en el que se encuentre en ese momento

(bloqueado, ocupado, libre, etc.), código de expediente al que está asociado y posición, etc.

Cada registro tendrá asociado un campo seleccionable para visualizar la localización del recurso de asistencia en un visor, acción que se podrá realizar también a través de otra acción ver en mapa. A través de esta interfaz se ofrece la posibilidad de realizar distintas acciones sobre el registro seleccionado: enviar mensaje, cambiar estado al recurso, actualizar posición del recurso.

Al mismo tiempo, cuando el usuario seleccione un registro de la tabla presentada, podrá consultar: el detalle del servicio al que haya sido asignado el recurso, detalle sobre el recurso, histórico y las alertas que estén asociadas (pendientes de gestionar o gestionadas). Dependiendo del estado en el que se encuentre el recurso se tendrán activas una de las acciones siguientes a través de opciones que realizarán un cambio de estado sobre el recurso: Fuera de servicio, Inactivo, etc.

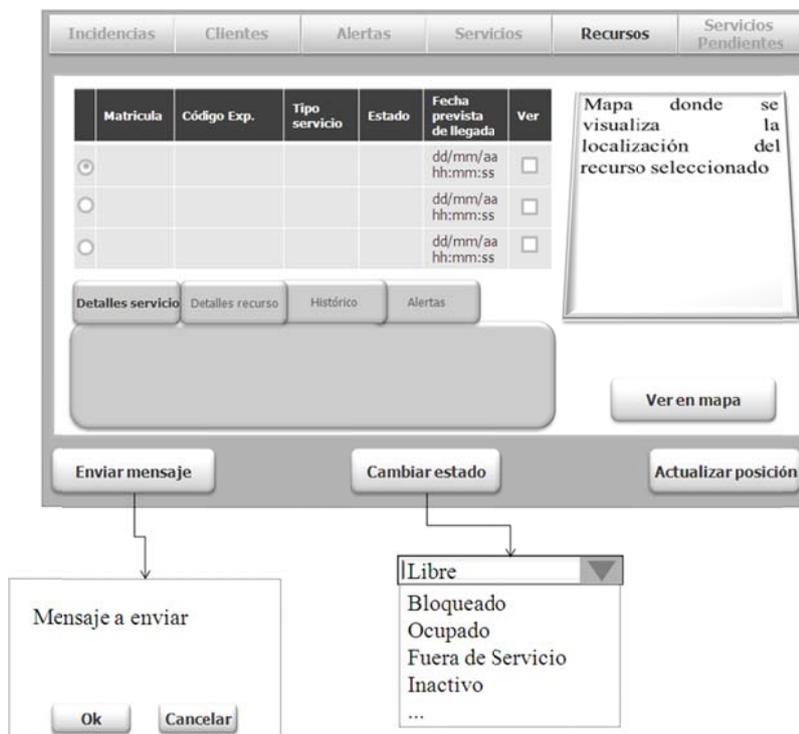


Figura 3.23 Interfaz Recursos.

- Servicios Pendientes (ver figura 3.24): Cuando se seleccione del menú principal la opción Recursos pendientes, el sistema ofrecerá al usuario una pantalla donde el sistema presentará el listado de los recursos pendientes

de asignación en ese momento. El sistema ofrecerá la posibilidad de seleccionar Recursos alternativos, donde el sistema mostrará un listado de recursos alternativos en ese momento. El usuario podrá seleccionar uno de estos recursos apareciendo su posición en un mapa que aparecerá incluido en la pantalla. Al mismo tiempo ofrecerá al usuario la posibilidad de asignar a un servicio un recurso de forma manual, para ello el sistema ofrecerá la opción de mostrar los recursos que estén disponibles, adecuados y próximos a la dirección del incidente, el usuario deberá seleccionar el recurso más adecuado, una vez realizada esta operación el sistema presentará la opción de enviar orden de trabajo, mediante la cual el sistema envía al dispositivo móvil del recurso seleccionado con la información asociada. El sistema ofrecerá la operación enviar sms, donde el sistema asociará automáticamente el número móvil del cliente/ciudadano al que se va a prestar servicio y la cual permite a través de una ventana escribir un mensaje al usuario donde le indique datos básicos del servicio, como tiempo que va a tardar el recurso en llegar al lugar del incidente, identificación del recurso, etc.

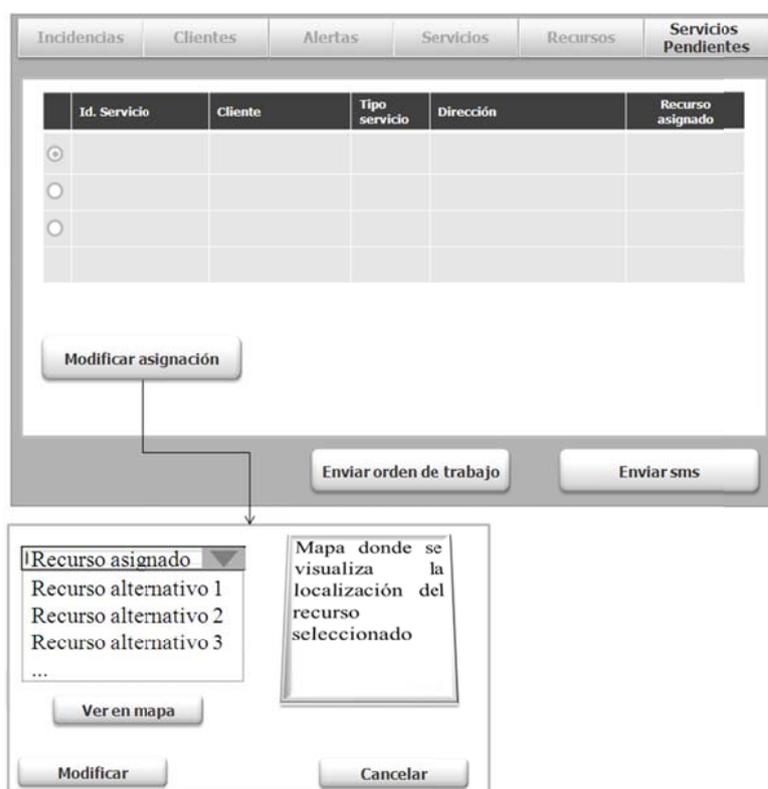


Figura 3.24 Interfaz Servicios Pendientes

- **Visualizador de información de servicios asignados en dispositivos móviles** (Recurso Móvil): Este componente incluye las funcionalidades que el sistema

ofrecerá al recurso móvil a través de un dispositivo móvil y que se especifican a continuación:

- Asignación de servicio (ver figura 3.25): Cuando un recurso sea asignado a un servicio, recibirá la asignación del servicio desde la central, el dispositivo recibirá en la pantalla de asignación de servicio toda la información que le va a ser necesaria para la prestación del servicio en un mensaje, aunque habrá información en el mensaje que estará oculta para el usuario y que sólo se utiliza para operativa interna del sistema. El sistema ofrecerá al usuario dos opciones la de rechazar o aceptar el servicio. En el caso que el recurso rechace el servicio tiene que seleccionar el motivo del rechazo de una lista que presentará el sistema.



Figura 3.25 Interfaz asignación de servicio

- Mostrar datos servicio/orden de trabajo (ver figura 3.26): En el caso que el recurso acepte el servicio asignado, el sistema ofrecerá la opción mostrar datos del servicio. Al seleccionar esta opción el sistema mostrará al recurso: dirección del incidente, mejor ruta a seguir, tiempo estimado de llegada, tipo de servicio a prestar, datos básicos del cliente/ciudadano. Una vez consultados esta información, el usuario podrá confirmar que ha leído dichos datos a la central, a través de la opción confirmar lectura orden de trabajo.



Figura 3.26 Interfaz que muestra los datos de servicio

- **Detección/Confirmación de retraso** (ver figura 3.27): En el caso que el recurso acepte el servicio, el sistema activará internamente la operación de detección de retraso y en el caso que se produzca, el dispositivo mostrará en el dispositivo un mensaje de detección de retraso junto a una alarma sonora, es entonces cuando el sistema ofrecerá las opciones de confirmar retraso o no, si la opción de confirmar retraso es seleccionada por el usuario, el sistema obligará al usuario el introducir el motivo del retraso y posteriormente el sistema enviará, automáticamente, un mensaje a la central quedando registrado el motivo del retraso asociado al recurso y al servicio. En el caso que no se confirme seguirá la operativa como sino se hubiese recibido este mensaje. En ambos casos el sistema quedará pendiente de que el recurso indique cuándo ha llegado al lugar del incidente (llegada origen).

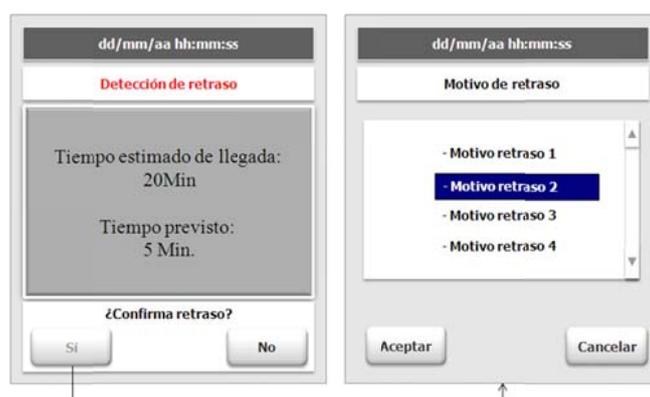


Figura 3.27 Interfaz detección/confirmación de retraso

- **Confirmación de llegada:** El sistema ofrecerá la opción confirmar llegada (ver figura 3.28) para que el usuario la utilice para confirmar que ha llegado al lugar dónde tiene que prestar el servicio, es entonces cuando el sistema mostrará en el dispositivo móvil una serie de verificaciones sobre el cliente/ciudadano y el servicio que ha solicitado que se le preste (Nombre, NIF, tipo de servicio solicitado, causa del incidente, acciones a realizar, etc.), para la verificación de estos datos, el sistema irá mostrando cada dato en una pantalla con las opciones si/no para que se vayan validando (ver figura 3.29 a modo de ejemplo). Al mismo tiempo el sistema habrá registrado internamente en el dispositivo móvil la distancia recorrida, tiempo invertido en la llegada, etc., que se enviarán asociados a la confirmación de llegada, de forma que el sistema los registre en los sistemas centrales.

