



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ciencias de la Computación

“REDUCIENDO EL TRÁFICO RADIAL EN EMERGENCIAS A TRAVÉS DEL USO DE INFORMACIÓN RELEVANTE Y TECNOLOGÍA MÓVIL”

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS, MENCIÓN
COMPUTACIÓN**

MANUEL JESÚS IBARRA CABRERA

PROFESORES GUÍA:
SERGIO FABIÁN OCHOA DE LORENZI
JOSÉ ALBERTO PINO URTUBIA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
JOHAN FABRY
JOSÉ MIGUEL PIQUER GARDNER
RODOLFO VILLARROEL ACEVEDO

SANTIAGO DE CHILE
NOVIEMBRE 2011

Resumen

Bomberos de Chile es la organización encargada de mitigar emergencias cotidianas en el país, por ejemplo: incendios, accidentes de tránsito, derrames químicos, etc. El Comandante de Incidente (CI) es el responsable de organizar, coordinar y tomar decisiones en el lugar de la emergencia. Para cumplir esta tarea, este comandante mantiene comunicación radial con la Central de Alarmas (CA) de bomberos y con los equipos de respuesta asignados a la emergencia. Para poder tomar decisiones el CI requiere información del contexto, la cual debe ser entregada en forma rápida y precisa; por ejemplo la ubicación de los grifos de agua, hospitales, carros que acuden a la emergencia y las características del área circundante al evento.

El problema que se presenta en este tipo de escenarios, es que la cantidad de información que intercambian los involucrados para hacer frente a la emergencia, satura el canal de comunicación radial. En caso de ocurrir dos o más emergencias simultáneamente en un radio menor a 2 o 4 kilómetros dependiendo de la potencia del dispositivo, las frecuencias se superponen. Típicamente el dispositivo de mayor potencia anula al de menor potencia, o bien los mensajes de una emergencia interfieren con los de otras emergencias, generando mensajes inentendibles. Otro problema asociado a la comunicación radial se hace presente cuando la CA tiene que atender a 2 o más emergencias simultáneamente, ya que para ello se cuenta sólo con un canal de comunicación radial que abarca unos 30 kilómetros aproximadamente. La concurrencia en el acceso al canal generalmente produce demoras en el intercambio de información.

Este trabajo de tesis busca determinar el tipo de información de apoyo, y su forma de representación, que es requerida en terreno para poder tomar decisiones en forma rápida. Contar con dicha información a tiempo permite no sólo mejorar la toma de decisiones en terreno, sino también reducir el tráfico radial en una emergencia. Esto permite soportar un mayor número de interacciones entre los involucrados.

Para determinar la información relevante de compartir durante una emergencia, se analizaron los audios grabados de las emergencias del año 2009 del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa. En las grabaciones se encontraron algunos patrones de comportamiento de solicitud/respuesta por cada tipo de emergencia. Además se identificaron los tipos de solicitudes que son más repetitivas.

En base a los resultados de este análisis se embebió en la herramienta MapaMóvil, la información considerada como importante para apoyar la toma de decisiones. La herramienta dispone de información precargada en el dispositivo celular y se comunica con la CA mediante una red 3G o bien WiFi para obtener información extra. La validación de la herramienta se hizo a través de un focus group con 5 comandantes del Cuerpo de Bomberos de Ñuñoa y Santiago.

Los resultados obtenidos muestran que al usar la herramienta MapaMóvil en un dispositivo celular, es posible reducir el tiempo de uso del canal de la radio en un 20% aproximadamente. Además la información precargada en la aplicación reduce el tiempo de acceso a la misma y de esa manera mejora el proceso de toma de decisiones en terreno durante una emergencia.

Agradecimientos

A Sergio Ochoa y José Pino por sus consejos, dedicación y paciencia durante el desarrollo del proyecto.

A Álvaro Monares por su apoyo incondicional.

A mi familia por haber confiado en mí.

A la OEA por haberme permitido tener esta experiencia maravillosa.

