



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**MAPAMÓVIL:  
UN AMBIENTE COLABORATIVO MÓVIL PARA BOMBEROS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL EN COMPUTACIÓN**

**ÁLVARO JOSÉ MONARES GUAJARDO**

**PROFESOR GUÍA:  
SERGIO OCHOA DELORENZI**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
ALEJANDRO HEVIA ANGULO  
BENJAMÍN BARROS ARANCIBIA**

**SANTIAGO DE CHILE  
ENERO 2009**

## Resumen

Desde que se tiene memoria el hombre ha sufrido desastres, los cuales han sido tanto de carácter natural como accidental ó intencional. Estos desastres ponen a prueba la capacidad de reacción del hombre. Hoy en día existen organismos como Bomberos, Ejército, Cruz roja y Policía entre otros, quienes permiten enfrentarlos de mejor manera. En Chile la respuesta ante emergencias es por lo general asumida por Bomberos. Actualmente esta institución es una organización que debido al curso de su historia, ha pasado de dedicarse a acudir a incendios, a cubrir los más variados tipos de emergencias. Esta situación ha obligado a que en la actualidad posean un alto grado de capacitación, llegando a transformarse en profesionales de la emergencia.

Esta Memoria tiene como fin ser un puente entre el ámbito académico y los organismos de emergencias; en particular Bomberos. Para ello, se prosiguió el trabajo realizado por el Sr. Manuel Villarroel en su memoria “*Navegación y actualización de información de cartografía, utilizando dispositivos handheld*”. Este trabajo se centra en las necesidades de los Bomberos, quienes son los usuarios de la nueva versión de la aplicación llamada MapaMóvil. Esta versión tiene como objetivo proveer de un espacio colaborativo móvil, que permita apoyar la labor diaria de este organismo. Además, este trabajo pretende reducir las comunicaciones radiales durante las emergencias, supliéndolas mediante información multimedial. Se espera que esto permita liberar los actuales canales de comunicación, y a la vez sostener a los agentes tomadores de decisiones con información actualizada.

Una de las nuevas características es la incorporación de GPS, con ello se puede entregar información de acuerdo a la ubicación del usuario. Este espacio colaborativo móvil también permite obtener información en tiempo real desde la Central de Alarmas, por ejemplo carros disponibles, ubicación de las emergencias y carros despachados a cada emergencia. Por último, y no menos importante, se ha mejorado la usabilidad de la aplicación, logrando la realización de distintas tareas por parte del usuario de manera más simple.

Esta herramienta ha sido probada en forma preliminar en la Segunda Compañía del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa, y los resultados obtenidos son muy alentadores. En su próxima versión, esta herramienta incorporará funcionalidad para manejo de voz sobre redes IP, y capacidades mejoradas para apoyar la colaboración móvil entre los bomberos. Por ejemplo, compartir información sobre el trabajo de distintos grupos durante una emergencia.

## **Agradecimientos**

A mis padres, Haydée y Álvaro, quienes me han guiado y apoyado incondicionalmente en la vida. Sin ellos no sería la persona que soy.

A mis hermanos, Paula, Diego y Florencia, quienes son parte de mi felicidad y me han hecho gratos estos años.

A María José Vergara, quien me ha acompañado durante tanto tiempo y me ha ayudado a sobreponerme. Así como también hacer más plena mi felicidad.

También debo agradecer al Profesor Sergio Ochoa, quién ha confiado en mis capacidades, y me ha permitido entenderlas y aprovecharlas. Sin su guía y consejos, esta memoria no habría llegado a ser lo que es.

Al Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa, quienes han compartido su experiencia y conocimiento en el desarrollo de esta memoria. Así como también permitirme la utilización de su infraestructura para obtener resultados concretos de ésta.

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto Fondecyt (Chile), N° 11060467 y por el proyecto LACCIR No. R0308LAC004.

# Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>6</b>
1.1. Problema a resolver.....	7
1.2. Justificación de la Memoria.....	8
1.3. Objetivos .....	8
1.4. Plataforma Tecnológica.....	10
<b>2. Marco Teórico .....</b>	<b>11</b>
2.1. Eventos extremos.....	11
2.2. Escenario de un desastre .....	12
2.3. Escenario de Coordinación.....	17
2.4. Central de Alarmas .....	18
<b>3. MapaMóvil .....</b>	<b>21</b>
3.1. Estudio de Herramientas y MapaMóvil .....	23
3.2. Integración GPS.....	24
3.3. Mejoras en Funcionalidad de Destino .....	25
3.4. Posición Actual .....	28
3.5. Pruebas de Stress .....	29
3.6. Servicios Web.....	30
3.6.1. Ubicación de Emergencias .....	30
3.6.2. Carros .....	32
3.6.3. Emergencias .....	33
3.6.4. Información de Emergencias.....	35
3.7. Usabilidad.....	37
3.8. Internacionalización .....	39
3.9. Mejoras punto de interés.....	40
<b>4. Pruebas y Resultados Obtenidos .....</b>	<b>42</b>
<b>5. Conclusiones y trabajo futuro.....</b>	<b>44</b>
<b>6. Bibliografía y Referencias .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO I: Código Fuente de la Solución Implementada .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ANEXO II: Esquema XML con información de emergencias .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Puesto de Mando Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa (X-1) .....	16
Figura 2: GIS (ArcGIS) utilizado en Central de Alarmas de Ñuñoa .....	18
Figura 3: Software utilizado en Central de Alarmas de Ñuñoa para el despacho .....	19
Figura 4: Central de Alarmas del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa .....	20
Figura 5: Transformación de un nivel de detalle.....	22
Figura 6: Formulario configuración del destino.....	25
Figura 7: Flechas indicando destino (azul) y sentido (rojo).....	26
Figura 8: Botón para solicitar la posición actual y punto que la indica .....	28
Figura 9: Mensaje cuando el GPS entrega información inválida.....	28
Figura 10: Mensaje informando la posición actual del usuario .....	29
Figura 11: Carro Q-2 dibujado en el mapa.....	33
Figura 12: Interfaz que muestra el estado de los carros .....	34
Figura 13: Listado de Emergencias.....	35
Figura 14: Emergencia específica .....	37
Figura 15: A la izquierda menú antiguo, a la derecha el nuevo .....	37
Figura 16: Antigua ventana informativa .....	39
Figura 17: Selección Puntos de Interés a visualizar .....	41
Figura 18: Trabajo durante Incendio del 2 de Diciembre del 2008 .....	43

# 1. Introducción

Desde que se tiene memoria el hombre ha sufrido de desastres, los cuales han sido tanto de carácter natural como accidental o intencional. Estos desastres ponen a prueba la capacidad de reacción del hombre. En la actualidad existen organismos como Bomberos, Ejército, Cruz Roja y Policía entre otros, quienes permiten enfrentarlos de mejor manera.

En Chile la respuesta ante emergencias es por lo general asumida por Bomberos. El primer Cuerpo de Bomberos en Chile fue formado en la ciudad de Valparaíso el día 30 de Junio de 1851. Desde ese día y hasta hoy, han conservado el carácter voluntario y de servicio a la comunidad.

Inicialmente Bomberos asistía sólo a incendios, y su trabajo se enfocaba en dos áreas: apagar incendios y salvaguardar bienes y propiedades. Luego, con la llegada de vehículos y los accidentes que se producían debido a ellos, Bomberos asistía como una forma de prevenir algún incendio en los vehículos. Posteriormente se necesitó que esta institución rescatara a la gente de los fierros retorcidos, y finalmente con el paso del tiempo se derivó en lo que acontece hoy en día, en dónde los bomberos son, en la mayoría de los casos, los primeros en acudir a un accidente vehicular; por ello debieron capacitarse para atender a los accidentados.

También el desarrollo tecnológico ha traído consigo nuevos productos, que significan una nueva veta en el combate del fuego. Estos son los llamados “*materiales peligrosos*”, dentro de estos tenemos: gases inflamables, líquidos inflamables y líquidos corrosivos, entre otros. Es por ello que desde comienzos de los '90 Bomberos se ha capacitado para enfrentar estos nuevos riesgos.

Chile, por su carácter sísmico, ha sufrido de muchos terremotos a lo largo de su historia, y nuevamente esta institución ha debido capacitarse para poder enfrentar de mejor manera estos desastres. Es así como desde el año 1998, se imparten las primeras especializaciones en esta área, que se conoce como “Rescate Urbano”. Este entrenamiento sirve para responder ante emergencias como: aluviones, derrumbes y cualquiera que signifique un difícil acceso a los accidentados.

Otro hecho importante en Bomberos ha sido el desarrollo de las comunicaciones, inicialmente los bomberos eran convocados mediante las campanas de la iglesia. Con el paso de los años se cambió por una sirena electromecánica (sonido idéntico al que anunciaba los ataques aéreos en la Segunda Guerra Mundial), conocida informalmente en el medio bomberil como la “Paila”. Posteriormente se utilizaron los teléfonos fijos mediados por operadores, para comunicaciones entre la Central de Alarmas (unidad que recibe el alerta sobre una emergencia)

y los cuarteles de bomberos, encargados de prestar asistencia. Este tipo de comunicación se utilizó en los años '60, y era muy poco confiable. Una de las historias que cuentan los bomberos de la época es que a veces los incendios que ocurrían en el centro de Ñuñoa, sólo eran atendidos por la Primera y Segunda Compañías del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa (ubicadas en Irarrázaval y Antonio Varas), a pesar de necesitar de más apoyo. Esto debido a que en ocasiones la comunicación telefónica con la Tercera Compañía (ubicada en Av. Ossa cerca de Plaza Egaña) no era posible durante el transcurso del siniestro, ya que la telefonía poseía un bajo desarrollo en la época.

### ***1.1. Problema a resolver***

Como una forma de solucionar estos problemas, se trajeron equipos radiotransmisores para poder comunicarse sin la necesidad de cables ni operadores. Los radiotransmisores permiten, además de lo señalado anteriormente, utilizarse para realizar acciones selectivas en cada cuartel de bomberos. Por ejemplo, emitir mensajes específicos, encender luces, y abrir portones, entre otras.

Aunque estos aparatos han sido (y continúan siendo) de gran utilidad, en la actualidad los desafíos han cambiado, y por lo tanto los radiotransmisores han comenzado a limitar las acciones de los bomberos. Típicamente, cada Central de Alarmas coordina las actividades de un grupo importante de compañías de bomberos. Por ejemplo, la Central de Alarmas de Ñuñoa coordina a 11 compañías, y la Central de Santiago coordina 22 compañías. Para realizar esta labor cada central cuenta con tres canales de comunicación radial; uno de los cuales está destinado a la Comandancia. Tal es así, que los bomberos sólo cuentan con 2 canales para poder coordinar sus acciones. Cada persona que logra transmitir un mensaje radial está consumiendo un canal durante el tiempo que dure su mensaje. Por lo tanto, con el actual sistema de radio, sólo dos personas pueden hablar en paralelo, lo que está muy por debajo de la necesidad actual de bomberos que le permita una comunicación expedita durante la atención de estos siniestros.

Debido a que a las emergencias acuden más compañías que antes, se genera mucho tráfico radial, ya sea tanto para entregar información a la Central de Alarmas como para requerirle información a ésta. Si a lo anterior le agregamos que en varias ocasiones existen emergencias simultáneas y se cuenta con canales de comunicación limitados, se crea una aglomeración de mensajes, por lo que muchos de ellos se superponen. Esto hace que los mensajes no se entiendan o simplemente un mensaje irradiado por un equipo de mayor potencia suprima al de menor potencia. Además, los mensajes carecen de prioridad, lo que interfiere negativamente en el trabajo realizado durante una emergencia.

Por otra parte, las emergencias (especialmente en áreas urbanas) han hecho que sea

necesario transmitir más que voz. Por ejemplo, hoy en día se requieren planos de edificios durante un incendio, o bien mapas de las líneas de energía o gas que pudieran ser un peligro para el proceso de evaluación de víctimas o de respuesta al siniestro. Lamentablemente esa información, aunque esté disponible, no puede ser distribuida a través del sistema radial, por esa razón este trabajo de memoria viene a constituirse en un aporte que permita una mayor capacidad de reacción frente a estas emergencias.

Este trabajo de memoria se desarrolló, en base a trabajos previos de otros colaboradores [Villarroel, 2007] [Carrasco, 2006], un espacio de trabajo colaborativo móvil capaz de permitir el intercambio de información entre la Central de Alarmas y cada unidad móvil, de manera eficiente y eficaz. La herramienta corre sobre PDAs (Personal Digital Assistant), y permite tanto el trabajo aislado como el trabajo colaborativo de las personas.

## ***1.2. Justificación de la Memoria***

En primer lugar, el pertenecer a la Segunda Compañía de Bomberos Ñuñoa, y participar de ella por ya cinco años, me ha motivado a colaborar en el desarrollo tecnológico de Bomberos. El estar dentro de esa Institución y además contar con conocimientos en el área de computación, me ha permitido identificar procesos. Los cuales, con las herramientas adquiridas durante mis estudios universitarios, pueden mejorar de manera sustancial el quehacer diario de Bomberos.