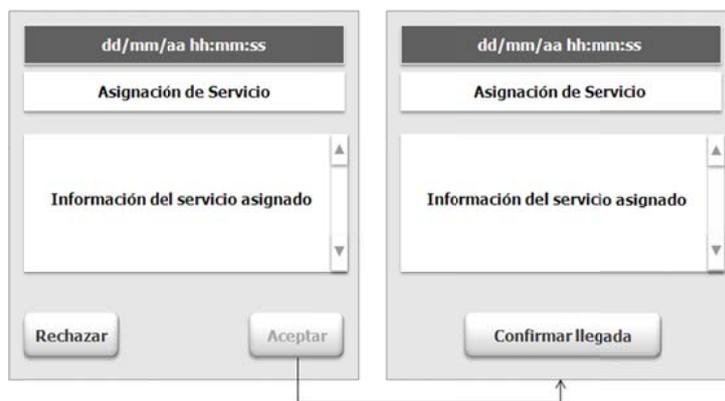


Figura 3.28 Interfaz confirmación llegada

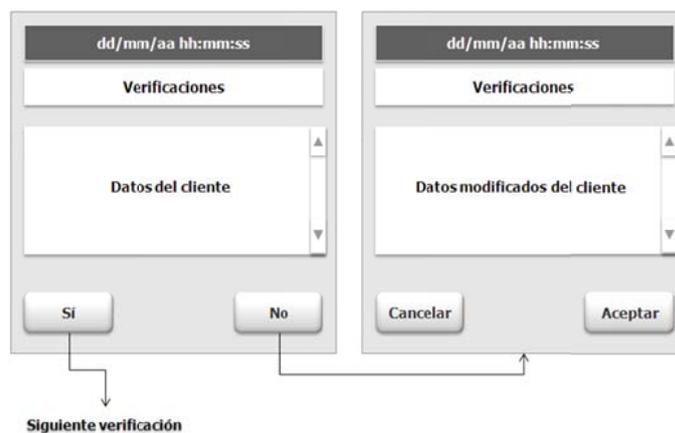


Figura 3.29 Interfaz verificaciones

- Confirmar finalización del servicio (ver figura 3.30): El sistema ofrecerá la operación de confirmación de que ha finalizado el servicio que le ha sido asignado al recurso y aceptado por éste. Para ello, el usuario deberá verificar, de la misma forma que en la operación confirmación de llegada, si el diagnóstico que la central le había enviado en la orden de trabajo es acorde con las acciones que ha tenido que realizar para prestar el servicio adecuadamente, en el caso que no sea así, el sistema dará la posibilidad al usuario de introducir en un texto libre los comentarios y apuntes pertinentes sobre las desviaciones que hayan ocurrido con respecto al diagnóstico, tipo de servicio, etc., previamente registrado en el sistema. Cuando el usuario seleccione la opción de confirmar finalización del servicio, el sistema enviará todas estas verificaciones y datos introducidos por el recurso, al mismo tiempo se enviará el tiempo transcurrido desde que se confirmó la llegada hasta la confirmación de la finalización del servicio. En el caso, que se produzca un retraso en la prestación del servicio, es decir, que desde que el sistema recibe la confirmación de llegada no recibe la confirmación de finalización del servicio en un tiempo

estimado, el sistema mostrará la mismas opciones/operativa que se han especificado en la operación Detección/Confirmación de retraso. Al mismo tiempo, cuando se confirma la finalización del servicio el dispositivo del recurso queda a la espera de una nueva asignación de servicio. En el caso que el recurso desee desconectarse del sistema o quiera informar que está fuera de servicio, la interfaz ofrece estas dos opciones.

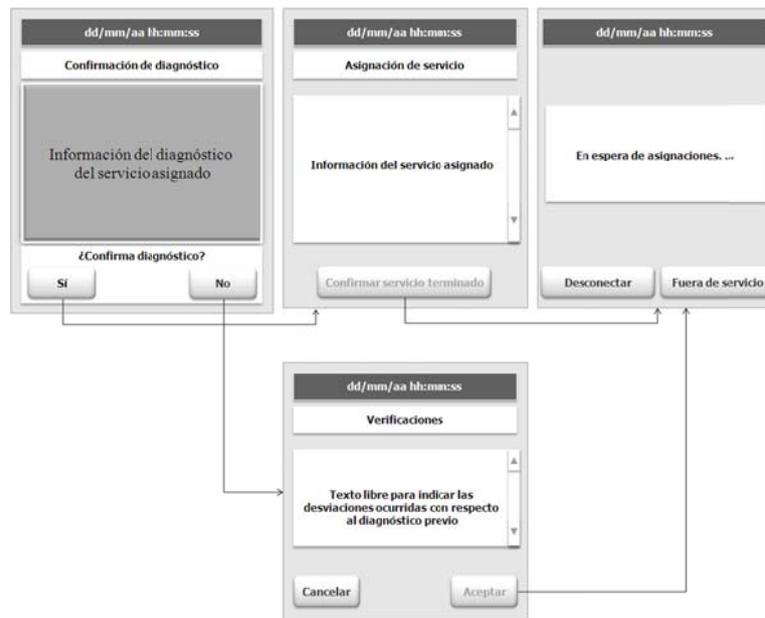


Figura 3.30 Interfaz confirmar finalización servicio

3.2.4. DISEÑO DE LA CAPA DE DATOS: LA BBDD

Para diseñar la BBDD del sistema especificado mediante UML, se va a hacer uso del Diagrama de Clases para modelar los aspectos de almacenado de datos del sistema. Mediante clases persistentes, sus atributos, y sus relaciones se puede implementar directamente base de datos orientada a objetos. De esta forma las clases representan las tablas que componen la BBDD del sistema, y los atributos de estas clases se traducirán en las columnas de las mismas.

- **Tabla Cliente:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase cliente” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - nombre: tipo String
 - apellidos: tipo String

- NIF: tipo String
- Domicilio: tipo String
- **Tabla Contrato:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase contrato” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - id_contrato: tipo String
 - fecha_alta: tipo Date
 - fecha_caducidad: tipo Date
 - descripción: tipo String
- **Tabla Orden de trabajo:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase Orden de Trabajo” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - id_orden_trabajo: tipo String
 - asignada: tipo Boolean
 - direccion_asistencia: tipo String
 - hora_estimada_llegada: tipo Date
 - fecha_hora_estimada: tipo Date
 - estado_orden; tipo string
- **Tabla recurso:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase recurso” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - id_recurso: tipo String
 - descripcion: tipo String

- **Tabla ruta:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase ruta” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - origen: tipo String
 - destino: tipo String
- **Tabla POI:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase POI” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - nombre_POI: tipo String
 - tipo_POI: tipo String
 - posición: tipo String
- **Tabla alerta:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase alerta” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campos:
 - nivel_gravedad: tipo String
 - fecha_hora_deteccion: tipo Date
 - tipo: Tipo String
 - id_recurso: tipo String
 - id_servicio: tipo String
 - descripción: tipo String
- **Tabla incidencia:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase incidencia” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo
 - fecha_hora_alta: tipo Date
 - fecha_hora_baja: tipo Date

- direccion: tipo String
 - tipo_incidencia: tipo String
 - descripcion: tipo String
 - estado: tipo String
 - fecha_hora_estimada_llegada: tipo Date
 - fecha_hora_estimada_resolucion: tipo Date
 - fecha_hora_llegada: tipo Date
 - fecha_hora_finalizacion: tipo Date
- **Tabla Servicio:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase Servicio” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - id_servicio: tipo String
 - tipo_servicio: tipo String
 - descripcion_servicio: tipo String
 - prioridad: tipo Integer
- **Tabla tramo:** Esta tabla asegura la persistencia de los atributos de la “Clase tramo” que son necesarios para cumplir con los requisitos del sistema. Se compone de los siguientes campo:
 - nombre: tipo String
 - tipo_via: tipo String
 - velocidad_permitida: tipo String
 - sentido: tipo String

3.3. CASO PRÁCTICO: OPERATIVA DEL SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE GRÚAS

En este punto se describe de forma general la operativa del sistema aplicado a una empresa aseguradora que presta servicio de asistencia a vehículos. Existe una central por cada país dedicada a la gestión de servicios de asistencia a vehículos en las distintas ciudades del mismo en la que la aseguradora tiene presencia. Este caso práctico sigue, como base, el análisis y diseño hasta ahora especificado en el documento, particularizando en los puntos siguientes:

- La clase “cliente” del diagrama de clases de la figura 3.12, en este caso se especializa en la clase “tomador”, como también aparece en dicho diagrama.
- La clase “gestor_servicio” del diagrama de clases de la figura 3.12, se especializa en la clase “servicio_asistencia_carretera”, del mismo diagrama.
- La clase “recurso” de mismo diagrama de la figura 3.12 se especializa en la clase “grua” que aparece en el mismo.

Por tanto, al tener ya realizado el análisis y diseño de este sistema en los puntos 3.1 y 3.2 de este capítulo, se pasa a describir en este apartado la casuística, así como la implementación de este caso práctico basado en el sistema especificado en este documento.

3.3.1. DESCRIPCIÓN

La operativa principal que ofrece el sistema de gestión de flotas incluye los siguientes procesos:

- **Selección y asignación de recursos:** Este proceso contempla todos los pasos necesarios para realizar la asignación de recursos (estados posibles de los recursos: libre, pendiente de finalizar, bloqueado, fuera de servicio, fuera de servicio temporal, ocupado e inactivo) a los servicios solicitados (estados posibles de los servicios: en asignación, en curso, servicio reasignado, en origen, vehículo cargado, en destino, finalizado). Los procesos principales que forman parte de la selección y asignación de recursos son:
 - Localización del incidente/siniestro

- Localización y selección de recursos próximos
- Asignación de recurso para atender al incidente/siniestro
- **Seguimiento de recursos:** Incluye los procesos que hacen posible el seguimiento de un recurso durante la prestación de un servicio asociadas a distintas situaciones que pueden presentarse:
 - Detección automática de retrasos
 - Cancelación del servicio por el recurso antes de llegar al lugar del siniestro
 - Operativa cuando el recurso no encuentra al asegurado
 - Comunicación de llegada al lugar del siniestro
 - Verificaciones
 - Anulación del servicio por el asegurado
 - Servicio reparado/no reparado (*in situ*)
 - Servicio de remolque
 - Finalización del servicio

3.3.2. SELECCIÓN Y ASIGNACIÓN DE RECURSOS

El sistema ofrece sólo los recursos con estado libre y/o pendiente de finalizar para que puedan ser seleccionados y asignados a un servicio.

- **Localización del incidente/siniestro:** Es el primer proceso que se ejecuta a la hora de asignar un recurso a un servicio solicitado. Los procesos que forman parte de la localización de recursos aptos para realizar la prestación se especifican a continuación:
 - Solicitud de asistencia: El asegurado realiza una llamada telefónica para solicitar un servicio de asistencia.
 - Apertura de la asistencia: Un operador/coordinador atiende la llamada telefónica e introduce en el sistema la información del asegurado

(domicilio, teléfono de contacto, etc.), información de la asistencia (causa, lugar, servicio, etc.) e información del riesgo (placa, tipo de vehículo, etc.). A partir de algunos de los campos que el usuario registra en el sistema se decidirá en este sistema y de forma automática si el servicio será candidato a ser prestado por el sistema de gestión de flotas o su tramitación seguirá el modelo tradicional de la compañía seleccionando el proveedor manualmente. Los datos en los que se basa esta decisión son:

- Lugar de asistencia: para que pueda ser gestionado por el sistema de gestión de flotas, el vehículo deberá estar en localidades cubiertas por el sistema. El coordinador registra datos proporcionados por el llamante que indican la localización del vehículo siniestrado: país, provincia, localidad, barrio, calle (el coordinador introducirá el nombre de la vía y el sistema sugerirá los nombres codificados que pueden corresponder a la vía introducida), cruce de calles; de manera que sirva para la localización del siniestro teniendo su correspondencia en la cartografía. Se introduce un nuevo campo en el que aparecen las vías que tienen intersección con la calle seleccionada sin considerar el barrio al que pertenecen y puntos de interés (al mismo nivel que el campo calle se mostrarán puntos de interés (POIs)) que se encuentren cargados. Los POIS son lugares de referencia que pueden por si mismos ser suficientes para localizar un lugar de asistencia o que pueden servir para completar una ubicación si se cuenta con el nombre de la calle, pero no su número. Los POIS se clasifican por tipos (museos, hospitales, centros comerciales,...) y se identifican por un nombre y una ubicación (calle y número). El módulo de gestión de flotas, además de los POIs que pueda contener inicialmente la cartografía, permite crear nuevos tipos (p.e. Mercados) y nuevos POIs de un tipo ya creado (p.e. Una nueva gasolinera).
- Destino: El dato del destino puede conocerse o no desde el principio de la asistencia, si el asegurado se lo proporciona al coordinador o no. En caso de tenerlo, será un criterio excluyente en el momento de decidir si el servicio se gestiona a través del sistema

de gestión de flotas. Si el lugar del siniestro tiene cobertura desde el sistema se asigna automáticamente y si no es así se realiza de forma manual.