Contenido

Resumen	1
Agradecimientos	2
Índice de Figuras	6
Índice de Tablas	7
Glosario de términos.....	8
1. Introducción.....	9
1.1 Formulación del problema a abordar	10
1.2 Justificación de la propuesta.....	11
1.3 Hipótesis de trabajo	12
1.4 Objetivos de la tesis.....	12
2. Metodología de trabajo.....	13
2.1.Recolección y clasificación de datos.....	13
2.2.Extensión a MapaMóvil.....	15
2.3.Validación de la propuesta.....	15
3. Trabajos relacionados	17
4. Requisitos de la solución.....	20
4.1 Requisitos de usuario	20
4.2 Requisitos de software.....	21
4.3 Matriz requisitos de usuarios y requisitos de software	22
4.4 Usuarios del sistema.....	22
4.4.1 Características de los usuarios.....	22
4.4.2 Casos de uso.....	23
5. Diseño de la solución	25
5.1 Diseño arquitectónico	25
5.1.1 Arquitectura física	25
5.1.2 Arquitectura lógica	26

5.1.3	Modelo de datos.....	27
5.1.4	Descripción de las tablas de la base de datos	28
5.2	Diseño detallado	28
5.2.1	Diseño detallado de módulos.....	29
5.2.2	Interfaces de usuario.....	30
6.	Solución implementada	33
6.1	Funcionamiento general de MapaMóvil	33
6.2	Problemas de la versión anterior de MapaMóvil.....	34
6.3	Solución actual	35
6.3.1	Archivo “xml” para un PDI	35
6.3.2	Puntos y áreas de interés en un radio de acción.....	38
6.3.3	Mostrar información del MM disponible.....	40
6.3.4	Mostrar información de la emergencia	41
6.3.5	Enviar y recibir archivos	44
6.3.6	Mostrar características de los edificios.....	45
6.4	Modelo del proceso de software	45
6.5	Tecnología utilizada.....	46
6.6	Dificultades encontradas en la implementación de la solución.....	48
6.7	Validación de la solución	49
7.	Resultados obtenidos.....	51
7.1.	Resultados cualitativos.....	51
7.2.	Resultados cuantitativos	52
7.2.1	Resultados de audios asociados a emergencias urbanas	52
7.2.2	Resultados del grupos focal	58
7.2.3	Resultados de la usabilidad mediante evaluación de experto.....	61
7.2.4	Análisis y resultados de los costos	63
7.3.	Discusión	64
8.	Conclusiones y trabajo a futuro	66
9.	Referencias bibliográficas	68

ANEXOS.....	71
Anexo 1 - Cuestionario de usabilidad de software para móviles – usuario final.....	72
Anexo 2 - Cuestionario de usabilidad de software para celulares móviles - Heurística.	73
Anexo 3 - Nomenclatura de “Acto” en emergencias.....	76
Anexo 4 - Modelo físico de la base de datos para emergencias cotidianas.....	77
Anexo 5 - Resultados cuantitativos de los audios escuchados.....	81

Índice de Figuras

Figura 1 : Interacción de los usuarios con el sistema	23
Figura 2 : Arquitectura física de la solución	25
Figura 3 : Arquitectura lógica de la aplicación	26
Figura 4 : Modelo relacional de la base de datos de emergencias	27
Figura 5 : Diseño de los módulos de MapaMóvil	30
Figura 6 : Diseño de interfaces para la navegación en MapaMóvil	31
Figura 7 : Descripción de las interfaces	32
Figura 8 : Grifos en la versión anterior de MapaMóvil	34
Figura 9 : Formato de los archivos xml	35
Figura 10 : Formato del archivo edificios.xml	36
Figura 11 : Lectura dinámica de la información de un PDI	37
Figura 12 : Puntos de interés	39
Figura 13 : Archivo ".xml" de un ADI	40
Figura 14 : Estado del MM	41
Figura 15 : Selección destino	42
Figura 16 : Detalle de la emergencia	42
Figura 17 : Servicio Web que obtiene el detalle de una emergencia	43
Figura 18 : Ruta a seguir	44
Figura 19 : Plano eléctrico	44
Figura 20 : Detalle de un edificio	45
Figura 21 : Tiempo de uso de la radio en emergencias	58