Por otra parte, oportunamente me enteré del proyecto que estaba desarrollando mi profesor guía, al interior del Departamento de Ciencias de la Computación, el cual podía ser de mucha utilidad para los Bomberos. Este proyecto permitía guiar un carro de bomberos en el trayecto hacia el sitio de la emergencia. Como conjunción de estas dos iniciativas, la mía y las de mi profesor guía, surgió este trabajo de memoria, el cual ataca un problema tangible que tienen los bomberos de Chile hoy en día.

El producto resultante ayuda a paliar los problemas de comunicación antes descritos, y ha demostrado ser útil en situaciones prácticas. Aunque al proyecto aún le queda bastante camino por recorrer, el producto actual ya está suficientemente estable y confiable como para ser utilizado en forma masiva, en escenarios reales.

## ***1.3. Objetivos***

Esta Memoria tiene como fin ser un puente entre el ámbito académico y los organismos de emergencias. Debido a ello se propuso el desarrollo de un ambiente colaborativo móvil de apoyo a la labor de los bomberos de Chile. Este ambiente colaborativo móvil pretende ayudar a superar los problemas de comunicación ya enunciados. El trabajo realizado se centró en las

necesidades de Bomberos, quienes son los usuarios de la nueva aplicación, llamada MapaMóvil.

Debido a la necesidad de probar la aplicación en forma continua con los usuarios reales (de tal forma que estos posean una herramienta adecuada a sus necesidades), y al mismo tiempo llevar a cabo el proceso de desarrollo del software, es que se puso en práctica un esquema de desarrollo iterativo. A través de esa estrategia, el software se iba desarrollando y probando casi al mismo tiempo, cosa que permitió ir agregándole valor a la aplicación en manera continua.

Como resultado del trabajo realizado se implementó la herramienta MapaMóvil, la cual tiene la capacidad de interactuar con la Central de Alarmas, pudiendo guiar a los carros de Bomberos en el camino hacia una emergencia. Para ello la Central de Alarmas, ente encargado de coordinar la asistencia de bomberos a una emergencia, posee un servicio que publica la localización de los siniestros, así como sus coordenadas. MapaMóvil lee esta información y permite al usuario seleccionar una emergencia dentro de una lista de alternativas. A partir de allí la herramienta ayuda al carro de bomberos en la búsqueda del camino hacia su dirección de destino. Además, MapaMóvil permite ubicar espacialmente dentro del mapa de la ciudad, los distintos carros con que cuenta Bomberos, y la ubicación real de estos durante una emergencia.

Para evaluar el funcionamiento de la aplicación se generaron pruebas con la Segunda Compañía de Bomberos de Ñuñoa. Las pruebas que se realizaron fueron tanto emergencias simuladas como también reales. Para esto se entregó la aplicación a los usuarios, con una breve explicación a algunos de ellos, y sin ninguna explicación a otros. De esa manera se pretendía evaluar la usabilidad de la herramienta.

Dentro de los requisitos solicitados para esta versión de la herramienta, los que se presentan a continuación son los principales:

1. Crear un servidor de direcciones y su geocodificación en la Central de Alarmas del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa.
2. Seleccionar la dirección de la emergencia, a la cual se dirige un carro de bomberos.
3. Indicar el sentido de desplazamiento del carro de bomberos.
4. Indicar el sentido de ubicación de la dirección de destino.
5. Desplegar información sobre los carros que asisten a la emergencia.
6. Ubicar los distintos carros en el mapa.

7. Cargar y visualizar los grifos de las comunas de Ñuñoa, Macul, La Reina, La Florida y Peñalolén.
8. Recuperar desde la Central de Alarmas, y visualizar la información sobre la disponibilidad de los carros de bomberos en cualquier instante de tiempo.

#### ***1.4. Plataforma Tecnológica***

En la actualidad los dispositivos móviles son bastante comunes. Se habla de Blackberry, Palm, PDAs, Notebooks de manera frecuente. Además el mayor uso y penetración de estos dispositivos, ha permitido la disminución de los precios y, por ende, hacerlos asequibles a mayor cantidad de personas. Estos dispositivos integran diversas funcionalidades, más allá de las que se esperaría en un computador. Muchos de ellos son a la vez teléfonos, cámaras embebidas y GPS, entre otros. Por ello, se hace interesante poder lograr una comunión entre tecnología, información, movilidad y conectividad; lo que provee un gran beneficio para los bomberos en una emergencia. Allí, el conocer la información del lugar de la emergencia (como su ubicación e instalaciones cercanas, labor que realizan otros bomberos, entre otras) permite tomar decisiones más oportunas, seguras y adecuadas. La gran interrogante es cómo mezclar estos distintos elementos para generar una herramienta adecuada que sea útil para Bomberos.

Hay que tener en cuenta que en el caso de los bomberos en Chile, dado su carácter voluntario, congregan distintos tipos de personas, oficios, profesiones e intereses. Es decir una heterogeneidad social bastante amplia, lo que es un desafío en sí mismo para las aplicaciones de software al tener usuarios tan diversos. Además de lo anterior, se debe considerar el carácter eminentemente colaborativo que realiza Bomberos en una emergencia, tanto interiormente, como con otros organismos de emergencia. En el caso chileno se tienen: Carabineros, Sistema de Atención Médica de Urgencia (SAMU), Oficinas de Emergencia Comunales y empresas de servicios básicos. Esto permite pensar a futuro en un gran ambiente colaborativo, en donde, por ejemplo, el personal del SAMU o Carabineros pueda acceder de manera remota a la información que se genera en alguna emergencia y, por ejemplo, evalúen la asistencia de ellos a esa emergencia. La información enviada a través de una red de datos puede transmitirse en forma paralela y priorizarla. Lo que permite que el acceso a la información sea más rápido y eficaz.

## 2. Marco Teórico

Cuando las emergencias ocurren, los organismos de respuesta deben actuar de manera rápida, eficiente y coordinada. Existen trabajos que hablan de contextualizar la información diseminada a través de comunicación digital e inalámbrica. Esta información, puede ser utilizada como base para mejorar las decisiones de equipos que responden a desastres, así como también mejorar la coordinación durante la respuesta de una emergencia [Ochoa, 2006]

Esta información contextual puede entenderse “como toda aquella que no interviene explícitamente en la solución de un problema pero lo reduce” [Brézillon, 2004]. Dentro de esta información están: unidades disponibles, ubicación de servicios básicos, geografía del área, entre otras. Durante una emergencia, también se va generando información contextual, la que es resultado de la respuesta a la catástrofe, acá se incluyen las actividades realizadas para enfrentar la emergencia. La rápida captura y distribución de aquella información juega un rol importante en la toma de decisiones que realizan los distintos equipos involucrados en una emergencia [Canós, 2005] [Turoff, 2002] [van de Walle, 2007]. Actualmente esta información contextual es poco considerada en las decisiones grupales y planes de contingencia. No obstante, “los tomadores de decisiones han aprendido e indicado que poseer información precisa y oportuna, es tan crucial como lo es la rápida y coherente coordinación entre las organizaciones que responden” [van de Walle, 2007].

### 2.1. *Eventos extremos*

Investigaciones han propuesto seis propiedades para los eventos extremos las que son importantes principalmente para la toma y apoyo de decisiones. Estas propiedades son: poco frecuentes, inciertos, alto impacto y gran envergadura, complejidad, presión del tiempo y múltiples tomadores de decisiones [Stewart, 2002].

Los eventos extremos son poco frecuentes. Su baja frecuencia de ocurrencia restringe las oportunidades para prepararse y estudiarlos. Esta baja frecuencia genera la necesidad de diversas ideas, soluciones y habilidades para enfrentarlos. Además, la baja frecuencia hace estos eventos difíciles de entender, modelar y predecir.

Los eventos extremos también son inciertos debido a que su ocurrencia es impredecible y su evolución es muy dinámica. Los desafíos que un evento extremo presenta, y sus consecuencias son el resultado que produce la interacción entre la comunidad afectada, y las organizaciones envueltas en la prevención y respuesta. Cada evento es diferente, por lo tanto cada desastre presenta nuevos desafíos para los tomadores de decisiones, por ejemplo, disponibilidad de tiempo, personal, herramientas y geografía entre otros.

Cuando los eventos extremos afectan áreas urbanas, por lo general conllevan consecuencias de alto impacto y de gran envergadura, obligando a gestionar interdependencias existentes en una amplia gama de sistemas tanto sociales, como físicos [Godschalk, 2003] [Rinaldi, 2001]. Los riesgos y la evolución del evento deben ser evaluadas de manera rápida y precisa, de forma que las decisiones sean eficientes, eficaces y oportunas. Cuando el proceso involucra varias personas y organizaciones, resulta apropiado utilizar herramientas que ayuden a la interacción entre ellos.

La complejidad de los eventos se debe principalmente a las severas consecuencias de ellos [Columbia/Wharton, 2006]. De hecho, surge como resultado de la interdependencia existente en la infraestructura del sistema urbano [Godschalk, 2003] [Rinaldi, 2001]. La complejidad de los eventos requiere la participación de expertos en variadas disciplinas (por ejemplo, ingenieros civiles, eléctricos, químicos entre otros), para apoyar en la toma de decisiones. Las actividades de estas personas deben ser coordinadas.

La presión del tiempo fuerza a realizar el planeamiento y su ejecución, de tal forma que la oportunidad de realizar análisis es baja. Por lo tanto, es vital que la información sea precisa, y oportunamente recolectada y distribuida entre las organizaciones que participan en un desastre. Además obliga a la convergencia de pensamiento para generar actividades de mitigación de manera oportuna y alineada.

Finalmente se debe considerar que dada la complejidad y diversidad de organizaciones participantes existirán múltiples tomadores de decisiones involucrados en las actividades para enfrentar una emergencia. Ellos pueden por lo tanto competir o negociar mientras responden a un desastre. Por ello, puede ser aconsejable considerar sistemas de apoyo a la decisión, que permitan la gestión de los recursos compartidos y a la vez ayuden a converger de manera más rápida a decisiones conjuntas. Estas decisiones y las acciones producidas por ellos deben ser coordinadas con el fin de llevar a cabo un esfuerzo integral por resolver el desastre.

Todas estas propiedades agregan requerimientos y desafíos a los procesos de toma de decisiones y coordinación. Sin embargo, hay varias otras cuestiones que agregan requerimientos al proceso de mitigación de desastres, por ejemplo, la usabilidad de la solución tecnológica, el compromiso entre las organizaciones o las características de la zona afectada. La disponibilidad de información y la capacidad de interacción entre los organismos de respuesta, al interior de la zona de desastre, es una gran ayuda en el proceso de toma de decisiones y coordinación.

## ***2.2. Escenario de un desastre***

Las áreas urbanas pueden verse como sistemas interconectados (empresas de servicios

básicos, sistemas de transporte, energía, comunicaciones, hogares y edificios) donde una falla puede afectar a una gran cantidad de personas. Cuando los eventos afectan áreas urbanas, la clave es controlar el efecto dominó que se produce en el sistema [Godschalk, 2003] [Rinaldi, 2001] [Stewart, 2002].

Típicamente, el proceso de respuesta a un desastre se basa en equipos distribuidos geográficamente, compuestos por personal en diversas funciones, tales como personas que actúan en la zona de desastre, jefes de equipo, coordinadores, tomadores de decisiones, especialistas y asesores entre otros. Los equipos están compuestos por varios individuos y organizaciones con distintas habilidades dependiendo del tipo de desastre al que se ven enfrentados, las características de la zona y los recursos disponibles. En la mayoría de los desastres, las primeras organizaciones en responder son: bomberos, policías, personal de salud, oficinas de gobierno y especialistas.

Comúnmente bomberos se encuentra enfocado en el combate del fuego, evacuación de personas, búsqueda y rescate de víctimas, así como en la evaluación de la zona afectada. La policía por otra parte se encarga de aislar el área, colaborar en la evacuación, y proteger la propiedad pública y privada. El personal de salud se encarga de entregar primeros auxilios, priorizar y derivar los pacientes a centros asistenciales. Las oficinas de gobierno se encargan de las decisiones macro, procurando una adecuada coordinación entre las entidades participantes, así como también proveer de recursos necesarios para enfrentar el desastre. El rol que juegan los especialistas es ayudar a los tomadores de decisiones en su labor (por ejemplo, analizar posibles consecuencias de decisiones y entregar consejos para enfrentar el desastre de manera más rápida, eficaz y eficiente). Por lo general en un desastre que afecta áreas urbanas, ingenieros civiles se encargan de realizar análisis de las estructuras, de manera que los bomberos trabajen de manera más segura en la labores de búsqueda y rescate [Aldunate, 2006] [Federal Emergency Management Agency, 2002].