Para hacer posible la obtención de recursos próximos al lugar del siniestro de forma automática, cada filial define un nivel mínimo de datos de localización a proporcionar. De no tener esta información mínima para la ubicación del vehículo siniestrado, se genera una incidencia de registro del tipo “Datos de Localización Insuficientes”, que es útil para la revisión y replanteamiento del nivel mínimo de datos de localización y la revisión de expedientes abiertos por coordinador. Además de generar esta incidencia, se procederá de manera manual para seleccionar al proveedor del servicio.

Los tipos de servicio que se prestan a través del sistema de gestión de flotas son los siguientes: grúa, grúa gran tonelaje, grúa para autobuses, grúa para motos, cerrajería para vehículos, cambio/arreglo de neumáticos, combustible, gestión de siniestros, fotos in situ. Esto define el tipo de recurso de acuerdo a las características y equipamiento que tenga para la prestación del servicio y si tiene asociado el mismo en el sistema. Para poder saber que se cuenta con un recurso apto para prestar un servicio sus características (por ejemplo su tipo: plataforma, tenaza, cuchara, etc., están detalladas en su ficha en el sistema).

Además de los campos que corresponden al lugar de la asistencia y los que son claves para la posterior selección del recurso, el coordinador deberá completar otros datos usuales, necesarios para la asistencia y que serán utilizados en el mensaje de asignación que se enviará al recurso. Entre éstos destaca el tipo de avería.

Una vez tomados los datos y habiendo decidido que el servicio se preste de forma automática a través del sistema de gestión e flotas, se pone en marcha el proceso de búsqueda de recursos próximos al vehículo siniestrado y que tengan las características solicitadas.

- **Localización y selección de recursos próximos:** Con los datos recogidos, el sistema detectará automáticamente si existen o no recursos disponibles próximos a la localización del vehículo siniestrado:
 - Sí hay recursos disponibles: El sistema presenta un listado de recursos disponibles en la zona según un ratio definido. Mostrará cada recurso y el cálculo del tiempo que tardaría cada recurso en llegar al lugar del siniestro. El sistema descartará los recursos que superen un tiempo máximo predefinido. El sistema selecciona qué recurso es el que debe ser asignado según unas prioridades predefinidas (por ejemplo: proveedor del recurso, etc.).
 - No hay recursos disponibles: En este caso el operador pasará a asignar el recurso de forma manual y se registra una incidencia en el sistema. Cuando se registren un número definido de registros “no disponibles” en un mismo área de actuación, se genera una alerta por posibles problemas de dimensionamiento (figura 3.31). El número de registros no disponibles que se deban registrar en un período para generar una alerta serán parametrizables por filial. El contador de incidencias se reiniciará en el momento en el que se genere la alerta correspondiente, para que no se generen multitud de alertas referentes a la misma incidencia. A partir del primer evento se empieza a contar el período por tiempo y número de eventos.

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
 Muy grave	14/06/06 20:00:00	AREA		

Figura 3.31 Alerta número excesivo de asignaciones sin recursos libres: AREA

El sistema ofrece un listado de alertas, en el cuál se mostrará el nivel de gravedad, la hora en la que se generó y el tipo. Para esta alerta en concreto se mostrarán también otros datos como: número de asignaciones sin recursos, área de actuación, información sobre los servicios que provocaron la alerta (fecha y hora en que se produce la incidencia, código de expediente, servicio, localización del lugar de asistencia del servicio), etc.

El sistema ofrece la posibilidad al operador de desactivar la alerta especificando los motivos, y la posibilidad de que el usuario salga del

listado de alertas sin gestionarla por lo que la alerta permanecerá pendiente de gestionar.

Cuando el sistema indica que existen recursos disponibles, pasa a realizar distintos tipos de filtrado a dichos recursos según distintos criterios:

- Obtención de posición de recursos y cálculo de distancia: cuando el sistema devuelve una lista de recursos disponibles, pasa a la obtención de recursos por posición y cálculo de distancias teniendo en cuenta la localización del lugar del siniestro. Se obtendrá la posición de aquellos recursos que se encuentren a una distancia lineal respecto al origen de la asistencia menor o igual que un valor definido expresado en metros. Esta distancia será parametrizable por filial y por tipo de servicio (grúa, grúa gran tonelaje, grúa para autobuses, grúa para motos, etc.). El sistema calculará un tiempo estimado de llegada; para su cálculo se tiene en cuenta la velocidad media de las vías por las que pasará el recurso en su ruta al lugar del siniestro. Este tiempo será ponderado en función de la localidad, el tipo de día (laborable frente a festivo, por ejemplo) y el tramo horario, asociándoles el porcentaje de error estimado. El establecimiento de los ponderados será configurable por filial. Una vez el sistema de gestión de flotas entre en operación, el sistema ofrece la posibilidad de conseguir informes que muestran las desviaciones que se han producido sobre el tiempo estimado ponderado, en días y horas determinadas para así poder revisar y, en caso de ser necesario, corregir porcentajes de error para alcanzar tiempos ponderados más reales. Esta información podrá analizarse tanto para un recurso en concreto como para un proveedor en su conjunto. En el caso de recursos que se encuentren en estado pendiente de finalización será necesario añadir al tiempo estimado ponderado por el sistema, el tiempo aproximado que tardarán en finalizar el servicio que aún están prestando. Por ejemplo para un servicio de tipo remolque, el tiempo que se estima para cada servicio es el que ha de transcurrir, de media, entre la comunicación de llegada a destino y la finalización del servicio

(comunicación servicio terminado). En el caso que el servicio sea del tipo reparación se calculan en función de dos parámetros:

- Tiempo medio de reparación/gestión (por ejemplo 30 minutos)
- Tiempo de reparación/gestión transcurrido para actualizar el estado del recurso a pendiente de finalizar (por ejemplo 20 minutos).

El tiempo que habría que tener en cuenta es (Tiempo medio de reparación – Tiempo de reparación transcurrido) (10 minutos). También se parametriza en el sistema por tipo de servicio. En todos los casos, a la hora de incrementar el tiempo el sistema tiene en cuenta el tiempo transcurrido desde que el recurso cambió de estado a pendiente de finalización y el momento en el que el servicio le es asignado. El sistema envía opciones de recursos disponibles que cumplan los requisitos solicitados y decide el vehículo que prestará el servicio según unas prioridades definidas.

- Descarte por tiempo máximo: El sistema aplica un descarte de recursos que superen el parámetro de tiempo máximo de llegada. La parametrización del tiempo máximo de llegada por servicio (remolque, reparación, etc.) se basa en el estándar de calidad que maneje la filial y se aplica siempre. Cada filial determina si estos tiempos pueden o no tener un margen ampliado para los casos en los que no se encuentren recursos disponibles dentro del tiempo de calidad. Este incremento en los tiempos se define por servicio, lo que permite a cada filial decidir qué servicios deben disponer de dicho margen y cuáles no.
- Ordenación de recursos por prioridad: Si existen recursos próximos aptos (que tengan las características solicitadas y que hasta ahora se han especificado) para realizar la prestación del servicio, se organizarán automáticamente, por orden de prioridad, para pasar al proceso de selección de recursos. Los parámetros que el sistema tiene en cuenta en esta ordenación son:

- Estado del recurso: Tienen preferencia los recursos con estado libre frente a los que estén en estado pendiente de finalizar. Mientras que los demás estados no serán ni siquiera tenidos en cuenta.
- Tipo de red (externa, flota propia): Un recurso puede pertenecer sólo a una red.
- Tiempo/Distancia: Proximidad de cada recurso al lugar de la asistencia.
- Prioridad del servicio: Cada recurso puede tener prioridad para hacer un servicio antes que otro. Por ejemplo, una grúa puede tener prioridad alta para hacer servicios de remolque y prioridad baja para hacer servicios de reparación in situ. El sistema da preferencia a los recursos que tienen mayor prioridad para prestar el servicio que se pretende asignar.
- Coste del servicio: según cálculo del coste final del servicio. Tarifa.
- Tiempo disponible: Tiene preferencia el recurso que tenga mayor tiempo en estado libre.
- Código de proveedor: Es un último criterio utilizado para hacer desempate, en el caso de coincidencia en todos los criterios anteriores.

En el sistema se tiene que definir el orden de cada uno de estos criterios, que pueden variar en función de la filial. Se toman las prioridades de acuerdo con los parámetros de calidad definidos en cada país. En la tabla 3.1 se muestra un ejemplo básico:

	ESTADO	RED	TIEMPO	PRIORIDAD SERVICIO	COSTE	TIEMPO DISPON.	CÓDIGO PROV.
Recurso A	Libre (L)	Cliente	30	1		4	
Recurso B	Libre (L)	Propia	20	2			
Recurso D	Pendiente de Finalizar (PF)	Cliente	5	1			

Tabla 3.1 Ejemplo del modelo básico.

Una vez el sistema descarta por tiempo máximo, encuentra recursos disponibles y hace la ordenación de recursos por prioridad, inicia el proceso automático de selección de recurso, que se especifica más adelante. En caso de que el sistema no encuentre recursos dentro del tiempo límite, el sistema ofrece la operativa de asignación de proveedor manual. En este caso, el sistema genera un registro ante la no disponibilidad de recursos dentro del tiempo máximo y a un número definido de registros de este tipo en una misma zona virtual para un periodo de tiempo, (dentro de cada localidad se pueden dibujar zonas sobre un mapa donde se de un comportamiento similar en cuanto a distribución de recursos). Se genera la alerta que se muestra en la figura 3.32.

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Leve	15/06/06 10:52:02	ZONA		

Figura 3.32 Alerta número excesivo de asignaciones sin recursos libres en una zona: ZONA

En el detalle de la alerta se mostrarán, entre otros, los siguientes datos: número de asignaciones sin recursos disponibles, información de los servicios que han provocado la alerta (fecha y hora en que se generó la alerta, código de expediente, servicio, localización del lugar de asistencia del servicio, etc.). Como se describió en la anterior alerta (figura 3.31), el sistema ofrece la posibilidad de desactivar la alerta y de salir de la misma.

- **Asignación de recurso para atender al incidente/siniestro:** Este proceso hace posible que el sistema seleccione por defecto el recurso resultante tras los filtrados anteriormente especificados cuando existen recursos disponibles para prestar el servicio. El sistema está diseñado para que dependiendo de si el recurso se encuentra en estado “libre” o no tenga un comportamiento particular:
 - Estado del recurso “libre”.

1. El sistema cambia el estado del recurso de “libre” a “bloqueado”. Mientras que se encuentre en este estado el sistema lo despreciará para asignarlo a otros servicios.
2. El sistema asigna al recurso el servicio para el que ha sido seleccionado y envía al recurso un mensaje de asignación de servicio.

La información que se envía en el mensaje de “asignación de servicio” es parametrizable por cada filial, pero la mínima información que el sistema envía es: código de expediente, servicio a prestar, tiempo estimado ponderado de llegada, datos de localización, datos del vehículo, causa, tipo de avería, nombre de compañía cliente, nombre y apellidos del asegurado, nº de póliza, fecha y hora de solicitud del servicio, datos del destino (lugar de entrega del vehículo en el caso que se lleve a un taller o donde decida el asegurado), datos del siniestro (en el caso que haya sido un siniestro) y observaciones. Este mensaje quedará almacenado en el dispositivo móvil (PDA) del recurso para que éste lo pueda consultar.

3. El sistema asocia el proveedor al que pertenece el recurso al movimiento económico asociado al servicio.
4. El sistema pondrá el estado del servicio con el valor “en asignación”. El sistema despreciará los servicios con este estado en el proceso de asignarles un recurso.
5. El recurso responde a la asignación del servicio con una operación de “aceptación” que llega al sistema central. Es entonces cuando el sistema calcula la hora prevista de llegada al lugar del siniestro, la posición actual del recurso y la posición destino (localización del siniestro/incidente). Con estos datos el sistema realiza una estimación de costes en función del servicio y los datos anteriores, generando internamente el movimiento económico. Este movimiento económico será el que se registrará

para realizar el seguimiento del pago/cobro al proveedor del servicio.