Índice de Tablas

Tabla 1:Emergencias ocurridas del 2005 al 2009	14
Tabla 2: Grupo focal con CI	15
Tabla 3 : Matriz de trazado RU vs RS	22
Tabla 4 : Descripción de la base de datos para emergencias	28
Tabla 5 : Comparación del tiempo de lectura	38
Tabla 6 : Distancia y colores	42
Tabla 7 : Audios escuchados de las emergencias del 2009	54
Tabla 8 : Mensajes intercambiados en una emergencia	55
Tabla 9 : Mensajes que se repite en emergencias	56
Tabla 10 : Tiempo de uso de la radio en emergencias	57
Tabla 11 : Preguntas y su Media	59
Tabla 12 : Nivel de conocimiento	60
Tabla 13 : Nivel de Conocimiento en manejo de celulares y la satisfacción entre grupos	61
Tabla 14 : Opinión de los usuarios expertos	63
Tabla 15: Acceso a Internet	64
Tabla 16: Sistema Operativo del celular	64

Glosario de términos

ADI: Área de Interés

CA: Central de Alarmas

CB: Cuerpo de Bomberos

CI: Comandante de Incidente EB: Equipo de Bomberos

GPS: Global Positioning System

MM: Material Mayor (carro bombero)

PDA: Personal Digital Assistant

PDI: Punto de Interés

SAMU: Sistema de Atención Médica de Urgencia

SOAP: Service Object Access Protocol SQL: Structured Query Language

UOCT: Unidad Operativa de Control de Tránsito

W3C: World Wide Web Consortium

XML: eXtensible Markup Language

1. Introducción

En la mayoría de los países de Latinoamérica, existen Cuerpos de Bomberos, que funcionan como una institución jurídica dividida en varias compañías. En muchos casos, todos los bomberos son voluntarios que no reciben salario por la labor desempeñada; en otros, hay unos pocos bomberos profesionales y el resto son también voluntarios. Los recursos económicos para su operación los obtienen a través de aportes de los gobiernos municipales, provinciales y regionales, donaciones de instituciones públicas y privadas, recursos fiscales, aportes de la comunidad y socios cooperadores, e incluso con dinero propio de los voluntarios para comprar material y equipos de entrenamiento del personal.

En Chile, la respuesta ante varios tipos de emergencias es responsabilidad de los bomberos. El primer Cuerpo de Bomberos (CB) fue formado en Valparaíso el 30 de junio de 1851. Desde ese día y hasta hoy, ha conservado la característica de ser: *“voluntariado y de servicio a la comunidad”*. La célula básica de la organización de los bomberos es la Compañía, de las cuales hay alrededor de 1.100 en todo el país. La autoridad máxima de cada CB es su Directorio, encabezado por su Superintendente, quien es su representante legal; por otro lado las labores operativas están a cargo de Comandantes de Incidente, a quienes les corresponde dirigir las acciones de respuesta a la emergencia. Las Compañías dependen del respectivo CB, su máxima autoridad es el Director.

El proceso de mitigación de una emergencia se inicia cuando hay una llamada telefónica al número 132, el cual transfiere automáticamente a la Central de Alarmas (CA) del CB correspondiente. En la CA atiende un(a) operador(a), quién solicita la ubicación y características principales de la emergencia. Con la información anterior se determina las compañías, unidades vehiculares y el Comandante de Incidente (CI) que asistirán a la emergencia. El CI es el responsable de organizar, coordinar y tomar decisiones en el lugar de la emergencia. Para cumplir esta tarea, el CI mantiene una comunicación frecuente con la CA y el Equipo de Bomberos (EB) mediante equipos de radiotransmisión. El EB lo constituye el conjunto de bomberos que acude a la emergencia. Finalmente, una vez concluida la tarea, el EB y los vehículos vuelven a las instalaciones de sus Compañías.

Según el CB de Ñuñoa, cada año se incrementa el número de atenciones a emergencias. Por ejemplo, en el 2009 se reportaron 2997 emergencias, las cuales aumentaron a 3286 durante el 2010 [CBN, 2010]. Por otro lado, según el INE¹ la cantidad poblacional proyectada para el año 2010 es 1.953.397 [INE, 2010], considerando sólo 5 comunas: La Reina, La Florida, Peñalolén, Macul y Ñuñoa. La combinación de estos dos últimos indicadores nos permite observar que los riesgos para que ocurra una emergencia se incrementan cada año, debido al crecimiento poblacional en este sector.