Varias restricciones existen al enfrentar un desastre en un área urbana: uno de los principales problemas es iniciar la respuesta en el menor tiempo posible; diferencias culturales, etarias y disciplinarias existentes en los participantes de variadas organizaciones, que en muchos casos involucra distintos países; la información debe ser de fácil entendimiento y acceso para todas las organizaciones; y la comunicación disponible en un desastre debe ser provista de manera tal que procure: entregar información, comunicar decisiones y coordinar actividades. Por lo general la comunicación está basada en dos o tres canales de comunicación radial y la información es repartida a través de mapas entre los equipos de trabajo [Aldunate, 2006]. Considerando que en grandes desastres cientos, y en muchos casos, miles de personas se encuentran trabajando de manera paralela, claramente esta forma de comunicación es insuficiente [National Commission on Terrorist Attacks, 2004]. En el caso del terremoto en Pisco, Perú en el 2007, hubo más de 2.000 personas trabajando en la zona de desastre, provenientes algunas de países como: Colombia, Canadá, Francia, Ecuador y Chile. En aquella

ocasión los equipos eran chequeados al ingreso y a la salida de la zona de trabajo, pero carecían de comunicación directa con el puesto de comando cuando se encontraban al interior de la zona de trabajo.

Los tomadores de decisiones deben considerar que actividades como búsqueda y rescate, reparación de edificios de manera temporal (para permitir los rescates), deben realizarse en un breve periodo de tiempo. Por lo general se habla que las primeras 12 a 24 horas son las más críticas. Por lo tanto, el inicio de estas labores también debe hacerse tan pronto como sea posible. Búsqueda y rescate de víctimas es la primera labor que realizan los equipos al responder a un desastre.

Por esta razón, la disponibilidad y comprensión de la información contextual (que ayuda a la toma de decisiones) debe ser alta. Aglutinar la información de manera gráfica (por ejemplo, ubicación de equipos, asignación de tareas y ubicación de recursos en un mapa) puede ser utilizada para permitir un fácil entendimiento por parte de personas encargadas de tomar decisiones en diferentes organizaciones. Sin embargo si esa información debe ser repartida entre los participantes, se requerirá de sistemas de información y comunicación interoperables. Dado que el tipo y cantidad de información contextual usado para tomar decisiones, es diverso y proviene de fuentes variadas, el proceso de captura, representación y entrega de esa información es de gran importancia para generar decisiones adecuadas, eficientes y a tiempo.

Otro aspecto a considerar es la distribución e implementación de decisiones. No todas las personas deben conocer cada decisión; por lo tanto las decisiones deben ser comunicadas a la persona indicada y entregadas de la manera adecuada (alarmas visuales/audibles o solicitándola). Trabajos han indicado que las organizaciones participantes en un desastre mantienen una mínima interacción entre ellas, y cada una sigue sus propios procedimientos y protocolos [National Commission on Terrorist Attacks, 2004] [Stewart, 2002]. Ello pone en peligro la implementación de las decisiones. Las oficinas de gobierno, usualmente están encargadas de la gestión durante un desastre, cuyo mayor desafío es, tomar macro-decisiones y coordinar las labores de las distintas organizaciones participantes [Dykstra, 2003] [Jackson, 2002] [National Research Council, 2002]. Sin embargo, los integrantes de las distintas organizaciones obedecen las ordenes de sus superiores al interior de ellas [National Commission on Terrorist Attacks, 2004] [Smith, 2003]. Por lo tanto, las decisiones tomadas por las oficinas de gobierno no siempre han de tener el efecto esperado.

Los problemas asociados a la distribución e implementación de decisiones están basados en la carencia de una estructura entre las organizaciones participantes que establezca responsabilidades. Aunque la propuesta para esta estructura debería ser abordada mediante la generación de cierto protocolo a nivel nacional [Federal Emergency Management Agency, 2002], en la práctica es el resultado de una reorganización, negociación e incluso una discusión entre las organizaciones [National Commission on Terrorist Attacks, 2004]. En el caso chileno

es la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), dependiente del Ministerio del Interior, la oficina de gobierno encargada de coordinar las distintas labores ante algún desastre ocurrido en el territorio nacional.

Independiente de la forma en que esta estructura se genera, ya sea por una auto-organización o por algún protocolo establecido, existen dos tipos de procesos de toma de decisiones que se ejecutan durante la respuesta a un desastre: el de tipo organizacional y el de improvisación. El proceso organizacional se lleva a cabo siguiendo protocolos, reglas y convenciones definidas por una organización. Este proceso se realiza habitualmente en un puesto de mando común o en el puesto de mando de cada organización. La aplicación de estas decisiones se lleva a cabo principalmente utilizando los recursos propios de la organización (por ejemplo, equipos, recursos humanos y herramientas). Estas decisiones tienen un efecto sobre la respuesta a un desastre, así como en las actividades de las otras organizaciones involucradas. Dado que las normas y protocolos de una organización no suelen ser diseñados para interactuar con otras organizaciones, una decisión adoptada por una organización podría implicar efectos negativos sobre otras [National Commission on Terrorist Attacks, 2004] [Stewart, 2002].

En el caso chileno existe un protocolo [Manual de operaciones Multi-Institucional ante Emergencias – ABC, 2001] firmado por las tres entidades que poseen mayor participación en emergencias diarias, es decir carabineros, bomberos y organismos de salud públicos. En este protocolo están establecidas las obligaciones que deben cumplir cada institución involucrada, desde la recepción de una alarma hasta el trabajo durante ella. Este protocolo incluye la forma en que se deberán entregar la información concerniente a una alarma, la división zonal que deberá existir durante el desarrollo de una emergencia (tres zonas: roja, naranja y verde), sobre la atención y evacuación de lesionados entre otros.

Dentro de las normas se sientan las bases para un Puesto de Comando Multi-institucional (PCM), el que ha de constituirse en emergencias con múltiples víctimas, así como también el de un Puesto Médico de Avanzada (PMA). En el caso del PCM este deberá estar compuesto por los miembros de mayor rango de cada institución. La ubicación de éste, será en la zona naranja del desastre (Zona entre la ubicación de la emergencia y una de libre tránsito). Mientras que el PMA está compuesto por personal médico a cargo de una persona claramente identificada, quién a su vez está encargado del proceso de recepción y priorización de pacientes conocido como “Triage”, así como también de la estabilización y evacuación de los mismos.



**Figura 1: Puesto de Mando Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa (X-1)**

La improvisación suele ser una consecuencia de los problemas de comunicación existentes en el área del desastre, especialmente cuando el área involucrada es extensa. Miembros de los equipos de respuesta se comunican entre ellos utilizando radiocomunicadores, debido a que los sistemas normales de comunicaciones (Telefonía móvil, fija), se encuentran defectuosos, colapsados o simplemente no existen. En el terremoto de Pisco, se careció de los sistemas normales de comunicación por más de cinco horas, los cuales posteriormente se restablecieron paulatinamente. En todo caso los radiocomunicadores no son la solución, sino una medida de mitigación, ello debido a que se cuenta por lo general con dos o tres canales de comunicación, los que son insuficientes para grandes catástrofes [Aldunate, 2006] [National Commission on Terrorist Attacks, 2004]. En algunos casos la falta de control en las transmisiones y la pobre capacidad para transmitir información puede dejar a equipos de respuesta desinformados o incluso aislados comunicacionalmente. En aquellas situaciones la única alternativa es improvisar, ya que los equipos sienten la necesidad de realizar alguna labor [Mendonça, 2007]. Las decisiones hechas durante la improvisación están guiadas por la experiencia previa de los equipos de respuesta. Poca o nula información son la base para tomar esas decisiones, la cual involucra por lo general sólo los recursos pertenecientes a ellos. Estas decisiones tienen un alcance local; sin embargo, el conjunto de estas actividades realizadas en paralelo puede llegar a tener importantes repercusiones en el ámbito global (por ejemplo, el colapso de los sistemas de atención de salud ante la falta de priorización de las víctimas rescatadas).

Varias investigaciones han identificado oportunidades en donde es posible utilizar soluciones basadas en tecnología para enfrentar los desafíos involucrados en las decisiones entre organizaciones y en el proceso de coordinación [National Research Council, 2002] [National Science and Technology Council, 2003] [National Commission on Terrorist Attacks, 2004]: comunicaciones digitales, robots, sistemas distribuidos en tiempo real, sistemas de información geográfica, sistemas colaborativos, entre otros. Estas soluciones deben tener en cuenta la movilidad de los equipos de respuesta, y ser fáciles de transportar y usar en la zona de desastre.

### ***2.3. Escenario de Coordinación***

Los problemas de coordinación tienen variadas causas. La mayoría son consecuencia de las limitaciones en el proceso de toma de decisiones y el apoyo tecnológico para las comunicaciones. Es claro que las decisiones tomadas por una organización deben ir alineadas con las restantes instituciones, como una forma de reducir consecuencias inesperadas y para mantener la respuesta al desastre coordinada. Por esta razón, las decisiones deben ser apropiadamente comunicadas a los equipos y a los distintos tomadores de decisiones de las organizaciones involucradas. Es claro que no todas las personas deben conocer todas las decisiones.

La información y las tareas relacionadas con estas decisiones, deben ser visibles para todas las organizaciones, de manera de poseer una respuesta coordinada a la catástrofe. En este escenario, la ayuda de soluciones tecnológicas para sostener la comunicación es un elemento clave en el logro de una coordinación eficaz, especialmente debido a la capacidad de transmitir y direccionar información. En el caso de respuestas a desastres, la comunicación digital inalámbrica provee grandes ventajas en el proceso de coordinación y toma de decisiones [Aldunate, 2006] [National Commission on Terrorist Attacks, 2004]. Este tipo de comunicación permite entregar información a equipos en movimiento, liberando los canales de radiocomunicación, limitando la utilización de ellos sólo para situaciones urgentes. Sin embargo, esto no significa que la información sea entendida a cabalidad por los distintos miembros de las organizaciones. Por ello es necesario representar la información de manera estandarizada, según los protocolos internacionales.

En el ámbito internacional existe un organismo encargado de dictar las pautas, en cuanto a la forma de trabajar y de representar información. Este organismo es INSARAG (International Search and Rescue Advisory Group, fundado en 1991 a raíz de la iniciativa de los equipos participantes durante el terremoto de Armenia en 1988), hoy en día se encuentra bajo el alero de la Organización de Naciones Unidas (ONU). Esta organización se encarga de promover los criterios normalizados para la capacitación, el equipamiento y la autosuficiencia que deben cumplir los equipos internacionales para la asistencia en casos de desastre.

Hay iniciativas internacionales relacionadas con el desarrollo de aplicaciones que puedan ser utilizadas en desastres. Dentro de ellas destacan algunas como la del Consejo Multi-Sectorial de Manejo de Crisis [Multi-Sector Crisis Management Consortium, 2008], creado en Estados Unidos, el que aglutina organizaciones de gobierno, académicas y privadas. También está el E-Team [E-TEAM, 2008], quienes han desarrollado un conjunto de soluciones para apoyar la coordinación entre equipos de respuesta locales y expertos remotos para mejorar el proceso de toma de decisiones. Normalmente los equipos locales utilizan un puesto de comando, el cual permite videoconferencias. Esta última iniciativa ha hecho importantes

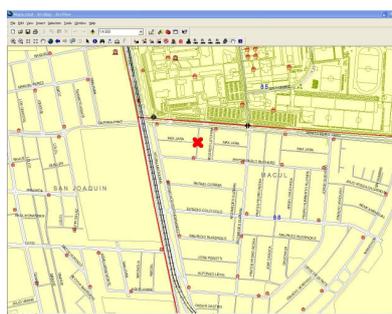
contribuciones en el área de apoyo a la toma de decisiones, no así en el ámbito de representación y difusión de información entre los equipos que trabajan en el área del desastre.

Existen otros proyectos, tales como CAR [Federal Emergency Management Agency, 1997] CATS [Swiatek, 1999], OpenGIS [Farley, 1999] y Sahana [Currion, 2007], que han desarrollado sistemas de información para coordinar las tareas entre las organizaciones. De igual forma que los mencionados anteriormente, estos sistemas no son capaces de representar y compartir información contextual entre los equipos que atienden el área afectada, ya que requieren de comunicación estable y una gran capacidad computacional. En el mejor caso, los equipos al interior de la zona de desastre son capaces de utilizar PDAs apoyados por Wi-Fi o GSM (red celular) para enviar o recibir información desde el puesto de mando.

Por otra parte se carece de información sobre los resultados de la utilización de herramientas de apoyo en la respuesta a desastres. A pesar de que se sabe del uso de herramientas durante el huracán Katrina, las cuales no fueron del todo útiles, se desconoce cuáles fueron utilizadas. En cambio se sabe que para atender el desastre desatado por un tsunami en el Océano Indico fue utilizada Sahana [Currion, 2007]. Los resultados producidos de aquella experiencia no han sido divulgados. Por ello no es fácil determinar la efectividad de aquellas herramientas en un escenario real.