6. Cuando el sistema recibe la “aceptación”, el sistema cambia el estado del recurso a “ocupado” y el estado del servicio a “en curso”.
 7. En el caso que el sistema tenga como dato el número de dispositivo móvil del asegurado, el sistema enviará un SMS al dispositivo móvil del asegurado con información sobre el recurso, el tiempo estimado de llegada, etc. (Ejemplo: “La aseguradora informa: nuestro recurso 56666TRK llegará en 15 minutos”).
- Estado del recurso diferente a “libre” (por ejemplo en estado “pendiente de finalizar”).
 1. El sistema envía un mensaje al recurso con un resumen del servicio a prestar (lugar de asistencia, tiempo estimado, n° de expediente y tipo de avería).
 2. Una vez el recurso haya finalizado el servicio que estaba atendiendo y el recurso acepte el servicio, el sistema enviará un mensaje de “asignación del servicio” con todos los datos que se han especificado para este tipo de mensaje.
 3. Seguirá la misma operativa que en el caso de estado de recurso “libre”.

Se pueden dar distintas situaciones en el que el recurso seleccionado por el sistema para ser asignado a un servicio no se asigne. Algunos de ellos son: asignación sin respuesta/tiempo excesivo en no responder, confirmación de lectura no recibida o servicio rechazado por el recurso:

- Asignación sin respuesta/tiempo excesivo en no responder: Se define un tiempo máximo de respuesta del recurso al envío del mensaje (parametrizable por filial y por tipo de mensaje: “asignación de servicio”, “cancelación”, “confirmación de retraso”, etc.). Al número de intentos

consecutivos de asignación de servicios a un recurso con la misma falta de respuesta, se generará una alerta “Asignación sin respuesta/tiempo excesivo en responder” (ver figura 3.33). Este aviso permite al coordinador/operador detectar los dispositivos o comunicaciones que no funcionan correctamente (retrasos en la transmisión de datos, recurso no operativo).

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Grave	16/06/06 12:35:18	NO RESPON		223782-002

Figura 3.33 Alerta Asignación sin respuesta/tiempo excesivo en no responder: NO RESPON

El sistema muestra por este tipo de alertas, datos sobre el recurso y sobre el histórico del conductor, entre los cuales están: el número de asignaciones que no hayan tenido respuesta, la lista de los últimos servicios sin respuesta del recurso (fecha, hora, código de expediente, servicio, localización del lugar de asistencia del servicio), etc. Las acciones que el sistema ofrece sobre este tipo de alerta para resolver la incidencia son:

- Asignar al recurso el estado “fuera de servicio”. En este caso queda almacenado en el histórico del recurso un registro con los siguientes datos: cambio de estado, motivo por el que ha sido realizado dicho cambio y descripción de los motivos para desactivar el recurso.
- Desactivar la alerta. En este caso el operador/coordinador tiene que registrar el motivo que le ha llevado a desactivarla.

Esta alerta registra una incidencia en el sistema asociada al proveedor al que pertenece el recurso con el fin de gestionar la calidad del servicio.

- Confirmación de lectura no recibida. Siempre que un recurso no conteste a un mensaje de asignación de servicio, el sistema le envía un mensaje de cancelación de la asignación. Este mensaje tiene confirmación de lectura obligatoria. El sistema considera que la lectura del mensaje no ha sido confirmada cuando se supera un tiempo máximo de respuesta que es parametrizable y es cuando se genera la alerta “confirmación de lectura no recibida” (ver figura 3.34):

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Muy grave	15/06/06 13:03:30	NO LEÍDO	506000298001	223779-001

Figura 3.34 Alerta Confirmación de lectura no recibida: NO LEÍDO

En el detalle de la alerta se mostrará el detalle del recurso, el histórico del conductor y el detalle del servicio (tipo de confirmación, de lectura esperada, nombre descriptivo de la alerta, etc.). Como se describió en la anterior alerta (figura 3.31), el sistema ofrece la posibilidad de desactivar la alerta y de salir de la misma.

Siempre que un recurso no contesta a un mensaje de asignación de servicio el sistema cancela la asignación a dicho recurso cambiando su estado al inmediatamente anterior y envía un mensaje (orden) de asignación de servicio al siguiente recurso disponible de la lista.

- Servicio rechazado. Se puede dar el caso que el recurso responda al mensaje de asignación de servicio con un rechazo. En este caso el recurso envía un mensaje de rechazo con un motivo que está predefinido en el dispositivo a través de un listado unificado y definido por filial (por ejemplo: avería, atasco, tiempo estimado insuficiente, motivos personales, falta de equipamiento, datos de localización insuficientes, etc.). En la figura 3.35 se presenta la alerta que genera el sistema en este caso:

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Muy grave	15/06/06 15:43:31	NO ACEPTA	506000282001	223775-001

Figura 3.35 Alerta Servicio Rechazado: NO ACEPTA

En el detalle de esta alerta, el sistema ofrece información sobre el recurso, el histórico del conductor y del servicio, así como el motivo del rechazo. Las acciones que el sistema ofrece realizar sobre esta alerta son:

- Cambiar el estado del recurso a “fuera de servicio”, siendo registrado este cambio en el histórico del recurso especificando el motivo que el coordinador haya introducido para desactivar la alerta.
- Desactivar la alerta, especificando el motivo.
- Rechazo de servicios. Este caso se presenta cuando se realiza un número de intentos de asignación consecutivos a un mismo recurso dentro de un

periodo determinado obteniendo un rechazo por respuesta por parte del recurso, el sistema genera entonces la alerta que se ve en la figura 3.36:

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Muy grave	15/06/06 16:33:10	RECHAZOS		223772-001

Figura 3.36 Alerta Rechazo de servicios: RECHAZOS

Esta alerta permite al operador/coordinador evaluar los motivos de rechazo y, en función de ello poder tomar las acciones oportunas. Para ello el sistema presenta en el detalle de la alerta datos del recurso, histórico del conductor, nº de rechazos y una lista de los últimos servicios rechazados por el recurso (fecha, motivo, etc.).

Las acciones que el sistema ofrece a realizar sobre la alerta son las mismas que las descritas en la alerta anteriormente especificada.

En estos dos últimos casos, en el que el recurso rechaza el servicio, el sistema envía un mensaje de asignación al siguiente recurso en la lista resultante del filtro de prioridades, previa comprobación de su disponibilidad.

3.3.3. SEGUIMIENTO DE RECURSOS

Una vez el servicio tiene asignado un recurso y comienza a ser prestado el servicio, el sistema cuenta con procesos que permiten realizar el seguimiento y control de dicha prestación.

El sistema contempla distintos tipos de comportamiento dependiendo de que el recurso asignado esté capacitado para realizar reparaciones in situ (RIS) o sólo esté capacitado para remolcar vehículos o dependiendo de algunas situaciones que pueden suceder durante el proceso de seguimiento:

- Detección automática de retrasos
- Cancelación del servicio por el recurso antes de llegar al lugar del siniestro
- El recurso no encuentra al asegurado
- Comunicación del recurso cuando llega al lugar del siniestro
- Verificaciones

- Anulación del servicio por el asegurado
- Servicio reparado/no reparado (in situ)
- Servicio de remolque
- Finalización del servicio

A continuación se describe el comportamiento del sistema para cada uno de los casos descritos:

- **Detección automática de retrasos.** Después de aceptar el servicio, el recurso se dirigirá hacia el lugar de asistencia. En el transcurso de tiempo de llegada al lugar de asistencia, el sistema establece una detección automática de retrasos. La contabilización del tiempo transcurrido en la prestación de un servicio comenzará con la aceptación del mensaje de asignación para los recursos en estado “libre” y con la aceptación del mensaje de “asignación a pendientes de finalizar” para los recursos en estado “pendiente de finalizar”. El proceso que se sigue es el que se especifica a continuación.

Se definen dos modalidades de control automático de retrasos:

- Control preventivo – Detección del retraso. Es un control previo a la fecha y hora prevista de llegada al lugar donde se tiene que realizar la asistencia (origen de la asistencia).
- Control posterior – Confirmación del retraso. Es un control posterior a la fecha y hora prevista de llegada al lugar donde se tiene que realizar la asistencia.

Estos controles son activados por el sistema siempre que el recurso no haya comunicado su llegada al origen de la asistencia.

El tiempo de referencia varía dependiendo del tiempo estimado de llegada al origen que el sistema haya calculado, asegurando que sea igual al tiempo que conoce el asegurado por la información del SMS.

El sistema cuenta con dos parámetros para controlar estos retrasos, los cuales son configurables por cada filial. Estos son:

- Parámetro de activación del control: para que se pueda detectar de forma automática un retraso en la prestación de un servicio, el sistema activará un proceso de:
 - Control preventivo: Un número definido de minutos antes de alcanzar el tiempo de referencia.
 - Control posterior: cuando el tiempo real transcurrido supere un número de definido de minutos al tiempo de referencia.

- Parámetro de límite de retraso para el envío de confirmación del mismo al recurso: una vez se activa el control, el sistema obtiene la posición del recurso y recalcula el tiempo estimado de llegada al lugar de siniestro. Envía un mensaje de confirmación del retraso en aquellos casos en los que el nuevo tiempo de llegada (inicial + retraso previsto) supere en más de un número definido de minutos al tiempo de referencia (el tiempo de calidad o estimado ponderado). En caso de que no sea superado, el proceso continúa con normalidad.

Una vez el sistema ha enviado el mensaje de confirmación, el recurso dispondrá de un tiempo máximo de respuesta. Una vez cumplido este tiempo se analiza si el recurso ha respondido o no.

El recurso puede responder confirmando el retraso, o no confirmándolo.

- En el caso que confirme el retraso, el mensaje que envía el recurso desde su dispositivo móvil incluirá el motivo del retraso, que lo habrá seleccionado desde una lista predefinida que incluye el dispositivo y que es configurable para cada filial (por ejemplo: avería, atasco, accidente, motivos personales, no encuentra al asegurado etc.). El sistema registra el mensaje asociándolo al recurso y genera una alerta (ver figura 3.37).

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Muy grave	15/06/06 17:41:14	RETRASO	506000293027	223772-001

Figura 3.37 Alerta “Recurso confirma retraso”: RETRASO

El sistema ofrece la siguiente información en el detalle de la alerta: detalle del recurso, histórico del conductor, detalle del servicio, tiempo estimado inicial de llegada, nuevo tiempo estimado de llegada, motivo del

retraso, etc. Según esta información el coordinador/operador se deberá poner en contacto con el recurso y decidir si el recurso continúa o no con la prestación del servicio. En el caso que decida que no continúe con el servicio, el coordinador tiene que asignar otro recurso alternativo, teniendo que realizar una búsqueda de los recursos alternativos más cercanos al lugar de la asistencia y que sean aptos para prestar el servicio solicitado (el sistema ofrece la facilidad de mostrar en un mapa los recursos alternativos identificados por su matrícula). Cuando el coordinador encuentra un recurso alternativo sigue el siguiente proceso:

1. El coordinador informa al recurso alternativo que se le va a asignar un servicio que presenta retraso
2. El recursos alternativo acepta el servicio
3. El coordinador cancela la asignación del primer recurso y le debe asignar uno de los siguientes estados: libre, fuera de servicio temporal o inactivo, según su valoración.
4. El coordinador asigna el servicio al recurso alternativo
5. El coordinador informa al asegurado de las nuevas condiciones del servicio
6. El coordinador cierra la gestión de la alerta con una opción que presenta el sistema de servicio reasignado.

En el caso que el coordinador no encuentre un recurso alternativo, continuará el primer recurso asignado comunicando el retraso al asegurado y desactivando la alerta.

- En el caso que el recurso no confirme el retraso, el sistema genera una alerta como la que muestra en la figura 3.38:

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
 Muy grave	15/06/06 17:47:14	RET-NORESP	506000293027	223772-001

Figura 3.38 Alerta “Recurso no responde a la detección/predicción de un retraso”: RET-NORESP

El tipo de información proporcionada por el sistema sobre esta alerta es la misma que en la especificada en la alerta “Recurso confirma retraso”: RETRASO.