¹ Instituto Nacional de Estadísticas, institución que genera todas las estadísticas oficiales de Chile

1.1 Formulación del problema a abordar

En Chile, existen situaciones de emergencia cotidianas que ocurren en el área urbana, como por ejemplo: incendios, accidentes de tránsito, fuga de gases, derrames químicos, inundaciones, etc. Los bomberos son los encargados de acudir a este tipo de emergencias. Para realizar esta tarea utilizan comunicación por voz mediante equipos de radiotransmisión.

Para controlar una emergencia, el CI y el EB requiere información adicional del contexto en forma rápida y precisa, como por ejemplo: ubicación de los grifos de la red de agua, número de pisos de una casa que se está incendiando, ubicación de los ascensores (en caso de edificios), puntos de seguridad para ubicar a los rescatistas, rutas de evacuación, ubicación del panel de control de electricidad y gas, características del área circundante al evento por ejemplo materiales peligrosos en casas aledañas, hogares de ancianos, colegios, etc.

El problema es que el tráfico radial que se produce para el intercambio de información entre la CA y el EB que acude al lugar de la emergencia satura el canal de comunicación. Para realizar esta actividad se cuenta sólo con tres canales de radiofrecuencia disponibles, lo cual es claramente insuficiente para comunicar acciones a todas las personas involucradas en el rescate de una emergencia. A pesar que la radiotransmisión brinda muchos beneficios para estos casos, actualmente es una limitación, especialmente en el proceso de dar respuesta a emergencias urbanas y se está buscando nuevas alternativas de interacción [Schöning, 2009; Carver, 2007; Aldunate, 2006; Turoff, 2002].

En caso de ocurrir dos o más emergencias simultáneamente en un radio menor a 2 o 4 kilómetros (dependiendo de la potencia del dispositivo) las frecuencias se superponen. Típicamente el dispositivo de mayor potencia anula al de menor potencia, o bien el mensaje de una emergencia interfiere con los mensajes de las otras emergencias generando mensajes inentendibles, lo cual produce una gran confusión interna entre los usuarios, retarda la toma de decisiones y dificulta las respuestas apropiadas. Por esa razón no es raro que en situaciones de emergencia se hable de *improvisación*.

Este mismo problema está presente cuando se comunica el CI a cargo de una emergencia y la CA. Para esta tarea se cuenta sólo con un canal de comunicación radial que abarca unos 30 kilómetros aproximadamente (hay un CI por cada emergencia). En caso de ocurrir varias emergencias simultáneamente, supongamos 3, la concurrencia de acceso al canal generalmente produce demora en el intercambio de información. Esta demora se puede producir porque el canal está ocupado, el mensaje fue anulado por un dispositivo de radio de mayor potencia o el mensaje es inentendible porque se mezclaron. Si tenemos en cuenta que el CI es el encargado de tomar las principales decisiones en terreno para coordinar el esfuerzo de mitigación de la emergencia, claramente no hay mucho que esta persona pueda hacer si se encuentra parcialmente incomunicado.

Por otro lado, hay información del contexto que es necesaria para organizar y coordinar acciones de respuesta a la emergencia. Parte de esta información está representada en forma gráfica (fotos, imágenes, planos, etc.) y en forma espacial (ubicación de grifos, hospitales, calles, áreas de riesgo, etc.) la cual es difícil de transmitir y compartir mediante sistemas de

radio. Gran parte de la información requerida es previsible y se encuentra disponible en la CA, pero debido a la naturaleza de esta información y a los problemas antes mencionados, ésta se vuelve muy difícil de comunicar. Ante la problemática descrita anteriormente, nos planteamos las siguientes preguntas:

¿Es posible reducir el tráfico radial y aumentar la disponibilidad de información en una situación de emergencia urbana?

¿Será posible establecer formas de interacción entre los bomberos que sean complementarias a los sistemas de radio?

¿Qué tipo de información es requerida para cada tipo de emergencia?

1.2 Justificación de la propuesta

Si bien hoy en día existen sistemas comerciales y/o libres (open source) basados en tecnología móvil, como por ejemplo CATS [Swiatek, 1999], OpenGIS [Farley, 1999], DERMIS [Turoff, 2004], Sahana [Currion, 2007], DUMBONET [Kanchanasut, 2007B], Eplan [Zhang, 2008] y MESA [MESA, 2009], este tipo de soluciones está claramente fuera del alcance de bomberos, principalmente por un tema de costos, ya que para su implantación se requiere del uso de equipos y/o servicios costosos, tales como: canales o estaciones satelitales, routers, sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de gas, antenas móviles y dispositivos móviles especializados para bomberos. El costo total de este tipo de soluciones podría llegar a los millones de dólares.