## **2.4. Central de Alarmas**

La mayoría de los Cuerpos de Bomberos en Chile dividen su jurisdicción. Esta división se utiliza para asignar el orden de asistencia de los distintos carros. Hoy en día aquella labor se ve apoyada por un software propio de cada cuerpo, mientras que la ubicación del sector de la emergencia, en algunos casos se realiza a través de programas computacionales (ver Figura 2), mientras que en otros se hace sobre mapas impresos.



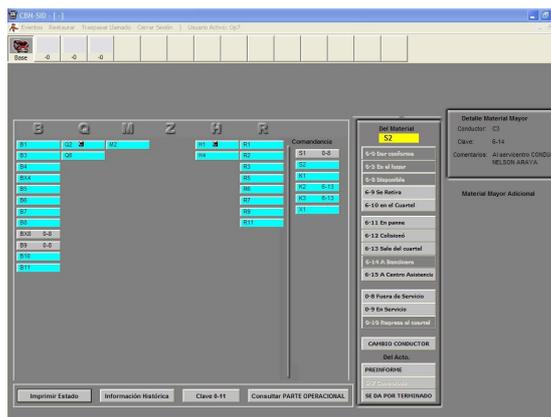
**Figura 2: GIS (ArcGIS) utilizado en Central de Alarmas de Ñuñoa<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> <http://www.esri.com/software/arcgis/>

En Chile no existe una central única para emergencias, existen de manera independiente una para emergencias hospitalarias, otra para policiales y otra para bomberos. La Central de Bomberos recibe la alarma, y su labor principal es obtener la ubicación de la emergencia y la naturaleza de ésta, ya que sin la ubicación no es posible enviar unidades de respuesta. Mientras que el conocer la naturaleza, permite determinar las unidades más adecuadas. Teniendo en conocimiento las dos interrogantes anteriores, el personal de la Central de Alarmas se apoya, ya sea en software o manuales para decidir las unidades necesarias (ver Figura 3).

Una vez identificadas las unidades, se informa a las distintas compañías asistentes de manera radial. La información se hace de manera selectiva, es decir una compañía que no asiste no se entera de la emergencia. Posteriormente la Central de Alarmas debe confirmar la asistencia de las compañías despachadas, se preocupa que sepan arribar a ella, de lo contrario las debe orientar. Una vez arribados los bomberos a la emergencia, la Central de Alarmas debe responder a las distintas solicitudes que se realicen desde la emergencia, por ejemplo: solicitar algún representante de un servicio básico (aguas, luz, gas), una ambulancia, alguna otra unidad de bomberos o la ubicación de un grifo entre otras.



**Figura 3: Software utilizado en Central de Alarmas de Ñuñoa para el despacho**

Por ello es que la utilización de un mapa digital que permita al personal de bomberos tener la información de manera visual y no radial, como lo es actualmente es un gran beneficio. Dentro de la información que se entrega está la ubicación de las distintas unidades, la ubicación de grifos y los nombres de calles. Además es posible consultar a través de la PDA las unidades asistentes a la emergencia, así como las unidades disponibles ante la eventualidad de ser requeridas. También el personal de bomberos es guiado en el camino a seguir hacia la emergencia, esto mediante la indicación del destino y el sentido que está llevando en ese momento el carro, así como la distancia hasta la emergencia.



**Figura 4: Central de Alarmas del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa**

### 3. MapaMóvil

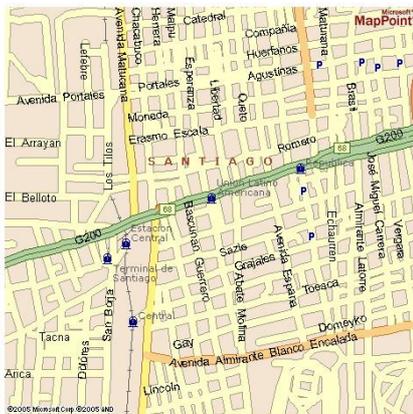
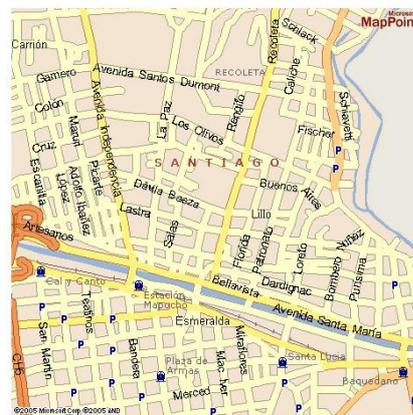
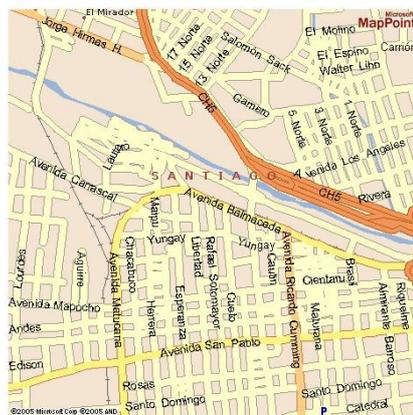
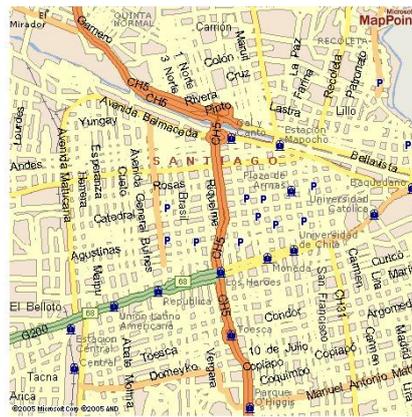
MapaMóvil es una aplicación concebida para trabajar en una PDA (Personal Digital Assistant), inicialmente como se deduce de su nombre, busca proveer al usuario de información cartográfica, complementándola con el señalamiento de puntos de interés.

El mapa se construye a partir de imágenes cuadradas de tamaño fijo, con distintos niveles de detalle. Mientras mayor es el nivel de detalle, mayor cantidad de imágenes para representar una misma área. Las imágenes son almacenadas en la PDA, por lo que no es necesario poseer conexión con red alguna, algo de gran utilidad durante catástrofes, en dónde los servicios de cualquier tipo son escasos.

Debido a la forma en que MapaMóvil maneja las imágenes, se tuvo que desarrollar un sistema de coordenadas dependiente del nivel de detalle, y permitir la conversión entre el sistema de coordenadas de MapaMóvil y las coordenadas geográficas. Con tal de simplificar el cálculo de las conversiones es que se supone la Tierra sobre un plano, y por ende las coordenadas geográficas son vistas en cierto sentido como las coordenadas de un plano cartesiano.

MapaMóvil representa el nivel de detalle mínimo (imagen más general), por una sola imagen de 468x468 píxeles. El nivel siguiente se representa por 4 imágenes, cada una de 468x468 píxeles también, pero cada una representa un cuarto del área comprendida por el detalle mínimo. De esta forma cada imagen de un nivel más detallado abarca un cuarto del área que cubre la imagen del nivel anterior (ver Figura 5).

Los puntos de interés asociados a un mapa son almacenados en un archivo XML, uno por cada punto. Los puntos de una misma categoría se almacenan en una misma carpeta. Para desplegar los puntos en el mapa existe una clase que instancia dos listas, una con la información persistente de los puntos y otra con las coordenadas de estos en el mapa, esta última se actualiza al realizar un cambio en el nivel de detalle, calculando las coordenadas en el mapa para ese nivel de detalle.



**Figura 5: Transformación de un nivel de detalle**

Como una forma de mejorar el rendimiento, es que Mapamóvil implementa un cache de las imágenes, esto basado en el principio que el usuario visualiza un área acotada. La política de manejo considera que la última imagen utilizada es la que más frecuentemente se utilizará, por ello la ubica al final de la lista. Cuando el cache se completa elimina las primeras de la lista, que son las que menos se han utilizado.

### **3.1. Estudio de Herramientas y MapaMóvil**

Para poder continuar el trabajo desarrollado por Manuel Villarroel [Villarroel, 2007], fue necesaria la instalación de software que permitiera replicar el ambiente previo. El software requerido para programar MapaMóvil es:

**Visual Studio** Es un entorno de programación creado por Microsoft para el Sistema Operativo Windows. Permite el desarrollo de programas en C# como lo es el caso de MapaMóvil. Para su instalación fue necesario descargarlo desde el repositorio del DCC, donde se permite hacerlo de manera gratuita por ser estudiante del Departamento.

**.NET Compact Framework** Es un software que agrega las librerías necesarias para poder desarrollar en dispositivos móviles, como lo es el caso de la PDA.

**Windows Mobile 5.0 SDK** Es una extensión para Visual Studio, que permite desarrollar software para dispositivos móviles que poseen el Sistema Operativo Windows Mobile 5.0.

Una vez instalado lo antes mencionado, fue necesario interiorizarse sobre la forma de programación en C#, para ello se buscaron en Internet manuales y ejemplos que permitieran comprender de manera incremental este lenguaje. Con el tiempo se pudo notar que para una persona con conocimientos en Java, la programación en C# no es difícil de realizar, principalmente debido a que C#, al igual que Java está enfocado a la Programación Orientada a Objetos.

También fue necesario indagar sobre la funcionalidad ya existente en MapaMóvil, para ello se revisaron las distintas clases. La interacción existente entre los objetos, y las interfaces. Por ejemplo existe la clase Configuracion.cs, la cual obtiene la configuración con la cual se inicializa MapaMóvil. Ella es almacenada en un archivo XML, que contiene información relacionada con el mapa. Dentro de la información que contiene este archivo está: área abarcada, niveles de zoom existentes, resolución y puerto mediante el cual se comunica con el GPS entre otros.

Otra clase relevante para MapaMóvil es FormMapa.cs, ésta permite la interacción con el usuario. Se encarga de manejar la interacción con la pantalla táctil. También genera el *thread* para la actualización del GPS cuando se está en modo destino.

MapaMóvil en su primera versión permitía al usuario interactuar con el mapa de manera secuencial. Por ejemplo si el usuario deseaba desplazarse por el mapa no podía ver la información de un punto de interés. A su vez, la forma de cambiar la tarea que se estaba

realizando era engorrosa, ya que se utilizaban menús, los cuáles no son adecuados para un dispositivo móvil.

A pesar de integrar el GPS en su funcionamiento, este era subutilizado. Debido a que era empleado sólo para guiar hacia un destino. Por ejemplo, no era aprovechado para entregar la posición al usuario ó para agregar un punto de interés.

La nueva versión de MapaMóvil se enfocó en mejorar aquellos puntos débiles de la versión anterior, mejorando la usabilidad y aprovechando de mejor manera el GPS. También se logró obtener información en tiempo real tanto de la Central de Alarmas como de carros de bomberos.

### **3.2. Integración GPS**

Una vez replicado el ambiente de desarrollo y entendido el funcionamiento de MapaMóvil, la primera tarea realizada fue la de integración de MapaMóvil con el dispositivo GPS propio de la PDA. Anteriormente MapaMóvil obtenía información de un GPS, a través de Bluetooth<sup>2</sup>. Mientras que la nueva PDA, una Hewlett Packard, modelo iPAQ HW6945 integra un dispositivo GPS.

Primero, se exploró la posibilidad de utilizar un software que incluía la PDA que actuaría como interfaz entre el GPS y MapaMóvil. Sin embargo, esto no se pudo realizar, ya que no se contó de información idónea sobre como proceder. A pesar de ello, se realizaron intentos para lograrlo, los que no fructificaron. Por lo tanto fue necesario remitirse al manual técnico de la PDA, asequible en Internet<sup>3</sup>, en dónde se pudo obtener el puerto mediante el cual se podían comunicar las aplicaciones instaladas en la PDA directamente con el GPS. El puerto utilizado en este modelo es el COM 7.

Una vez obtenido el puerto era necesario comprobar la conectividad con MapaMóvil y posteriormente analizar si la información era idéntica a la utilizada previamente. En la versión anterior de MapaMóvil, extendida en el curso Ingeniería de Software, la comunicación era con un GPS a través de *Bluetooth*. Pero para la aplicación, el dispositivo era tratado como un *puerto serial*. Por lo que no fue necesario realizar cambios en la forma de comunicación entre la aplicación y el GPS integrado. Mientras que la información entregada por el GPS cumplía con los estándares de NMEA<sup>4</sup>, por lo que no fue necesaria ninguna modificación.

---

<sup>2</sup>Funcionalidad añadida durante el curso Ingeniería de Software de Otoño del 2007.

<sup>3</sup> URL: <http://bizsupport.austin.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c01470988/c01470988.pdf>

<sup>4</sup>Acrónimo inglés para National Marine Electronics Association, entidad estadounidense

### 3.3. Mejoras en Funcionalidad de Destino

El modo destino permite mediante una flecha indicar el sentido que se debe seguir para llegar al destino, el cual previamente debe identificarse mediante sus coordenadas (ver Figura 6, más detallado en punto 3.6.3). El inconveniente que poseía esta modalidad era que se desconocía la ruta que se estaba siguiendo, es decir carecía de una orientación que permitiera indicar si se estaba acercando o alejando del destino.