El coordinador se pondrá en contacto telefónico con el recurso que no contesta y, dependiendo de los motivos por los que no ha confirmado el retraso, el coordinador decidirá si continúa o no con la prestación del servicio, siguiendo los mismos pasos especificados anteriormente en el caso que el recurso confirme el retraso.

- **Cancelación del servicio por el recurso antes de llegar al lugar del siniestro.** En el caso que el recurso, antes de llegar al lugar del siniestro, no pueda continuar con el servicio, lo comunica a la central realizando una llamada telefónica y comunicándolo a un coordinador, el cuál registra la incidencia. En función del tipo de incidencia que suceda se pueden realizar las siguientes acciones:
 - Actualizar manualmente el estado del recurso, pasando a “fuera de servicio” o “libre” en función del tipo de incidencia.
 - Cancelar el movimiento económico que se asocia al recurso cuando se le asigna un servicio.
 - Reasignar el servicio realizando de nuevo el proceso completo de localización, selección y asignación.

El coordinador informa al asegurado del cambio de vehículo y los nuevos tiempos estimados, al mismo tiempo el asegurado recibirá un SMS con la información del nuevo servicio.

- **El recurso no encuentra al asegurado.** Si el recurso no encuentra al asegurado lo comunicará al coordinador mediante una llamada (la central, en el momento de recibir el aviso, puede ponerse en contacto con el asegurado para consultar su localización y resolver el problema) y, si finalmente no es posible localizar al asegurado, se procederá como en el caso anterior. El coordinador registrará la conversación con la información, actualizará el movimiento económico y cambiará el estado del recurso pasando al estado libre.

- **Comunicación del recurso cuando llega al lugar del siniestro.** En el caso que el recurso asignado llegue con éxito a la localización del siniestro, lugar donde comenzará el recorrido del remolque del vehículo o donde se realizará la reparación o gestión, el recurso deberá comunicar su llegada al lugar del siniestro enviando un mensaje con su localización y confirmación de llegada a través del dispositivo.
- **Verificaciones.** En toda asistencia existe información de obligatoria cumplimentación en el sistema, porque de ella depende que esté cubierto o no un servicio (por ejemplo, vigencia de la póliza, vigencia de la tarjeta, revisiones) o porque forma parte del informe que el cliente exige a posteriori de sus casos tramitados (por ejemplo, kilómetros del vehículo en el momento de la asistencia).

Se encuentra definida una relación de verificaciones fijas, con la acción que implica para el recurso y el tratamiento (automático) que deben recibir en la filial, y se refieren a: verificaciones asociadas a los contratos, verificaciones a nivel de filial y verificaciones configuradas a nivel de servicio. El sistema envía al recurso estos datos para seguir con el proceso.

Las verificaciones para todos los servicios (remolque, avería, etc.), en los que sea necesario son enviadas mediante una instrucción al dispositivo móvil del recurso en el mensaje de asignación del servicio (no siendo visibles para el recurso en el citado mensaje). La selección del contenido de verificaciones a enviar se realizará en función del servicio (control de destino), de la filial (placa) y del contrato de que se trate. Cuando el recurso comunica que ha llegado al lugar de comienzo de servicio, el sistema le irá mostrando en el dispositivo las verificaciones necesarias. Una vez haya completado todas, desde el dispositivo se envía esa información al sistema en la central, donde es recibida y contrastada. A partir de este momento el sistema contempla dos posibles casuísticas:

- Que todos los datos sean correctos. La prestación del servicio se autorizará de forma automática y se enviará un mensaje de autorización al dispositivo, cuya lectura deberá ser confirmada por el recurso. En caso de que el recurso no confirme la lectura del mensaje de autorización en el tiempo parametrizado al efecto se generará la alerta: “Confirmación de lectura no recibida”: NO LEÍDO que anteriormente ha sido especificada en la figura 3.34.

- Que los datos no sean correctos. Es el caso de carecer de algún dato (en blanco) o que la comprobación de los mismos concluya en un servicio no cubierto. Es entonces cuando el sistema envía una alerta al dispositivo de contacto con la central por servicio no autorizado cuya lectura deberá ser confirmada. En caso de que el recurso no confirme su lectura en el tiempo parametrizado al efecto se generará la alerta: “Confirmación de lectura no recibida”: NO LEÍDO (figura 3.34) y otra: “verificaciones sin éxito y confirmación de destino”: VERIFICAC (figura 3.39):

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Muy grave	16/06/06 11:17:23	VERIFICAC	506000303007	223772-001

Figura 3.39 Alerta “Verificaciones sin éxito y confirmación de destino”: VERIFICAC

En este tipo de alerta el sistema ofrece la siguiente información: detalle del recurso, histórico del conductor, detalle del servicio y lista de verificaciones con resultado negativo compuesta por: verificación (placa, destino, kilometraje, revisiones, vigencia de la póliza) y valor introducido por el recurso.

Con la información que el sistema proporciona y las características de la póliza, el coordinador decidirá si autorizar el servicio o cancelarlo. En ambos casos se lo comunicará al asegurado por teléfono. En cualquiera de los casos, el recurso puede llamar a la central para solicitar un apoyo a la hora de realizar las comprobaciones para “leer” una póliza o verificar los datos. Para ello, deberá ponerse en contacto con un coordinador que le ayude a realizar dicha comprobación.

En el caso de que no sea necesario realizar verificaciones, una vez el recurso ha comunicado la llegada al origen recibirá un mensaje de autorización de servicio y una vez haya aceptado, pasará a prestar el mismo.

- **Anulación del servicio por el asegurado.** Esta situación ocurre cuando el coordinador/operador de la central recibe la llamada del asegurado cancelando el servicio (por ejemplo: el vehículo le ha arrancado y ya no necesita el servicio). Este coordinador deberá lanzar el proceso de Cancelación del servicio de forma manual y al mismo tiempo notificar al recurso la cancelación del servicio.

Para determinar si la anulación se debe o no al recurso, se tiene en cuenta:

- Si el recurso no se ha desplazado: se cancela el movimiento económico manualmente.
 - Si el recurso ha iniciado desplazamiento al lugar del siniestro: el sistema calcula el importe que determine la filial.
- **Servicio reparado/no reparado (in situ).** A la llegada al lugar del siniestro se realizarán las verificaciones necesarias, procediendo de la misma manera explicada antes. Una vez el servicio es autorizado el recurso comenzará a reparar el vehículo. Se determina a nivel de servicio un tiempo medio de reparación definido que es configurable. De forma automática, el estado del recurso será actualizado a “pendiente de finalizar” cuando transcurran un número de minutos limitado definido desde el comienzo de la reparación, que será igualmente parametrizable por filial.

El tiempo medio de reparación es la base de un control que se establece tras la autorización del servicio al recurso. A través de este control se genera una alerta cuando el tiempo transcurrido supere en un número limitado de minutos definido (parametrizable por servicio) al tiempo medio de reparación sin comunicación del recurso de servicio reparado o no reparado. Cuando se produce un retraso en minutos igual a la suma del tiempo medio de reparación y del tiempo transcurrido en minutos en la reparación desde el momento de la autorización del servicio, el sistema genera la alerta de la figura 3.40.

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Grave	16/06/06 17:43:25	RET-REPARA	506000303008	223782-002

Figura 3.40 Alerta “Retraso en reparación”: RET-REPARA

En este tipo de alerta el sistema ofrece la siguiente información: detalle del recurso, histórico del conductor, detalle del servicio, fecha prevista de finalización, etc.

El coordinador, cuando vea una alerta de este tipo de debe poner en contacto con el recurso para tomar las decisiones que procedan (por ejemplo un cambio de estado en el recurso) y es cuando procede a la desactivación de la alerta indicando los motivos por los que se han desactivado.

Al margen del posible retraso en la reparación, se contemplan casos en los que el vehículo no se pueda reparar. Un ejemplo sería que el coordinador haya

determinado que el servicio más conveniente es el de reparar in-situ y finalmente no se puede reparar y se necesite una grúa para poder solucionar el problema. De presentarse esta situación, el recurso, al comunicar la terminación del servicio, podrá seleccionar “reparado” o “no reparado” seleccionando alguno de los motivos que el sistema ya presenta codificados. A continuación se especifica el comportamiento del sistema en ambos casos:

- Servicio reparado: en el caso que el recurso envíe a través de su dispositivo el mensaje que ha sido reparado, el sistema central cambia automáticamente su estado pasando a tener el estado libre para poder ser de nuevo asignado a otro servicio.
- Servicio no reparado: si no se ha reparado el servicio, se genera una incidencia y el sistema pone en marcha un proceso de servicio no reparado que se especifica a continuación. Para ello el recurso comunica a la central, a través del mensaje servicio no reparado y selecciona un motivo de un listado unificado (avería no identificada, falta de equipamiento, etc.), configurable por filial. El sistema genera una alerta (ver figura 3.41) que el coordinador deberá confirmar que ha sido leída:

Nivel de gravedad	Hora de detección	Tipo	Expediente	Recurso
Muy grave	16/06/06 11:23:23	NO REPARA	506000303009	223772-011

Figura 3.41 Alerta “Servicio no reparado”: NO REPARA

En este tipo de alerta el sistema ofrece la siguiente información: detalle del recurso, histórico del conductor, detalle del servicio, motivo por el que no ha sido reparado, etc.

Las acciones que el sistema pone a disposición del coordinador dependerán de si el servicio debe mantenerse/pagarse o no. Si el destino está cubierto, el coordinador debe preguntar al recurso si puede realizar el nuevo servicio de grúa. En el caso en el que el conductor no pueda realizar el nuevo servicio, le puede asignar el servicio a otro recurso o a otro proveedor. En el caso que sí pueda realizar el nuevo servicio, el coordinador selecciona en la alerta que continúe con la prestación del servicio a través de la acción “continuar con la prestación”.

- **Servicio de remolque.** Se establece un punto de control de carga del vehículo. Se parametrizará en el sistema, por filial y en función del servicio (grúa, grúa de gran

tonelaje, grúa para motos, etc.), un tiempo medio de carga. Cuando el tiempo transcurrido sea igual a este tiempo medio, el sistema actualizará el estado del servicio a “vehículo cargado”.

Si una vez el recurso ha realizado la carga del vehículo e iniciado el transporte, no puede terminar el servicio por diversas razones (avería, falta de combustible, enfermedad, etc.), la operativa del proceso debe seguir los siguientes pasos para la resolución de la incidencia:

1. El recurso debe llamar a la central comunicando la incidencia.
2. El coordinador registra la incidencia en el sistema.
3. El coordinador actualiza el estado del recurso a “fuera de servicio”.
4. Lo habitual es que el propio recurso se haya puesto en contacto con su proveedor y hayan solucionado la incidencia enviando a otra de sus grúas. En este caso el coordinador registrará la información correspondiente. En el caso de no haberlo solucionado, el coordinador debe realizar una nueva asignación del servicio.

Seguidos estos pasos, el recurso comunicará a la central de su llegada al lugar de destino. Es entonces cuando automáticamente el sistema actualizará los estados del recurso y del servicio, quedando el recurso disponible para volverle asignar un nuevo servicio.

- **Finalización del servicio.** Cuando el recurso ha finalizado con el servicio asignado, envía a la central un mensaje de “servicio terminado”. Es entonces cuando el sistema central actualiza el estado del servicio a “finalizado”. Al mismo tiempo, el recurso puede enviar, además del mensaje, otro tipo de información como un informe sobre el servicio y fotografías.

Una vez el servicio pasa a este estado, el sistema almacena el movimiento económico. Dependiendo de las necesidades de cada proveedor el sistema envía con una determinada periodicidad un resumen de los servicios realizados por sus recursos indicando el movimiento económico de cada uno de ellos.

3.4. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

3.4.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA DEL NEGOCIO:

ARQUITECTURA FÍSICA DEL SISTEMA

En la Figura 3.42 se especifican los sistemas que hasta ahora se han identificado que serían necesarios, en la Figura 3.43 se entra a otro nivel de detalle de componentes *hardware* que van a intervenir en el sistema de gestión de recursos móviles, y en la siguiente figura se representa a través de UML (figura 3.44):

- **Balanceador:** Permite evitar problemas del tipo de cómo gestionar las solicitudes de un gran número de usuarios. Este servicio se puede prestar tanto con un encaminador o enrutador (dispositivo *hardware* para interconexión de red de ordenadores que opera en la capa tres de nivel de red). Este dispositivo permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos), como con un ordenador con dos placas de red y software específico. El balanceador será capaz de saber cuál de los nodos está más libre para lanzarle una petición.
- **Servidor SMS (*Short Message Service*):** SMS es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos (también conocidos como mensajes de texto) entre teléfonos móviles. SMS fue diseñado originariamente como parte del estándar de telefonía móvil digital GSM, pero en la actualidad está disponible en una amplia variedad de redes, incluyendo las redes 3G. Este servicio será utilizado por el sistema cuando los dispositivos móviles embarcados no tengan cobertura GPRS, de forma que los operarios puedan seguir recibiendo órdenes de trabajo por parte de la central a través de SMS. Entre otros datos, recibirán las coordenadas tipo WGS84 (*World Geodetic System*) correspondientes a la posición de donde tenga que prestar un servicio que le haya sido asignado. Este sistema de coordenadas es la base para sistemas de posicionamiento globales como el GPS.
- **Servidores 1 y 2:** Serán los encargados de proveer los servicios prestados por el sistema de gestión de recursos tanto a la central como a los operarios. Estos

servidores recibirán las posiciones de los dispositivos móviles embarcados y serán los encargados de mantener los canales de comunicación entre éstos y la central.

- **Base de datos:** En esta base de datos se almacenarán datos cartográficos de la población o poblaciones donde se está prestando el servicio, así como los datos asociados al seguimiento del servicio y de los recursos asociados (cálculos de distancias que se realizan para generar la ruta más óptima en tiempo de llegada, retrasos producidos en el servicio, incidencias encontradas, acciones realizadas, etc.).
- **Sistema Externo:** Se trata del sistema CRM de la compañía/entidad, junto a la base de datos que almacena los datos asociados a los clientes.

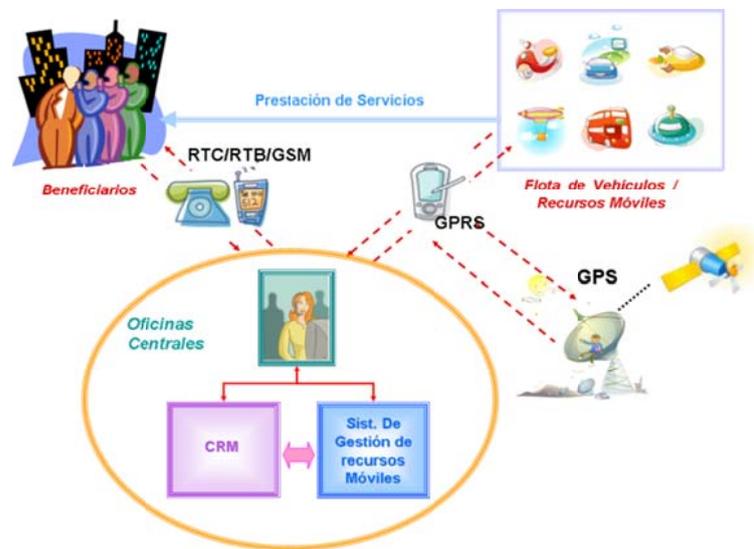


Figura 3.42 Sistemas identificados hasta el momento

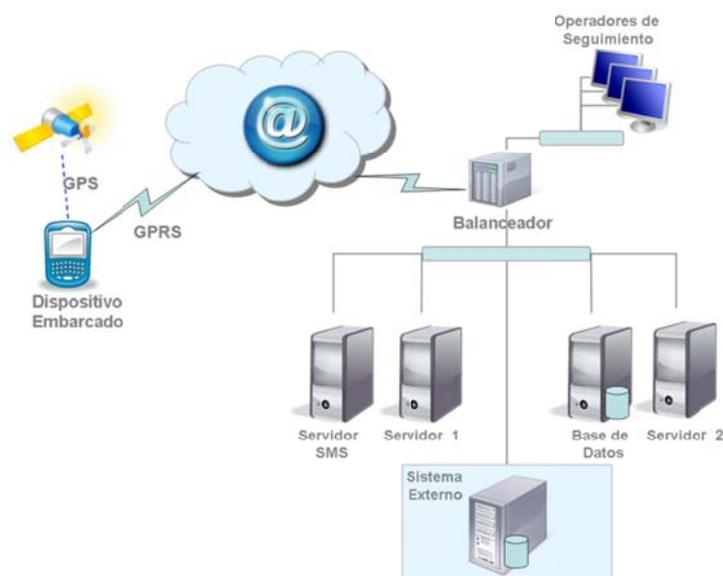


Figura 3.43 Sistemas *hardware* involucrados en el sistema

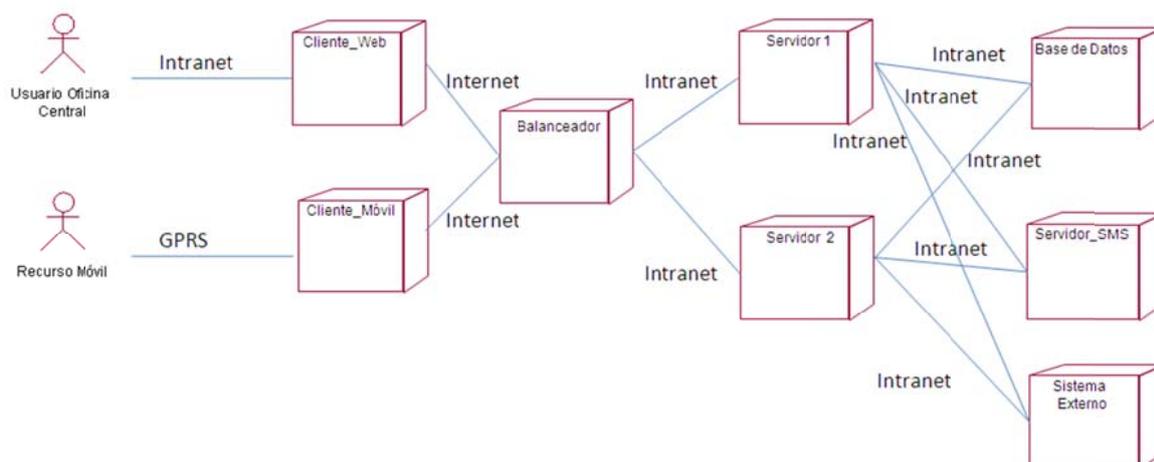


Figura 3.44 Diagrama de despliegue en UML del sistema

La integración entre el sistema de gestión de recursos móviles y el sistema externo se realizará según SOA (Service Oriented Architecture – Arquitectura orientada a servicios), a través de servicios web (Web Services).

Servidor de gestión de flotas

El servidor del sistema está implementado en Java Stand Alone.

Todas las interfaces con los clientes (de seguimiento, del dispositivo embarcado) y con los sistemas externos con los que se integra, se realizan con servicios webs.

La solución está actualmente instalada en un servidor sobre Suse Linux, pero al ser multiplataforma se podría instalar en cualquier otro sistema operativo.

Para la cartografía se utiliza el producto cartográfico NAVSTREETS [15] junto con las bases de datos de cada uno de los países donde se ha instalado el sistema. Este producto proporciona la mayoría de atributos necesarios para la navegación (sentido de las calles, conectividad entre calles, etc.). El sistema traduce la cartografía a *Simple Features* (estándar de codificación de gráficos). Los mapas se dibujan a través de las coordenadas que ofrece esta base de datos utilizando librerías opensource de Java (GeoTools, [16]), que proporcionan compatibilidad en la manipulación de datos geoespaciales. La cartografía que ofrece el sistema es navegable, esto significa que cuando se van pintando en los mapas la ruta recomendada por el sistema, se da información sobre el sentido de la calle, si se puede girar o no, etc., que al conductor le vaya indicando los pasos a seguir para llegar desde el origen hasta el destino marcados. Para el cálculo de rutas se ha implementado un algoritmo basado en una modificación del algoritmo de Dijkstra [17].

Cliente de seguimiento

Para el cliente de seguimiento del sistema se ha desarrollado una aplicación implementada con Java que corre en el cliente. Lo que hace esta aplicación es conectarse con los servicios desarrollados en el servidor a través de *Webs Services* basados en el protocolo *Web Service Definition Language* (WSDL). Para implementar las llamadas que estos servicios realizan al servidor se ha utilizado *Extensible Markup Language* (XML) sobre el protocolo de hipertexto *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP).

El sistema operativo que actualmente está utilizando la compañía aseguradora para el uso de este cliente de seguimiento es Windows XP, aunque al ser multiplataforma se podría instalar sobre cualquier otro sistema operativo tipo Unix.

Dispositivo embarcado

El modelo de PDA usado para este sistema por la compañía aseguradora es HP 5115 [18] con sistema operativo Windows Mobile 2005.

Este cliente ha sido implementando en .NET utilizando el lenguaje C#. El motivo de utilizar este lenguaje y no Java es porque C# ofrece más facilidad de acceso a bajo nivel para la manipulación del GPS integrado en el terminal. Esta manipulación ha sido necesaria porque al utilizar el GPS el protocolo de comunicación *National Marine Electronics Association* (NMEA) envía muchas tramas que el sistema diseñado no las necesita, por tanto para agilizar la comunicación entre el servidor y el dispositivo se han filtrado de forma que sólo se envíen las tramas estrictamente necesarias para conseguir el alcance definido, que son las relativas a la posición.

El cliente del dispositivo embarcado se puede instalar en cualquier otro terminal distinto al HP 5115 que cuente con Windows Mobile 2005 y GPS integrado. Sólo habría que adaptar la interfaz gráfica al tamaño de la pantalla del terminal en el caso de ser distinto. La realización de esta adaptación resulta sencilla y la inversión de tiempo es mínima, puesto que se cuenta con unas plantillas donde se tendrían que modificar los parámetros de tamaño de botones, fuentes de letra, cuadros de texto, etc. En pruebas realizadas para la adaptación a otro tamaño de pantalla, se ha calculado el tanto por ciento mayor o menor de la pantalla con respecto a la que ofrece la HP5115, si es un 10% menor se cambian todos los valores de los parámetros de las plantillas un 10% menos.

3.4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL DISPOSITIVO EMBARCADO

En este apartado se presenta una maqueta de algunas de las pantallas que conforman la interfaz de usuario para el dispositivo móvil embarcado que utiliza el conductor del vehículo (recurso) para la prestación de un servicio y que permiten realizar algunas de las operaciones que se han ido describiendo en este documento.

Al encender el dispositivo, la pantalla inicial solicitará la matrícula del vehículo, usuario y clave de usuario como se puede ver en la figura 3.45:



Figura 3.45 Pantalla inicial.

Una vez introducidos los datos, el usuario deberá pulsar el botón “Activación” donde los datos serán enviados a la central y se realizará la comprobación que los datos son correctos y existen en la base de datos. Si la central comprueba que los datos son correctos, el dispositivo móvil mostrará al usuario la pantalla que aparece en la figura 3.46:



Figura 3.46 Pantalla de entrada al sistema.