Figura 6: Formulario configuración del destino

Como una forma de subsanar el problema, se estudió la posibilidad de trazar el camino recorrido y mostrarlo en MapaMóvil (lo que fue implementado y probado en terreno). El principal problema que presentaba esta solución era el espacio en memoria, dado que se almacenaban todos los puntos recorridos. Una mejora habría sido mantener los últimos  $x$  puntos, pero, tampoco hubiese sido posible saber si se pasó por ese lugar antes ya que no se almacenaba la información.

Finalmente se implementó y mantuvo otra alternativa, que utilizaba el concepto de la flecha indicadora del sentido, en este caso, para la dirección en la que se estaba avanzando (ver Figura 7). Para ello fue necesario investigar la forma de calcular la distancia entre dos puntos según sus coordenadas. Dibujar una flecha con dos coordenadas era un problema ya resuelto en la aplicación.

---

que dicta los estándares para dispositivos electrónicos marinos, como eco sondas, anemómetros, GPS entre otros



Figura 7: Flechas indicando destino (azul) y sentido (rojo)

Para el cálculo de la distancia se utilizó la fórmula de Haversine<sup>5</sup> (la que es adecuada para el cálculo de distancias pequeñas) que dada la curvatura de la tierra, el cálculo de distancia  $d$  entre dos puntos se obtiene de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 dlon &= lon2 - lon1 \\
 dlat &= lat2 - lat1 \\
 a &= (\sin(dlat/2))^2 + \cos(lat1) * \cos(lat2) * (\sin(dlon/2))^2 \\
 c &= 2 * \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \\
 d &= R * c
 \end{aligned}$$

Donde:

- **dlon** es la diferencia de longitud.
- **dlat** es la diferencia de latitud.
- **c** son los grados en radianes al círculo más grande de la Tierra
- **R** es el radio de la Tierra (6.376.500 m.)
- **d** es la distancia entre los puntos.

Luego, la flecha se dibuja si la distancia entre los dos puntos es mayor al mínimo requerido en la configuración, el que se dejó en 10 metros. Esto debido a que si fuese menor, la flecha variaría constantemente debido al error asociado al GPS, y a la vez permite visualizar los cambios de manera más sutil. Si el nuevo punto posee una diferencia menor al parámetro se omite, y se calcula con el siguiente, hasta que la diferencia es mayor, y se almacena aquella coordenada para iniciar las nuevas comparaciones.

Durante las pruebas realizadas en terreno se pudo comprobar la utilidad de esta nueva

---

<sup>5</sup> URL: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>

funcionalidad, así como su veracidad probándola en un trayecto conocido (por ejemplo dirigiéndose hacia la Universidad). Otra tarea que se realizó en esta funcionalidad, fue la corrección de un error (proveniente de la versión anterior), que impedía poder utilizarla más de una vez, debido a que en la segunda oportunidad la aplicación no respondía. La falta de respuesta de la aplicación se debía a que esperaba su turno para tomar un objeto compartido, al acceder por primera vez a ese objeto se podía utilizar, dado que nadie lo había utilizado antes; pero, en la segunda oportunidad no se podía acceder, ya que la primera utilización nunca informaba que había dejado de utilizarlo.

Debido a que el GPS debe tener a la vista al menos 3 satélites para funcionar, se debió recolectar en terreno la mayor cantidad de información sobre la ubicación del error dentro del código, debido a que las pruebas no se pueden realizar en un ambiente cerrado, por las razones anteriormente expuestas. Finalmente se logró aislar el problema y corregirlo, con ello fue posible probar su funcionalidad en varias ocasiones durante un mismo trayecto sin la necesidad de reiniciar la aplicación.

Posteriormente, luego de realizar pruebas en terreno, se vio la necesidad de retroalimentar al usuario. Inicialmente se generó una barra que se completaba gradualmente hasta alcanzar el destino. Comentarios de los usuarios llevaron posteriormente a modificar aquello, eliminando esa característica, reemplazándola por un mensaje que indica la distancia al destino (ver Figura 7). Con esta característica el usuario se concentra mayormente en el dispositivo, cuando se encuentra cerca del destino, es decir, entre los 600 y 100 metros. Si el destino fue seleccionado del listado de alternativas, entonces el usuario tendrá junto con la distancia restante la dirección a la que se dirige.

El usuario en la PDA posee un icono que asemeja a una mira, al presionar ese botón se le dirige a un formulario donde debe ingresar las coordenadas. En este caso se utiliza el servicio web detallado en el punto 3.6.1, el cual sirve para generar un listado desplegable en el cual el usuario puede elegir. Dado como es almacenada la información en el archivo XML recibido, se debe leer completamente, para luego invertir el orden y generar el listado.

Otra ventaja de utilizar el servicio web, es que si en la Central de Alarmas la búsqueda fue realizada por la dirección exacta, entonces el usuario tendrá la numeración del lugar al cual se precisa llegar. Lo anteriormente expuesto es de gran utilidad cuando no existe algún indicio visual del lugar donde está ocurriendo la emergencia. Por ejemplo, si es una emanación de gas, un accidente eléctrico o algún amago de incendio en un lugar de difícil acceso entre otros.

Finalmente debido a que las coordenadas vienen en formato UTM (Universal Transverse Mercator), y MapaMóvil utiliza coordenadas geográficas (Latitud y Longitud). Es necesario realizar una transformación, en esta labor se utiliza una biblioteca (creada durante los desarrollos previos) que permite transformar entre diferentes coordenadas. Además la

utilización de las coordenadas geográficas está mayormente estandarizada, y no depende de la ubicación geográfica como si sucede con las coordenadas UTM.

### 3.4. Posición Actual

A pesar de que MapaMóvil poseía un GPS incorporado, no existía una funcionalidad asociada que permitiese obtener la ubicación actual mediante el GPS. Por ello es que se decidió agregar un botón que entregase la información de la posición entregada por el GPS (ver Figura 8).



Figura 8: Botón para solicitar la posición actual y punto que la indica

El desarrollo de esta funcionalidad permitió saber que el GPS siempre entregará información de posición, pero existen ocasiones en que ésta es inválida o no actualizada. Ello también es necesario notificarlo al usuario al momento de solicitarla (ver Figura 9), pero si tenemos información actualizada, ésta se muestra al usuario (ver Figura 10).



Figura 9: Mensaje cuando el GPS entrega información inválida

Utilizando la función que permite el cálculo de distancia entre dos puntos, se agregó como información adicional a la posición entregada por el GPS, la distancia al destino cuando se estuviese en el Modo destino. Esto permite conocer que tan lejos se está del objetivo y a la vez permite al usuario tomar precauciones cuando se encuentra cercano a éste. Una forma de extender esta funcionalidad sería la generación de alguna alarma, ya sea audible o visual, cuando la distancia sea inferior a  $x$  metros.



Figura 10: Mensaje informando la posición actual del usuario

Con tal de ubicar espacialmente dentro del mapa al usuario, es que se dibuja un punto que indica la posición entregada por el GPS (ver Figura 8) centrando a su vez el mapa en ese punto. Lo anterior no es necesario en el caso del Modo destino, puesto que en este modo las flechas se encuentran centradas en la posición actual del usuario.

### 3.5. Pruebas de Stress

Como MapaMóvil busca ser utilizado por Bomberos en la calle, fue necesario someter la PDA a una prueba de stress, en la cual se buscaba saber la duración de la batería con el GPS funcionando de manera continua. Lo anterior en un futuro permitirá tomar decisiones sobre la implementación de funcionalidades relacionadas con el GPS y la duración de la batería de la PDA.

Una forma de mantener el GPS funcionando de manera continua es utilizando el modo destino, ya que este posee un *thread* que consulta el GPS cada 200 milisegundos. Luego, la primera prueba que se realizó fue de manera simple, utilizando la funcionalidad antes mencionada y revisando continuamente el estado de la batería de la PDA. De esta forma se pudo obtener que la duración aproximada de la batería con el GPS funcionando de manera continua era de 5 horas.

Posteriormente se realizó una segunda medición más exacta. Para ello, fue necesario indagar en las funciones que proveían las bibliotecas, en relación con la forma de obtener la cantidad de batería restante. Lamentablemente las bibliotecas utilizadas no proveían esta funcionalidad, por lo que fue necesario generar una clase<sup>6</sup>, la cual accedía mediante la utilización de la biblioteca *core.dll* a la información.

Durante la ejecución de una rutina, se consultaba si el valor era menor a 10%, si era verdadero, se guardaba el tiempo en un archivo de texto. Con esto el último tiempo guardado en el archivo, era el inmediatamente anterior a que la batería se apagara. De esta forma se pudo obtener que el tiempo de duración de de la batería, con el GPS en constante uso y la luminosidad de la pantalla al máximo, es de 3 horas 11 minutos aproximadamente. Mientras que con la luminosidad al mínimo la batería dura en promedio 5 horas, lo cual era predecible debido a que la luminosidad gasta más energía. Finalmente esto permite obtener una cota máxima y una mínima, con la que se puede proyectar la duración de la batería en situaciones reales.

### **3.6. Servicios Web**

Los bomberos deben poseer información en el lugar de la emergencia, hoy en día esa información es entregada por la Central de Alarmas. La información que da inicio a la emergencia para los bomberos es la ubicación de ella. Para ello la Central entrega la intersección de las calles más cercanas, si las calles son conocidas no existe problema alguno, pero los inconvenientes se dan cuando son dos calles desconocidas.

#### **3.6.1. Ubicación de Emergencias**

En el caso en que los bomberos no conocen las calles entregadas por la Central de Alarmas, comienza una interacción radial recibiendo de parte de ésta, indicaciones con respecto a otras calles que se suponen más conocidas. Esto genera pérdida de tiempo, ya que los bomberos no se desplazan hasta tener claro el lugar de la emergencia. En algunos casos, los bomberos se crean una falsa idea de tener claro la forma de llegar a la emergencia, esto se ve reflejado cuando posteriormente los voluntarios solicitan referencias para llegar a la ubicación.

Para resolver lo antes mencionado se generó un servicio web consumido por la PDA, este servicio es una integración entre los sistemas de mapas digitales que utiliza la Central de Alaremas y MapaMóvil. Cuando el personal de la Central de Alarmas realiza una búsqueda en sus mapas, ya sea a través de la intersección de dos calles o de la búsqueda de una dirección exacta (es decir a través de la numeración), se almacena en un archivo de texto la búsqueda y

---

<sup>6</sup>URL: <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/aa457088.aspx>

la coordenada UTM. Posteriormente al momento de ser solicitado el servicio se entrega un archivo XML, con el siguiente esquema:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xsd:element name="lugares">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="emergencia" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          <xsd:complexType>
            <xsd:attribute name="lugar" type="xsd:string"/>
            <xsd:attribute name="zona" type="xsd:string"/>
            <xsd:attribute name="este" type="xsd:double"/>
            <xsd:attribute name="norte" type="xsd:double"/>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
</xsd:schema>
```

Para generar el XML se abre el archivo de texto que contiene las coordenadas en modo lectura. Posteriormente se genera un objeto de tipo *XmlTextWriter*, el cual genera el archivo XML, por cada línea en el archivo de texto se genera una *tag* de emergencia. El objeto *XmlTextWriter* escribe en memoria, ya que el archivo XML es entregado inmediatamente a quien lo solicita, por lo tanto no es necesario almacenarlo.

Para el envío del archivo XML se utiliza DIME (Direct Internet Message Encapsulation), el cual es un estándar propuesto por Microsoft para transferir datos binarios u otra información encapsulada sobre SOAP (protocolo que define cómo dos objetos en diferentes procesos pueden comunicarse por medio de intercambio de datos XML). Para llevar a cabo lo antes mencionado, se utilizó el conocimiento generado por otro proyecto del DCC llamado *MobileWebServer* [Carrasco, 2006], el cual es un Servidor Web desarrollado para correr en una PDA, pero en el caso de la Central se utilizó en un computador de escritorio.

Este XML es obtenido a través de una clase que hace de *proxy*, ésta clase fue desarrollada en el proyecto *MobileWebServer*. El XML obtenido, es utilizado por *MapaMóvil* para mostrar un listado del cual el usuario pueda seleccionar la dirección otorgada radialmente por la Central (ver Figura 6); finalmente el usuario se apoya en la funcionalidad descrita en el punto 3.3 para llegar a la emergencia.

Es necesario mostrar una lista de las emergencias, ya que no se puede suponer que el usuario está dirigiéndose a la última emergencia despachada. La Central de Alarmas puede despachar un carro durante una emergencia, según las necesidades del servicio. Por lo que si existen dos o más emergencias en desarrollo, no es posible decidir a que emergencia ha sido despachado. Además no existe integración entre el sistema de búsqueda y el de despacho

utilizado por la Central de Alarmas, lo que impide generar la asociación entre carros y la ubicación de las emergencias.

### **3.6.2. Carros**

Para las personas que se encuentran al mando durante una emergencia es necesario saber cual es el material disponible. Es decir cuales son las herramientas con que pueden enfrentar una emergencia. Para ello es necesario saber el estado de los carros; estado del carro se refiere a que si este, está en otra emergencia, está regresando de una emergencia o simplemente no está disponible. Esta información permite decidir cual de los carros es el que se debe solicitar a la Central de Alarmas.

El conocer la disponibilidad de los carros no sólo afecta a la emergencia en la que se está actuando, sino que además afecta a otras futuras emergencias. La ubicación geográfica de los carros, puede llevar a tener que desplazar desde los cuarteles en que normalmente están aparcados, hacia otros cuarteles. Lo anterior como una forma de disminuir el tiempo de respuesta a sectores inicialmente desprotegidos, por la existencia de alguna emergencia en aquel sector.

Esta información es obtenida en tiempo real, y es la misma información que posee el personal de la Central de Alarmas. Para ello fue necesario extraer la información desde el sistema que actualmente soporta el despacho de carros en la central (ver Figura 3). Esta tarea implica acceder a la base de datos ACCESS que utiliza el programa de despacho. Posteriormente se ejecuta la siguiente consulta SQL:

```
SELECT Nombre, Estado, TipoMaquinista, Comentario  
FROM maquinas  
ORDER by Bomba, Nombre
```

Luego, se accede al archivo XML que contiene la información desactualizada de los carros, así como también la última posición enviada por el carro. Luego por cada resultado se ve si estaba registrado el carro en el archivo XML, en el caso de que lo estuviera, se actualiza el estado, el nombre del conductor y la observación.

Observación es algún dato extra que genera personal de la Central de Alarmas o el programa de despacho, por ejemplo “En Acto 2314”, “En cuartel 11”, etc. En el caso de que el carro no se hubiera encontrado en el archivo XML, simplemente se agrega.

Existe otro servicio web relacionado con los carros, el cual se encarga de actualizar la posición de los carros. Para ello la PDA solicita el estado de los carros, pero con la salvedad que entrega como parámetros su Latitud y Longitud. Este servicio no siempre puede ser

invocado, ya que como se ha mencionado anteriormente, el poseer esa información depende del GPS, el cual no siempre dispone de ella.

Este servicio web es utilizado de dos formas por MapaMóvil. La primera, utiliza la ubicación del carro y la dibuja en el mapa (ver Figura 11). Esto es de gran ayuda, ya que permite conocer la ubicación de otro carro, sin la necesidad de consultarlo radialmente. En muchas ocasiones un carro debe saber la ubicación de otro, para asistirlo en la entrega de agua o simplemente para trabajar en conjunto.

Si se asiste a un incendio, también es muy útil conocer la ubicación de los distintos carros, para que de esta manera las personas que toman decisiones puedan conocer la distribución espacial de estos.



**Figura 11: Carro Q-2 dibujado en el mapa**

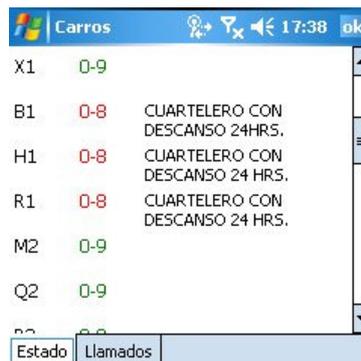
Además, el servicio web mencionado anteriormente, permite mostrar en una pantalla los distintos estados en que se encuentran los carros. Esta información es de gran ayuda cuando se requieren carros especializados, ya que sin consultar a la Central de Alarmas de manera radial, se tiene la información actualizada (ver Figura 12). En caso de asistir a un incendio en donde se necesita aprovisionamiento de agua, basta con ver el estado de los diferentes carros y solicitar a la central que despache el carro que cubra esta necesidad.

### **3.6.3. Emergencias**

Este servicio web permite conocer las últimas 10 emergencias que han sucedido en el Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa. Para ello fue necesario generar una integración entre el sistema de despacho utilizado actualmente por Bomberos y MapaMóvil.

La tarea fue relativamente sencilla, ya que la información se encuentra almacenada en una base de datos ACCESS. Para obtener las distintas emergencias, bastó con realizar una consulta

en donde la cláusula *WHERE* contuviera la cadena “Detalle” para el campo Observacion, ya que esta cadena se encuentra presente sólo una vez por cada emergencia despachada. Posteriormente se seleccionan los primeros diez resultados, los cuales son utilizados para generar un XML.



Estado	Llamados	
X1	0-9	
B1	0-8	CUARTELERO CON DESCANSO 24HRS.
H1	0-8	CUARTELERO CON DESCANSO 24 HRS.
R1	0-8	CUARTELERO CON DESCANSO 24 HRS.
M2	0-9	
Q2	0-9	

**Figura 12: Interfaz que muestra el estado de los carros**

A pesar de haber realizado sólo una consulta, existieron problemas relacionados con la estandarización de ésta. Ya que, aunque la consulta sería la misma tanto en PostgreSQL como en MySQL, en ACCESS, debió realizarse de otra forma. Normalmente se utilizaría la siguiente consulta aplicando la palabra clave *LIMIT*:

```
SELECT campo1, campo2
FROM tabla
WHERE condicion1 AND condicion2
ORDER BY campo2
LIMIT 10
```

Mientras que en ACCESS, la consulta anterior se debe ejecutar de la siguiente forma:

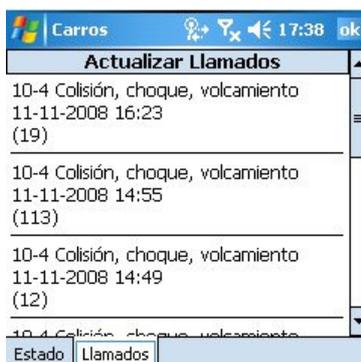
```
SELECT TOP 10 campo1, campo2
FROM tabla
WHERE condicion1 AND condicion2
ORDER BY campo2
```

Una vez superado el problema de la sintaxis, se pudo continuar con el trabajo de generar el XML. Para acceder a la consulta se debe crear una conexión a ACCESS mediante un objeto

del tipo *OleDbConnection* y posteriormente ejecutar la consulta pasándole la conexión creada a un objeto de tipo *OleDbCommand*.

Utilizando los resultados obtenidos, se genera el archivo XML que es entregado por el servicio utilizando la misma idea expuesta en el punto 3.6.1, en donde se generaba el XML utilizando las líneas de un archivo de texto.

Finalmente MapaMóvil utiliza este servicio para entregarle al usuario las últimas 10 emergencias, en donde se ve el tipo de llamado, la hora y el sector (ver Figura 13). Posteriormente si el usuario lo desea puede hacer click sobre alguna de las emergencias, para obtener más información. Al realizar esta acción se mantiene la información mostrada previamente, y además se agrega la dirección y los carros despachados. Si el usuario lo desea, puede hacer click sobre un carro obteniendo la información de él (ver Figura 14). Para la obtención de la información más detallada sobre la emergencia es utilizado el servicio web descrito en el siguiente punto.



Actualizar Llamados	
10-4 Colisión, choque, volcamiento	11-11-2008 16:23 (19)
10-4 Colisión, choque, volcamiento	11-11-2008 14:55 (113)
10-4 Colisión, choque, volcamiento	11-11-2008 14:49 (12)
10-4 Colisión, choque, volcamiento	

Estado	Llamados
--------	----------

**Figura 13: Listado de Emergencias**

### 3.6.4. Información de Emergencias

Este servicio entrega la información de una emergencia específica relacionada con los carros de bomberos. Dentro de la información entregada, están contemplados los carros que asisten, quien va a cargo del carro, la tripulación, la hora de llegada entre otros datos. Esta información, en el caso de un incendio es utilizada por el puesto de mando, el cual es un ente que reemplaza a la Central de Alarmas en el lugar de la emergencia y hace de intermediario entre la emergencia y ésta.

Al implementar este servicio se encontró otro problema relacionado con ACCESS, y es que no permite utilizar en la clausula ORDER BY un campo generado en la consulta. La consulta que se muestra a continuación no se puede ejecutar:

```
SELECT campo1, campo2 as alias
FROM tabla
WHERE condicion1 OR condicion 2
ORDER BY alias
```

Y por ejemplo si se desea en ACCESS obtener los resultados de la consulta anterior, debe realizar algo como:

```
SELECT campo1, StrReverse(campo2) as ordena
FROM tabla
WHERE condicion1 OR condicion2
ORDER BY StrReverse(campo2)
```

Los problemas con las consultas, se fueron dando a medida que se iba viendo la forma de obtener los datos desde el sistema de despacho. Finalmente hubo que dividir la tarea en distintas consultas. En primer lugar es necesario saber cuales fueron los carros despachados a una emergencia. Lo anterior se puede obtener gracias a que el programa al despachar un carro, inserta una tupla en la base de datos que en el campo observación dice *Tono*. Ello se debe a que al despachar un carro la Central de Alarmas emite un tono distintivo de la compañía a la cual pertenece el carro. Además cada emergencia genera un identificador único, esto permite que la siguiente consulta obtenga todos los carros despachados a una emergencia específica:

```
SELECT Datos.Fecha, Datos.Hora, Datos.Maquina, Datos.Motivo, Datos.Comentario
FROM Datos
WHERE Datos.NumAla="numero" AND Datos.Motivo="Tono"
ORDER BY Datos.Maquina
```

Luego por cada carro despachado se genera una consulta que nos entrega los datos asociados a ese carro, para esa emergencia. La consulta es ordenada por fecha y hora, de manera que luego al generar el XML, los estados queden en ese orden, evitando un ordenamiento posterior por el programa que utilice el XML. Finalmente la consulta ejecutada es la siguiente:

```
SELECT Datos.Fecha, Datos.Hora, Datos.Motivo, Datos.Comentario
FROM Datos
WHERE Datos.Maquina="carroActual" AND Datos.NumAla=" numero"
ORDER BY Datos.Fecha, Datos.Hora
```

Con estas consultas se genera un XML que contiene la información asociada al lugar de la emergencia y los carros (Ver Anexo II).

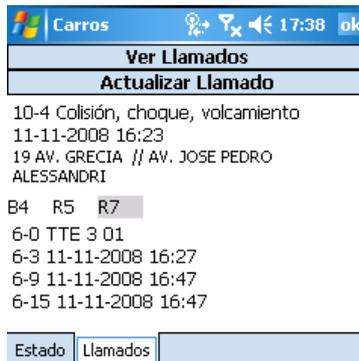


Figura 14: Emergencia específica

En las últimas interfaces mencionadas (ver Figuras 12, 13 y 14) existen botones que permiten volver a consultar el servicio web, puesto que puede existir una nueva emergencia, puede haber cambiado el estado de algún carro o pueden haber enviado un nuevo carro a la emergencia entre otras alternativas.

### 3.7. Usabilidad

Uno de los problemas que tenía MapaMóvil en su versión anterior era la usabilidad; este contaba con menús para acceder a las distintas opciones, por lo que para acceder a la funcionalidad deseada, el usuario debía realizar al menos dos click (ver Figura 15a). Si a lo anterior le agregamos que MapaMóvil está pensado para ser utilizado en emergencias, en donde el movimiento del usuario hace más difícil el realizar los clicks en el lugar indicado. Además de la pérdida de tiempo ya mencionada, la utilización de un menú no era la alternativa más idónea.

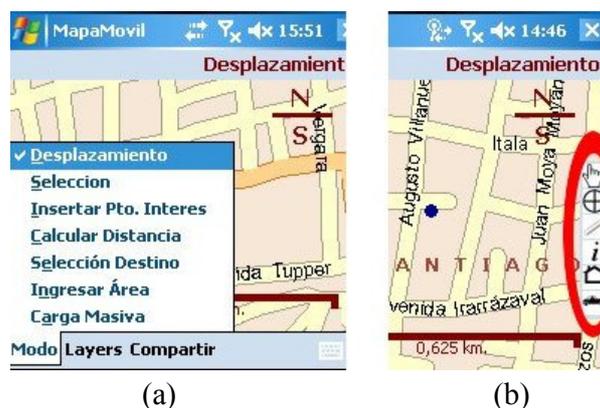


Figura 15: A la izquierda menú antiguo, a la derecha el nuevo

Como una forma de subsanar los problemas antes expuestos, es que se generó una barra de herramientas (ver Figura 15b y Tabla 1), la que permite acceder a todas las funcionalidades entregadas por MapaMóvil.

	<b>Desplazamiento.</b> - Permite al usuario moverse con el stylus sobre el Mapa.
	<b>Destino.</b> - Lleva al usuario a un formulario para elegir la dirección o agregar la coordenada. (Figura 6)
	<b>Distancia.</b> - Permite calcular la distancia existente entre dos puntos en el Mapa.
	<b>Información.</b> - Permite al usuario seleccionar la información visible en el Mapa (Grifos, hospitales etc.)
	<b>Mi Posición.</b> - Si existe información sobre la posición se la entrega al usuario, además centra el Mapa en ese punto.
	<b>Carros.</b> - Lleva al usuario a un formulario donde obtiene información de los carros de bomberos. (Figuras 12, 13 y 14)

**Tabla 1: Barra de Herramientas y descripción de iconos.**

Otro de los problemas encontrados con respecto a la usabilidad, es que impedía a los usuarios, cuando utilizaban la funcionalidad destino, moverse a través del mapa, sólo se permitía utilizar el *zoom*. Para subsanar este problema hubo que realizar modificaciones que permitieran desplazarse; para ello se utilizó la misma lógica que si el usuario estuviese utilizando la funcionalidad desplazamiento. Eso sí, hubo que modificar la forma en que se mostraba el mapa, ya que si se encontraba en la funcionalidad destino, el mapa se centraba en la coordenada recibida del GPS. Con las modificaciones ahora se le permite al usuario desplazarse en el modo destino, pero una vez que el se desplaza a través del mapa, el mapa no volverá a centrarse en su posición.

Si el usuario desea que el mapa permanezca centrado en la coordenada que entrega el GPS, entonces puede presionar el icono “Mi Posición”, el cual le entregará la posición actual en coordenadas UTM y geográficas, además de la distancia existente al punto de destino. Una vez presionado el botón el mapa volverá a estar siempre centrado en la posición actual hasta que el usuario decida desplazarse nuevamente a través del mapa.

Dentro de los problemas de usabilidad detectados estuvo también que la información que se mostraba al usuario era bloqueante, es decir al solicitar información y el programa desplegarla, el usuario debía cerrar de manera directa aquella información. Esto se puede ver en la Figura 16, donde el usuario debe hacer click sobre el botón *ok* para cerrar la ventana. Esto se mejoró utilizando el objeto *Notification*, el cual muestra información de manera no bloqueante. Lo anterior dado que permite a la aplicación cerrar la ventana sin la intervención del usuario. En la nueva versión de MapaMóvil el usuario obtiene la información solicitada, pero luego basta con un click sobre cualquier lugar del mapa para esconder aquella ventana (ver Figura 9 y Figura 10).

Desde la primera versión que MapaMóvil despliega puntos de interés en el mapa, pero, para obtener la información de un punto de interés, el usuario debía cambiar la funcionalidad a través del menú a un modo llamado *Selección* (ver Figura 15a), obligando al usuario a cambiar la tarea que se encontraba realizando para visualizar la información sobre ese punto de interés. En esta nueva versión el usuario puede hacer click en cualquier momento sobre un punto de interés y obtener la información requerida. Con ello se crea una interacción más continua y natural con el mapa.



Figura 16: Antigua ventana informativa

### 3.8. Internacionalización

Como se pretende que MapaMóvil siga desarrollándose y en un futuro pueda ser usado por distintos Cuerpos de Bomberos, también eventualmente por bomberos de otros países, es que se agregó una clase llamada Idioma, la que entrega los distintos textos según el idioma especificado en la configuración. El texto del idioma está almacenado en un archivo XML, en donde cada interfaz es representado por un nodo, el cual contiene varios nodos que al interior contienen el texto según el idioma.

La clase Idioma recibe en su constructor la ruta al archivo XML que se desea utilizar, el

archivo XML es almacenado en memoria durante toda la ejecución del programa. Las interfaces de usuario una vez creadas deben modificarse para que los textos sean obtenidos del archivo XML.

Como el Framework utilizado (Visual Studio) genera de manera visual las interfaces, sin la necesidad de programar alguna línea de código, es necesario realizar las modificaciones al texto una vez que se ha generado la interfaz. De esta manera es posible continuar alterando la interfaz a través del Framework, de lo contrario es interpretado como un error imposibilitando la posterior modificación de la interfaz.

Ejemplo del XML utilizado por la clase Idioma:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<mensajes>
  <idioma>es_CL</idioma>
  <FormSeleccionDestino>
    <Norte>Norte</Norte>
    <Este>Este</Este>
    <Aceptar>Aceptar</Aceptar>
    <Cancelar>Cancelar</Cancelar>
    <SeleccionDestino>Selección Destino</SeleccionDestino>
  </FormSeleccionDestino>
  <FormCarros>
    <Estados>Estados</Estados>
    <ActualizarEstados>Actualizar Estados</ActualizarEstados>
    <Herramientas>Herramientas</Herramientas>
    <Llamados>Llamados</Llamados>
    <ActualizarLlamados>Actualizar Llamados</ActualizarLlamados>
    <ActualizarLlamado>Actualizar Llamado</ActualizarLlamado>
    <Carros>Carros</Carros>
    <Cargando>Cargando</Cargando>
    <VerLlamados>Ver Llamados</VerLlamados>
    <ActualizandoLlamado>Actualizando Llamado</ActualizandoLlamado>
  </FormCarros>
</mensajes>
```

### ***3.9. Mejoras punto de interés***

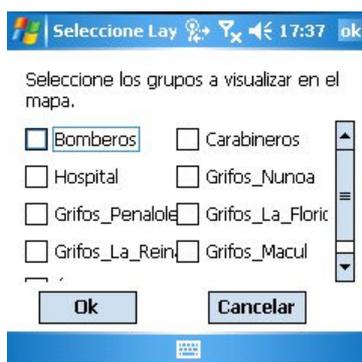
Cómo MapaMóvil es utilizado por los Bomberos en casos reales, es que se agregaron los grifos pertenecientes a las comunas de Ñuñoa, La Reina, Macul, Peñalolen y La Florida. La comuna con menos grifos es Macul con cerca de 500, mientras que la que más posee es La Florida triplicando a Macul con cerca de 1.500 grifos. Para poder generar los XML de cada grifo se tomo la información existente en la Central de Alarmas, la cual se encuentra en un formato propio de la aplicación utilizada (*ArcGIS*).

Para llevar la labor a cabo, se tuvo que seleccionar los grifos de cada comuna, esta labor se hizo utilizando el programa *TatukGIS Editor*<sup>7</sup>. El software permite seleccionar puntos, los cuales posteriormente fueron guardados en un archivo que contenía en cada línea un grifo, la información del grifo era la coordenada norte, este (en coordenadas UTM) y la dirección, separados por punto y coma. Se creó un archivo por cada comuna y luego se generó un programa que leyera ese archivo y generara el archivo XML para el grifo. El programa se valió de la biblioteca que maneja coordenadas, ya que los grifos están en coordenadas UTM, mientras que MapaMóvil maneja la información en coordenadas geográficas.

Una vez generados los archivos XML se cargaron en la PDA. El cargar los archivos trajo como consecuencia que MapaMóvil se demorara varios minutos en iniciarse. Debido a esto hubo que ver como subsanar el problema, esto permitió identificar que MapaMóvil leía al iniciarse todos los puntos de interés independientemente si fueran mostrados o no en el mapa.

Además del problema asociado a la lentitud del inicio del programa, también se pudo detectar un comportamiento errático en la funcionalidad destino; lo anterior debido a que la ubicación se mostraba con un desfase de varios segundos, la razón de esto se debe a que los puntos de interés una vez cargados son almacenados en memoria.

Finalmente se optó por que los puntos de interés fuesen cargados sólo cuando el usuario lo decidiera, utilizando la interfaz creada para ello (ver Figura 17). Esto permite que sólo los puntos de interés seleccionados se encuentren en memoria, permitiendo que la funcionalidad destino recuperara su comportamiento normal. Además el inicio de MapaMóvil también volvió a ser normal rondando los 30 segundos. Otra modificación relacionada, fue que el contenedor de los Puntos de Interés, objeto llamado Grupo de Interés no los cargue durante su instanciación, sino sólo cuando es solicitado por el usuario.



**Figura 17: Selección Puntos de Interés a visualizar**

<sup>7</sup> URL: <http://www.tatukgis.com/products/Editor/Editor.aspx>

## 4. Pruebas y Resultados Obtenidos

Durante el desarrollo de esta memoria se han realizado variadas pruebas, las cuales han tenido como fin comprobar la correctitud del programa, así como la usabilidad que tiene. Éstas se han realizado durante toda la duración de la memoria y no se han visto acotadas a un periodo específico.

Una de las funcionalidades que más se ha probado es la de destino. Ello ha permitido ver la real utilidad de ella, además estas mismas pruebas han dado inicio a mejoras que entregan un mejor producto al usuario. Dentro de estas mejoras está el poder desplazarse a través del mapa estando en la funcionalidad destino, así como el mantener informado al usuario de la distancia a su destino.

También han permitido mostrar que algunas modificaciones afectan directamente otras tareas no modificadas, como lo fue el hecho de agregar miles de puntos de interés. Lo anterior afectó directamente el rendimiento de MapaMóvil, por lo que hubo que identificar el problema y solucionarlo.

Las pruebas en terreno permitieron notar la diferencia existente entre el mapa y la realidad, lo cual hizo necesario modificar las coordenadas que cubría el mapa. Con la corrección realizada se tiene un acercamiento con la realidad mayor, dejando los errores del orden de los 20 metros.

Otra de las pruebas que se realizaron, no con la metodología ni en la cantidad ideal, fueron las pruebas de usuario. En una ocasión se le entregó la PDA con el destino ya seleccionado a un conductor al momento de dirigirse a una emergencia, posteriormente de vuelta al cuartel comentó la utilidad de la aplicación. De igual forma se mostró MapaMóvil a un Comandante, quién vio las funcionalidades existentes, y probó la funcionalidad destino en su auto (en este caso no durante una emergencia).

Asimismo se mostraron a otros bomberos las interfaces relacionadas con los carros y las emergencias. Luego de dar unas directrices los usuarios pudieron acceder a las distintas funcionalidades existentes, quedando gratamente sorprendidos con las capacidades de la aplicación.

El Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa ha confiado en la utilidad que le puede brindar la aplicación. Lo anterior ha permitido contar con conexión a Internet a través de la red de telefonía móvil. Mediante esta conexión se ha podido comprobar que MapaMóvil puede trabajar de igual forma utilizando la red *WiFi*, como una red *EDGE*. Los tiempos de respuesta de los servicios web utilizando ambas redes casi no carecen de diferencia. Además se tiene el

beneficio de utilizar la red *EDGE* que tiene una gran cobertura, debido a que se utilizan las mismas antenas que proveen de telefonía móvil.

El día 12 de Diciembre del 2008, el Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa tuvo un incendio en las intersecciones de las calles Las Amapolas y Carlos Castellón en la comuna de La Florida. Para asistir ese incendio me dirigí en un carro de comandancia, cuya nomenclatura es K-3. Ese vehículo tiene como objetivo en un incendio, el transportar al Comandante (Oficial de mando con mayor rango). Durante el trayecto al incendio junto al Comandante se le informó, con la información obtenida de MapaMóvil, los carros que asistían al lugar, así como los carros disponibles. Esto evitó consultas radiales y/o telefónicas a la Central de Alarmas, y permitió que el Comandante fuese planificando el accionar durante el incendio mientras se dirigía este.

Una vez situados en el incendio, y a solicitud del Comandante, fue instalado el puesto de mando en el vehículo en el cual nos habíamos dirigido. Con la información necesaria en MapaMóvil, no fue necesario solicitar mayores datos a la Central de Alarmas. Sólo fue necesario indicarle que el puesto de mando se establecía en el carro K-3, esto a la espera del carro acondicionado para este fin llamado X-1, el cuál se dirigía al incendio.

Durante este uso en una emergencia real se vio la necesidad de modificar la forma en que se interrelaciona la información del mapa con la de los carros. Lo anterior debido a que como hoy en día es desplegada la información, al intercambiar entre el mapa y la información que se obtiene de la central, se pierde la información. El perder la información implica que si el usuario desea ver el mapa y luego volver a ver la información de los carros, deberá esperar a que la información sea solicitada nuevamente a través el servicio. Ello genera perdida de tiempo impidiendo un accionar continuo por parte del usuario.



**Figura 18: Trabajo durante Incendio del 2 de Diciembre del 2008**

Dentro de los resultados producidos por esta Memoria se encuentra también el artículo llamado “MobileMap: A Collaborative Application to Support Emergency Situations in Urban Areas”, el cual ha sido enviado a la conferencia “Computer Supported Cooperative Work in Design 2009” (CSCWD 2009).

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

Con las mejoras realizadas a MapaMóvil, se ha podido ver la real utilidad que puede tener para Bomberos en su labor diaria. El hecho de poseer información adecuada para llegar a una emergencia de manera visual, reduciendo los problemas asociados al hecho de retener mentalmente esa información, es un gran avance para esta institución. De igual forma permite entregar mayor seguridad y rapidez en el desplazamiento.

La labor de Bomberos se realiza siempre en equipo, ya sea al interior de una compañía o entre ellas. Esto genera una necesidad constante de intercambio de información. MapaMóvil permite que los tomadores de decisiones posean más información con respecto a una emergencia y a las compañías asistentes. En definitiva, se ha trasladado variada información, la cual previamente se encontraba concentrada en la Central de Alarmas, al lugar de trabajo de los bomberos, es decir la calle.