Por defecto el dispositivo móvil queda en espera de que le asignen un servicio, aunque como se puede ver en la figura 3.46 ofrece al conductor desconectarse del sistema o indicar que está fuera de servicio por algunos de los motivos que se describieron en el punto 3.3.1 Descripción. En la figura 3.47 aparecen las pantallas al realizar la acción de desconectar y la que aparece al pulsar el botón de fuera de servicio.



Figura 3.47 Pantalla de desconexión (izquierda) y pantalla de paso a fuera de servicio (derecha).

En el caso que la acción seleccionada sea la de estar fuera de servicio, el usuario debe seleccionar uno de los motivos que aparecen en una lista predefinida en el sistema.

En el caso que el usuario no haya realizado ninguna de estas acciones y que desde la central se le asigne un servicio al recurso, la pantalla que presenta el dispositivo es la que aparece en la figura 3.48 acompañada de una alarma sonora:



Figura 3.48 Pantalla de asignación de un servicio.

Cuando se recibe la asignación del servicio desde la central, el dispositivo recibirá en la pantalla de asignación de servicio toda la información que le va a ser necesaria para la prestación del servicio en un mensaje, aunque habrá información en el mensaje que estará oculta para el usuario y que sólo se utiliza para operativa interna del sistema. El recurso podrá rechazar o aceptar el servicio, en la figura 3.49 se pueden ver las pantallas que el sistema muestra en estos dos casos:



Figura 3.49 Pantalla de rechazo (izquierda) y de aceptación (derecha) de un servicio.

En el caso que el recurso rechace el servicio tiene que seleccionar el motivo del rechazo de la lista que presenta el sistema.

En el caso que el recurso haya aceptado el servicio se va a especificar el caso en que la central detecte un retraso. Es entonces cuando la central envía un mensaje de detección de retraso junto a una alarma sonora que el recurso deberá confirmar o no (ver figura 3.50).



Figura 3.50 Pantalla de detección de retraso.

En el caso que el recurso no confirme el retraso seguirá el proceso de prestación de servicio, quedando pendiente confirmar cuando llegue al lugar del incidente. En caso de que confirme el retraso, el sistema mostrará una pantalla donde el recurso deberá seleccionar de una lista el motivo del retraso (ver figura 3.51).



Figura 3.51 No confirmación (izquierda) y confirmación (derecha) del retraso de un servicio.

En el caso que el recurso confirme el retraso, enviará un mensaje a la central quedando registrado el motivo del retraso asociado al recurso y al servicio.

En ambos casos el sistema queda pendiente de que el recurso indique cuándo ha llegado al lugar del incidente (llegada origen). Una vez haya confirmado que ha llegado a origen, el recurso tendrá que realizar una serie de verificaciones sobre el vehículo del asegurado (matrícula, kilómetros, etc.), como se muestran en la figura 3.52:

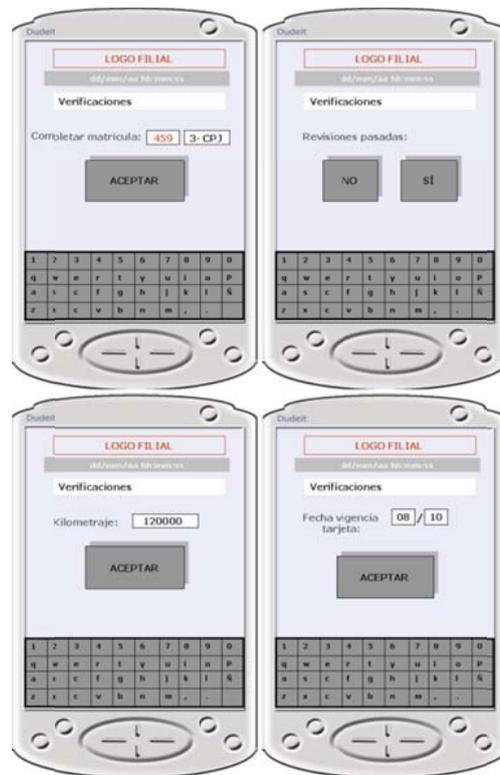


Figura 3.52 Verificaciones: matrícula, revisiones pasadas, kilometraje y fecha de vigencia de la póliza, respectivamente.

Una vez el sistema confirma las verificaciones y el recurso haya confirmado que ha llegado al lugar del incidente, la central tendrá que autorizar el servicio (ver figura 3.53):



Figura 3.53 Pantalla de espera de autorización (izquierda) y de confirmación de servicio autorizado (derecha).

Una vez el sistema confirma la autorización del servicio, el sistema tendrá distinto comportamiento dependiendo del tipo de servicio que el recurso tenga que prestar:

- Reparar avería in situ: el sistema queda a la espera de que el recurso confirme si la reparación ha sido reparada o no (ver figura 3.54):



Figura 3.54 Pantalla desde donde el recurso informa a la central si ha reparado o no el vehículo.

En el caso que no haya sido reparado, deberá indicar el motivo y una vez se haya informado a la central, el sistema obligará a que se ponga en contacto con la central. La central decidirá, según las características del recurso, si remolca el vehículo averiado a un taller (el comportamiento de realizar un servicio de remolque se especifica en el siguiente punto) o, si no puede realizarlo el sistema, pondrá el recurso disponible para ser asignado a otro servicio (ver figura 3.55):



Figura 3.55 Pantallas desde donde se selecciona el motivo de no haber sido reparado el vehículo (izquierda) y de aviso para que contacte el recurso con la central (derecha).

En el caso que se repare la avería se deberá confirmar si el diagnóstico que la central tiene registrado es el correcto o no. En el caso que no sea el correcto se indicará al recurso que se ponga en contacto con la central como aparece en la

pantalla de la derecha de la figura 3.55. En caso que se confirme, el recurso volverá a estar libre para ser asignado a otro recurso (ver la figura 3.56).



Figura 3.56 Pantallas desde donde se confirma el diagnóstico inicial (izquierda) y en espera de que se le asigne un nuevo servicio al recurso que ha quedado libre (derecha).

- Servicio de remolque: Una vez el recurso haya confirmado que ha llegado al lugar del incidente podrá consultar en el sistema, desde su dispositivo móvil, los talleres que estén más próximos, o la dirección donde quiere el asegurado que se le remolque el vehículo, para que así le muestre el sistema la ruta más óptima a seguir. Todos estos datos quedarán registrados en el sistema central (ver figura 3.57).

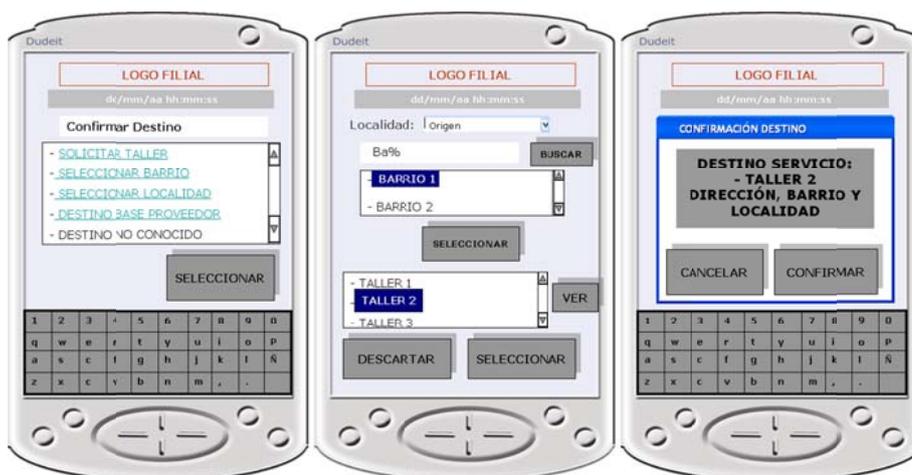


Figura 3.57 Pantallas desde donde se selecciona el destino del que el recurso necesita conocer la ruta (izquierda) y pantallas en el caso que se solicite direcciones de talleres (centro y derecha).

En todos los casos especificados en el que el recurso haya finalizado su servicio el sistema le indicará la confirmación de que está libre cuando aparezcan secuencialmente las pantallas de la figura 3.58.



Figura 3.58 Pantalla desde donde el recurso informa que ha finalizado el servicio (izquierda) y pantalla donde el recurso vuelve a estar libre y puede volver a ser asignado a un nuevo servicio (derecha).

3.4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA BBDD

El servidor del sistema está implementado en Java Stand Alone y cuenta con una base de datos relacional Oracle 8i.

Para la cartografía se almacenará, los datos correspondientes a cada uno de los países que se ha instalado el sistema, en una base de datos espacial que es Oracle Spatial (<http://www.oracle.com/technology/products/spatial/index.html>) que es con la que cuenta la compañía aseguradora.

CAPÍTULO 4: Conclusiones y líneas futuras

En el presente capítulo se plasman las conclusiones de este proyecto fin de carrera, así como se especifican algunas propuestas de líneas futuras para el sistema especificado en este documento.

4.1. CONCLUSIONES

Como se ha explicado desde el capítulo de introducción de esta memoria, la gestión de recursos móviles es una de las áreas más prometedoras en el campo de la computación móvil. Los servicios de información y comunicación basados en la localización y gestión de recursos móviles se están convirtiendo en modelos de negocio que ayudan a rentabilizar y optimizar la gestión de servicios del tipo seguros, cuerpos de seguridad, sanidad, industria, etc.

Este tipo de sistemas permiten desarrollar innumerables aplicaciones gracias al posicionamiento de objetos o personas en tiempo real y a la integración con los distintos sistemas de gestión propias de cada área de negocio. Algunos de los principales servicios están relacionados con la gestión, seguimiento y control de localización de objetos móviles, como por ejemplo:

- Gestión de flotas: ambulancias, grúas, coches de cuerpos de seguridad y emergencia (bomberos, policía,...)
- Priorización y gestión de alertas
- Servicios de atención humanos (gas, agua)
- Servicios de reparto, donde se provee cualquier tipo de producto o material, ya sea material sanitario, material de construcción, productos alimenticios, etc.
- Gestión dinámica de rutas
- Asignación de servicios (órdenes de trabajo) basadas en proximidad

- Localización y búsqueda de personas perdidas (por ejemplo, un niño perdido en un parque de atracciones, zoológico, etc.)
- Localización y búsqueda de víctimas de violencia de género

Con este tipo de sistemas se consigue optimizar la calidad y eficiencia del servicio, así como un ahorro de costes bastante considerable.

Para hacer posible la creación de este tipo de sistemas, por un lado se ha tenido que contar con la combinación de tecnologías de localización y comunicación móvil, base del funcionamiento del mismo, y por otro con los actores intervinientes en el caso concreto del sistema de gestión de flotas de una aseguradora, tanto componentes *hardware* como *software*.

Para seleccionar qué tecnología de comunicación y de localización geográfica era la más adecuada para el sistema objeto de este proyecto, se ha realizado un análisis previo sobre los distintos sistemas que nos permiten una comunicación móvil así como de los sistemas de localización geográfica que se basan en dichas comunicaciones.

Se ha llegado a la conclusión que para el diseño del sistema objeto de este proyecto, la tecnología de localización más convencional aplicable a áreas extensas, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), basada en sistemas de comunicación celulares GPRS, es el que mejor se adapta a las necesidades de los requerimientos del sistema, contando con factores externos a los criterios de qué tecnología sea la más avanzada. Entre estos factores se incluyen que este sistema se ha implantado en distintos países de distintos continentes (Méjico, Grecia, etc.) y por tanto había que tener en cuenta las posibilidades tecnológicas comunes a todos estos.

Otro de los motivos de escoger el sistema GPS es haber tenido en cuenta que los terminales que lo soportan han bajado de precio significativamente en los últimos años, por lo que su uso se ha desarrollado de forma rápida, y a día de hoy se integra en teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos para apoyar la oferta de servicios de localización. Por otro lado no sólo nos dan el posicionamiento del recurso móvil sino que además ayudan a la navegación georreferenciada calculando la posición cada medio segundo con una precisión más que suficiente para la navegación. Como ventajas podemos remarcar su sencillez y precisión, que sumadas al relativo bajo costo de sus receptores, han

provocado su expansión comercial de ventas y que su empleo se haya generalizado tanto por usuarios civiles como por usuarios militares.

En esta memoria se han definido los módulos que han sido necesarios para el sistema de gestión de flotas para una compañía aseguradora para dar servicio a sus clientes en atención en carretera con las siguientes características:

- Seguimiento georrefenciado de grúas y servicios.
- Localización y selección de los recursos óptimos para prestar los servicios.
- Asignación automática de servicios a las grúas.
- Gestión de incidencias (alertas).
- Detección automática de retrasos.
- Envío de SMS al asegurado con tiempo estimado de llegada.

Para ello, se ha diseñado una arquitectura que consta de los siguientes módulos:

- **Servidor de gestión de flotas:** es el núcleo donde se gestionan todas las funcionalidades de seguimiento, gestión de la cartografía, georeferenciación y geocodificación, proceso de los datos procedentes de los dispositivos embarcados e implementación de las funciones solicitadas por el sistema CRM, así como una importante gestión de alertas que se registran en el sistema por cada una de las incidencias que se producen en los distintos servicios que la compañía presta a sus asegurados.

En resumen, los servicios que ofrece este servidor principalmente son:

- Selección de recursos para ser asignados a servicios que los asegurados hayan solicitado a causa de algún incidente/siniestro del vehículo asegurado. Para ello ofrece la localización del incidente y recursos próximos al mismo. A partir de esta información, se gestiona la asignación del recurso que cumpla los requisitos necesarios para atender dicho incidente/siniestro y que se encuentre más próximo.
- Seguimiento de cada uno de los recursos durante la prestación del servicio que se les haya asignado. Desde el momento que el recurso acepta el

servicio hasta que el recurso verifica a la central que ha finalizado el servicio se detectan retrasos y distintos tipos de incidencias que pueden ocurrir durante el mismo.

- **Ciente de seguimiento:** es el subsistema que proporciona la interfaz de usuario a los operadores del sistema de seguimiento para realizar la operativa que incluye el servidor de gestión de flotas. Esta aplicación permite gestionar la recogida de información de incidentes, que para el sistema son servicios que hay que prestar y por tanto asignarles los recursos adecuados que permitan resolver el incidente. A través de esta interfaz el usuario puede realizar el seguimiento, a través de información que provee el sistema, de cada recurso que haya sido aceptado a un servicio asignado. Esta interfaz permite gestionar las alertas que el servidor de gestión de flotas genera cuando suceden distintos tipos de incidencias, previamente definidas en el sistema, así como realizar la configuración de parámetros del sistema, realizar consultas, etc.
- **Dispositivo embarcado:** por una parte recibe los datos GPS del satélite, los preprocesa y envía posiciones al servidor y, por otra parte, implementa la interfaz de usuario del recurso, que consiste en los distintos diálogos (según el servicio) entre el operario de grúa y el sistema de gestión de flota (en muchos casos el sistema de gestión de flota actúa como intermediario entre el Sistema de Negocio y el recurso).

Esta aplicación se instala en el dispositivo embarcado (móvil) y es la utilizada por los conductores de los recursos (grúas, coches de atención técnica, etc.) para comunicarse con la central en la asignación y prestación de los servicios que se les asigne y hayan sido aceptados. Mediante esta aplicación es como los recursos reciben la asignación de servicios, pudiendo estos aceptar o rechazar el servicio. Una vez hayan aceptado el servicio, la aplicación permite que la central esté en todo momento informada de los distintos pasos, sucesos, incidentes, etc., que puedan suceder durante la prestación de un servicio desde que es aceptado hasta que es finalizado o cancelado.

Para la implantación de este tipo de soluciones hay que tener en cuenta que implica importantes cambios en los procesos de una organización.

Este sistema ha sido implantado en centrales de distintos países donde presta servicio una compañía aseguradora. Entre otros se ha implantado en:

- México: México DF, Guadalajara, Monterrey
- Brasil: Sao Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro
- Colombia: Bogotá, Medellín, Cali
- Venezuela: Caracas
- Grecia: Atenas

Los principales beneficios que le ha reportado a la compañía aseguradora al implantar este sistema para la gestión de sus recursos móviles son los siguientes:

- Reducción de costes de servicio, de personal y de comunicaciones
- Reducción del tiempo de llegada
- Mejora de calidad del servicio

Los usuarios que se den de alta en este tipo de servicios podrán solicitar la posición de otro móvil, también dado de alta a través de un simple mensaje SMS, y recibirán la información de localización en otro mensaje de texto que indicará la provincia, el municipio, la zona o barrio y punto de referencia.

Los proveedores de servicios móviles especializados en el servicio de gestión de flotas, como el sistema objeto de este proyecto, permiten a las empresas que se les proporcione información en tiempo real de sus flotas o del personal y darles así la posibilidad de reaccionar inmediatamente ante imprevistos y organizar mejor el trabajo de sus equipos desplazados. El aumento de la productividad para las empresas deriva de una utilización más racional de las flotas gracias a la monitorización y control de itinerarios, paradas y tiempos; así como la reducción de costes operativos en combustible y telefonía.

Desde un cliente de seguimiento, por ejemplo un navegador de Internet, se puede controlar la posición de los móviles de manera individual o por grupos. Asimismo, se puede ofrecer la facilidad de tener disponibles informes estadísticos sobre las últimas localizaciones y movimientos de los móviles con los que se produce la conexión. Este tipo de tecnología permite realizar seguimientos de teléfonos móviles e imponer alertas zonales

para que si una unidad sale de una determinada área, se le envíe un SMS al móvil asignado para informarle de cualquier evento.

Este tipo de servicios también tienen aplicaciones interesantes para la ciudadanía, como la posibilidad de ser localizado tras un accidente de tráfico, para seguridad de mujeres maltratadas, etc. Los usuarios tienen que otorgar su consentimiento para el manejo de los datos de localización, lo cual asegura el uso no fraudulento del servicio.

4.2. LÍNEAS FUTURAS

El sistema diseñado en este proyecto está abierto a posibles ampliaciones en el futuro con el objetivo de conseguir un sistema más completo.

A continuación se sugieren algunas de las posibles ampliaciones que mejorarían la funcionalidad y operativa del sistema:

- Incluir en la base de datos cartográfica información de logística. Como por ejemplo la situación del tráfico en una zona dependiendo si el día es laborable o festivo, de la franja horaria, de las estaciones del año, etc. Esta información se podría obtener a través de estudios estadísticos de las zonas.
- Obtener información *on-line* sobre la ruta calculada. Por ejemplo, cuando el sistema calcule la ruta más óptima a seguir, se pueda obtener información *on-line* sobre el tráfico, si han sucedido accidentes, etc. De esta forma se podrá optar por otra ruta que aunque no haya sido calculada como más óptima pero sí lo sea por no tener incidentes en ese momento. Esta información se podría obtener por ejemplo de la Dirección General de Tráfico.
- Inventariar material de servicio y tenerlo localizado. Crear un inventario de todas las herramientas/material que los recursos llevan consigo para la atención de los servicios (gato, llave inglesa, aceite, tornillos, ruedas, guantes, etc.). Al mismo tiempo se podría proveer a estas herramientas de dispositivos RFID para tenerlos localizados en todo momento.
- Integrar impresión al dispositivo embarcado. Si los recursos disponen de impresoras inalámbricas y de pequeño tamaño integradas en el sistema, se podría imprimir en el momento de la finalización del servicio los partes que actualmente se cumplimentan en papel y por escritura manual, siendo una copia para el

asegurado y otra para el recurso que tiene que reportarlo a la central. Como extensión de esta mejora se podría integrar un sistema de firma en la PDA para la conformidad del asegurado, de esta forma se aportaría una iniciativa para el cuidado del medioambiente, puesto que la copia para la central no tendría que ser impresa en papel ya que se enviaría electrónicamente.

- Actualmente se está analizando y comenzando a utilizar localización mediante las antenas de las redes de telefonía móvil 2G o 3G que permite disfrutar de servicios de posicionamiento personal y localización de destinos empleando el propio terminal móvil, sin necesidad de instalar módulos GPS. La única condición para que funcione es que el dispositivo móvil esté encendido y tenga cobertura.
- Las ventajas que tiene el utilizar la localización a través de GSM respecto a GPS son: ahorro en la inversión *hardware*, ya que cualquier móvil, por antiguo que sea, es válido, y que funciona en interiores. La precisión de la localización se basa en la identificación, por parte del sistema, de la celda que da cobertura al terminal que, junto con otros datos como la distribución de las antenas, permite estimar la zona donde se encuentra el móvil. En zonas urbanas se consigue una mayor precisión dada la mayor densidad de las antenas, el error es sólo del orden de 100 metros, mientras que en las zonas rurales éste pueda alcanzar entre 5 y 20 kilómetros. La pérdida de precisión respecto a la localización basada en GPS no es un problema cuando simplemente es necesario situar el transporte en una zona determinada.

Bibliografía

- Paul Correira , “Guía práctica del GPS”, Barcelona: Marcombo, D.L.2002
- Servicio SMS (SMPP V5.0 Specification), SMS Forum, <http://www.csoft.co.uk/documents/smppv50.pdf>
- Protocolo NMEA, http://www.marimsys.com/paginas/nmea_codigo.htm
- Especificaciones de producto cartográfico NAVTEQ, www.navteq.com
- Definición del producto Oracle Spatial (<http://www.oracle.com/technology/products/spatial/index.html>)
- Información sobre servicios para la localización de recursos móviles <http://www.upm.es/consejosocial/tssi.pdf>
- Web de comisión del mercado de las telecomunicaciones (www.cmt.es)
- Comparativa de tecnologías inalámbricas: Ultra-Wideband: Multimedia Unplugged, Vol. 40. Stroh, 2003.

Referencias

- [1] “Newnes guide to radio and communications technology”, Poole, Ian.
- [2] Estándar definido por el instituto europeo de estándares de comunicaciones (ETSI).
- [3] “Cellular communications explained”, Oxford, England: Newnes, c2006.
- [4] “GSM and UMTS: the creation of global mobile communications / edited by Friedhelm Hillebrand”, Chichester: John Wiley & Sons, 2002.
- [5] Peter McGuiggan , “GPRS in practice”, Chichester : Wiley, c2004
- [6] “Tecnologías de localización”, Universidad Carlos III, 2003
- [7] “Aplicaciones de tecnologías de comunicaciones y redes inalámbricas”, Diego Flores Vargas, 2008
- [8] “OFDM for wireless communications systems”, Ramjee Prasad, Boston: Artech House, c2004
- [9] “Sistemas de localización en redes móviles”: Aranda, E.; De la Paz, A.; Berberana, I.; González, H. (2001).
- [10] “Tecnologías y servicios para la sociedad de información”, Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- [11] Sistema de localización Bluetooth: González-Castaño 2002, 2003.
- [12] Técnica *Wi-Fi mapping*: <http://www.ekahau.com>
- [13] GPS, compás, sónar, RFID, control de motores e Internet: tecnologías avanzadas / Ignacio Angulo Martínez, Mikel Etxebarria Isuskiza, José M^a Angulo Usategui, [Madrid]: Creaciones Copyright, D. L. 2009.
- [14] Lenguaje UML: Visual modeling with rational rose and UML / Terry Quatrani, 1998
- [15] Producto cartográfico NAVSTREETS: http://developer.navteq.com/site/global/dev_resources/170_navteqproducts/navdataformana/navstreets/p_navstreets.jsp

[16] Librerías opensource de Java, Geetools: <http://geotools.codehaus.org>

[17] Algoritmo Dijkstra: <http://www.alumnos.unican.es/uc900/Algoritmo.htm>

[18] Productos HP: <http://h10025.www1.hp.com/ewfrf/wc/prodinfoCategory?lc=es&dlc=es&cc=mx&product=60439>