Con la incorporación de GPS, MapaMóvil aumento su funcionalidad. Actualmente MapaMóvil permite tener la posición actual del usuario, entregando información relacionada con su entorno, como por ejemplo nombre de calles, puntos de interés, carros de bomberos, sentido de desplazamiento. En la ausencia del GPS era el usuario quien debía desplazar el mapa hasta la ubicación en que se encontraba.

El trabajo en conjunto con los usuarios permite que las aplicaciones sean mejoradas constantemente y a su vez no genera sorpresa en los usuarios. Además permite que el desarrollo realizado no sea en vano.

Los dispositivos móviles como los son las PDA, no tienen una diferencia sustantiva en la creación de aplicaciones con respecto a los computadores de escritorio. De hecho con las herramientas utilizadas la tarea de generar la aplicación para computadores de escritorio es bastante simple. Lo anterior se ve corroborado al tener el MobileWebServer ejecutándose en la Central de Alarmas sin la necesidad de realizar cambios en él.

Al continuar el trabajo realizado por otras personas se pudo dimensionar la necesidad de escribir código, respetando convenciones y patrones. En definitiva la necesidad de plantearse que el código puede ser continuado por personas distintas a uno.

Como se pudo ver la forma actual en que se manejan los puntos de interés no es la más adecuada, ya que en el caso de los grifos, se pudo notar la necesidad de manejarlos de otra manera. En efecto hubo que realizar cambios para mejorar el rendimiento de MapaMóvil. En el futuro deberá ser necesario estudiar mejoras en el manejo de ellos; por ejemplo que cada categoría de puntos de interés sea almacenada en un solo archivo. Esto reduciría los accesos a

disco, por ende disminuiría el tiempo de procesamiento de cada categoría de puntos de interés. También sería interesante ver las diferencias que se pueden dar entre tener cada categoría en archivos separados, versus almacenarlas todas en un solo archivo XML, teniendo una etiqueta categoría que permita saber la pertenencia de la información.

Además, la forma en que se tratan los puntos de interés es de manera idéntica para todos, independiente de la categoría. Ello no es lo más idóneo, ya que cada punto de interés posee características propias. Por ejemplo una comisaría no puede tratarse de igual forma que un grifo. Es posible también que en un futuro se agreguen puntos de interés que sean edificios, en donde ya no sólo interesa la ubicación, sino también la cantidad de pisos, de ascensores, de departamentos, si posee o no red húmeda, red seca o red inerte. Por lo que en la próxima versión de MapaMóvil se deberá extender para manejar distintos puntos de interés y tratarlos de manera adecuada, eso sí utilizando como base la lógica existente hoy en día.

Por ahora MapaMóvil muestra el mapa, y permite agregar iconos predeterminados para puntos de interés. Pero sería una muy buena característica permitir al usuario dibujar sobre el mapa. Si tenemos en cuenta que la PDA posee un lápiz para poder generar trazos sobre la pantalla, para el usuario dibujar sobre la pantalla sería intuitivo. El desarrollo de esta funcionalidad es un gran desafío, ya que junto con ver la forma más idónea para implementarla, tiene que poseer un enfoque basado en la utilización que le dará el usuario. Como si lo antes expuesto no fuera poco, se debe tener en cuenta que MapaMóvil permite modificar la escala del mapa. Esto implica que la implementación deberá tener en cuenta la escala en la cual se encuentra el mapa y transformar los trazos según la nueva escala utilizada por el usuario. Finalmente se deberá idear la forma de intercambiar la información generada entre usuarios, de manera que permita mostrar al mismo tiempo los trazos dibujados por los distintos usuarios.

En la actualidad MapaMóvil intercambia información bajo un esquema Cliente-Servidor; lo anterior implica que si el servidor deja de ser accesible el intercambio de información se suprime. Para subsanar este problema es necesario pensar en un nuevo esquema de intercambio de información que tal vez mantenga la relación Cliente-Servidor, pero, ante la ausencia del segundo permita el intercambio entre los dispositivos. Es decir que ante la ausencia del servidor alguno o todos los dispositivos actúen como servidor. Ello deberá llevarse a cabo sin la necesidad de una configuración preestablecida de comunicación; es por lo tanto una real alternativa la utilización de una *MANET* (Mobile ad hoc network). Este tipo de redes utiliza comunicación inalámbrica y no importa la topología de la red. Además ya existen trabajos al interior del DCC sobre este tipo de redes, lo que facilitaría la utilización de esta.

Dentro del trabajo futuro deberán realizarse pruebas de usuario más formales, de tal forma que permita capturar de manera idónea tanto la utilidad de la herramienta, como la usabilidad de las interfaces. El proceso no necesariamente tiene que llevarse a cabo durante una

emergencia. Esto debido a que en esta versión de MapaMóvil, el usuario es un ente receptor de información, no así para las próximas versiones, en donde el usuario será también un ente generador de información. Estas pruebas también permitirán medir la duración de la batería de la PDA de manera más fidedigna, ya que involucrará el hecho de que el usuario interactúa activamente con ella.

Como se pudo ver en la investigación previa, hoy en día no existen herramientas que permitan la distribución de información contextualizada durante emergencias. Esta memoria es la primera aproximación a una herramienta de ese tipo. Con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas y mi experiencia como bombero, permite avizorar un buen futuro para esta herramienta. Dentro de las mejoras que aún faltan por implementar es el permitir capturar y distribuir la información generada durante la emergencia por los equipos de trabajo.

## 6. Bibliografía y Referencias

- [Alarcón, 2005] Alarcón, R., Guerrero, L., Ochoa, S., Pino, J. Context in Collaborative Mobile Scenarios. CEUR Proceedings Workshop on Context and Groupware, CONTEXT'2005. Vol. 133, Germany. Paris, France, July 5-8, (2005).
- [Aldunate, 2006] Aldunate, R., Ochoa, S., Pena-Mora, F., Nussbaum, M. Robust Mobile Ad-hoc Space for Collaboration to Support Disaster Relief Efforts Involving Critical Physical Infrastructure. ASCE J. of Computing in Civil Engineering. American Society of Civil Engineers (2006).
- [Antunes, 2002] Antunes, P., Costa, C. Handheld CSCW in the Meeting Environment. Lecture Notes in Computer Science 2440, (2002), 47-60.
- [Brézillon, 2004] Brézillon P., Borges M.R.S., Pino J.A., Pomerol, J., "Context-Awareness in Group Work: Three Case Studies", in Proceedings of the IFIP WG8.3 International Conference on *Decision Support Systems (DSS 2004): Decision support in an uncertain world*, Prato, Italy, July 1-3 2004, p. 115-124.
- [Canós, 2005] Canós J.H., Borges M.R.S., Alonso G., "An IT View of Emergency Management", *IEEE Computer*, vol. 38 no. 12, 2005, p. 27.
- [Chen, 2000] Chen, G. Kotz, D. A Survey of Context-aware Mobile Computing Research. Dept. of Computer Science, Dartmouth College, Technical Report, TR2000-381, Nov. (2000).
- [Carrasco, 2006] Carrasco, V. Soporte Web en Dispositivos Móviles para el Soporte de Aplicaciones Colaborativas. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil en Computación, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile (2006).
- [Columbia/Wharton, 2006] Columbia/Wharton Roundtable, Risk Management Strategies in an Uncertain World, IBM Palisades Executive Conference Center, Palisades, New York, April 12-13, 2002.
- [Comfort, 2004] Comfort, L. Dunn, M., Johnson, D., Skertich, R., Zagorecki, A. Coordination in Complex Systems: Increasing Efficiency in Disaster Mitigation and Response. *Int. Journal of Emergency Management* 2(1/2), (2004), 62-80.

- [Currion, 2007] Currion P., de Silva C., Van de Walle B., “Open source software for disaster management”, *Communications of the ACM*, vol. 50 no. 3, 2007, p. 61-65.
- [Dykstra, 2003] Dykstra E., *Toward an International System Model in Emergency Management*, Public Entity Risk Institute, 2003.
- [E-TEAM, 2008] E-TEAM, Digital Resources, obtenida 20 de Agosto, 2008, desde <http://www.eteam.com/resources/index.html>
- [Farley, 1999] Farley J., “Building Enterprise Government Using OpenGIS Technology”, in *Proceeding of the Geospatial Information and Technology Association, Open GIS Seminar*, Charlotte, North Carolina, April 25-28 1999.
- [Federal Emergency Management Agency, 1997] Federal Emergency Management Agency, *State Capability Assessment for Readiness Process*, Report to the US Senate Committee on Appropriations, 1997.
- [Federal Emergency Management Agency, 2002] Federal Emergency Management Agency, *Federal Response Plan (FRP)*, 9230.1-PL, 2002.
- [Godschalk, 2003] Godschalk D., “Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities”, *ASCE Journal on Natural Hazards Review*, vol. 4 no. 3, 2003, p. 136-143.
- [Guerrero, 2004] Guerrero, L. Pino, J., Collazos, C., Inostroza, A., Ochoa, S. *Mobile Support for Collaborative Work*. *Lecture Notes in Computer Science* 3198, (2004). 363-375.
- [Heath, 1992] Heath, C., Lupp, P. *Collaboration and control; crisis management and multimedia technology in London Underground line control rooms*. *Computer Supported Cooperative Work* “An International Journal” 1(1-2), (1992). Pp. 69-94.
- [Jackson, 2002] Jackson B., Peterson D., Bartis J., LaTourrette T., Brahmakulam I., Houser A., Sollinger J., *Protecting Emergency Responders: Lessons Learned from Terrorist Attacks*, RAND Science and Technology Policy Institute Report, March 2002.
- [Manual de operaciones Multi-Institucional ante Emergencias – ABC, 2001] *Manual de operaciones Multi-Institucional ante Emergencias – ABC*, 2001. Disponible en: <http://www.bomberos.cl/bibliote/manualabc.pdf>
- [Mendonça, 2007] Mendonça D., “Decision support for improvisation in response to extreme events: Learning from the response to the 2001 World Trade Center attack”, *Decision Support Systems*, vol. 43 no. 3, 2007, p. 952-967.

- [Mileti, 1999] Mileti, D. *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in United States*. Joseph Henry Press. Washington D.C., (1999).
- [Multi-Sector Crisis Management Consortium, 2008] Multi-Sector Crisis Management Consortium, *Multi-Sector Crisis Management Consortium Programs*, obtenida 20 de Agosto, 2008, desde <http://www.msccmc.org/>
- [National Commission on Terrorist Attacks, 2004] National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States, *The 9/11 Commission Report*, 2004.
- [National Research Council, 2002] National Research Council, *Making the nation safer: The role of science and technology in countering terrorism*, National Academies Press, USA, 2002.
- [National Science and Technology Council, 2003] National Science and Technology Council. *Reducing Disaster Vulnerability Through Science and Technology*. Subcommittee on Disaster Reduction. Committee on the Environment and Natural Resources. (2003).
- [Ochoa, 2006] Ochoa S.F., Neyem A., Pino J.A., Borges M.R.S., “Using Context to Support Group Decision Making in Disasters Affecting Urban Areas”, in *Proceeding of IFIP TC8/WG 8 International Conference on Creativity and Innovation in Decision Making and Decision Support (CIDMDS 2006)*, London, England, June 29 - July 1 2006, p. 546-561.
- [Smith, 2003] Smith S., *Inter-Agency Collaboration and Consequence Management: An All-Hazard Approach to Emergency Incident Response*, Public Entity Risk Institute, 2003.
- [Stewart, 2002] Stewart, T., Bostrom, A. *Extreme Events: Decision Making*. Workshop Report. Decision Risk and Management Science Program. National Science Foundation. (2002).
- [Rinaldi, 2001] Rinaldi S., Peerenboom J., Kelly T., “Complexities in Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies”, *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 22 no. 6, 2001, p. 11-25.
- [Roth, 2001] Roth, J., Claus Unger, C. *Using Handheld Devices in Synchronous Collaborative Scenarios*. *Personal and Ubiquitous Computing* 5(4). (2001). Pp. 243-252.
- [Swiatek, 1999] Swiatek J., *Crisis Prediction Disaster Management*, SAIC Science and Technology Trends II, June, 1999.

- [Turoff, 2002] Turoff M., “Past and Future Emergency Response Information Systems”, *Communications of the ACM*, vol. 45 no. 4, 2002, p. 29-32.
- [Van de Kar , 2004] Van de Kar, E., Van der Duin, P. Dealing with Uncertainties in Building Scenarios for the Development of Mobile Services Full. Proc. of HICSS’04. IEEE Comp. Society Press (2004).
- [van de Walle, 2007] van de Walle B., Turoff M., “Emergency Response Information Systems: Emerging Trends and Technologies”, *Communications of the ACM*, vol. 50 no. 3, 2007, p. 29-31.
- [Villarroel, 2007] Villarroel, M. Navegación y actualización de información de cartografía, utilizando dispositivos handheld. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil en Computación. Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Chile (2007).
- [Wigley, 2003] Wigley, A., Wheelwright, S. Microsoft .Net Compact Framework. Microsoft Press, (2003).