La solución planteada en el presente trabajo de investigación, es considerada como de bajo costo por las siguientes razones: (1) cada bombero puede aportar su propio dispositivo celular, tal como lo hace actualmente con el equipo de radio comunicación y (2) con la masificación de los dispositivos móviles los costos han disminuido notablemente y se puede optar por solicitar la donación de alguna empresa del país, lo cual tendría costo cero o muy bajo para el bombero.

En las últimas décadas hemos visto una revolución en la miniaturización y disminución de precios en los equipos de tecnología móvil y comunicaciones inalámbricas [Mattern, 2004]. Los dispositivos móviles han cautivado el interés de la sociedad, logrando insertarse en las labores cotidianas de las personas. Esto ha generado un sinnúmero de posibilidades para crear soluciones como apoyo a diversas actividades. Algunos de los escenarios de aplicación son la educación, turismo, los servicios de salud, y apoyo a emergencias, entre otros.

Por otro lado, el uso de estos dispositivos móviles aún presenta algunas limitaciones, por ejemplo el tamaño pequeño de la pantalla, poca capacidad de memoria, y mecanismos ineficientes para manejar la entrada de datos [Chittaro, 2006]. Por esta razón es necesario hacer un análisis detallado para priorizar la información a desplegar en la pantalla de este tipo de dispositivos.

La tecnología GPS (Global Positioning System) suele ser cada vez más popular en el ámbito de los dispositivos móviles, porque permite determinar la posición de un usuario o recurso dentro

de un mapa cartográfico. Dado esto, la existencia de un sistema de localización que utilice la infraestructura satelital ha tomado especial fuerza (independiente de la conexión a Internet). Sin embargo, esta tecnología todavía tiene limitantes como por ejemplo el restringido uso dentro de ambientes interiores y el margen de error del dispositivo, que por lo general está en el rango de las decenas de metros.

El aporte principal de este trabajo de investigación fue la concepción de una solución de bajo costo, capaz de ser utilizada a través de un teléfono celular, la cual apoya el trabajo del CI y de los bomberos durante una emergencia. Los resultados de su evaluación preliminar indican que esta solución permite reducir el tráfico radial y obtener información pertinente del contexto durante una emergencia.

1.3 Hipótesis de trabajo

Las hipótesis de trabajo definidas para esta tesis fueron las siguientes:

1. Parte de la información que se intercambia en una emergencia urbana es evitable, pues se podría contar con ella antes de un evento.
2. Un sistema computacional móvil que aumente la disponibilidad de la información, permitirá tomar decisiones más rápidas y eficaces, si se compara con el soporte radial.
3. El aumento de la disponibilidad de la información de apoyo permitirá reducir el tráfico radial asociado al intercambio de dicha información.

1.4 Objetivos de la tesis

El objetivo general de este trabajo de tesis es el siguiente: *“determinar el tipo de información y su forma de representación, que permita reducir el tráfico radial y mejorar la toma de decisiones en terreno”*. Esto permitirá saber qué tipo de información debe tener disponible el CI, dependiendo del tipo de emergencia, para hacer su trabajo más eficiente y eficaz. Esto debería contribuir a reducir el tiempo de mitigación de emergencias urbanas, y por lo tanto se reducirían las consecuencias que un evento tiene sobre las personas y sus bienes. Los objetivos específicos que se desprenden del objetivo general son los siguientes:

1. Encontrar la frecuencia de uso de la información que se intercambia en una emergencia urbana.
2. Identificar el tipo de información frecuentemente requerida, la cual podría estar disponible al momento de despachar los recursos a una emergencia urbana.
3. Encontrar nuevas formas de interacción basadas en información espacial, que permitan el intercambio de información entre la CA y el CI durante una emergencia urbana.

2. Metodología de trabajo

En esta sección se describe la metodología propuesta para desarrollar el trabajo de investigación. Está dividida en tres partes. La primera consistió en obtener y clasificar los datos de emergencias recientes, que cumplan con la caracterización mencionada en esta propuesta. Luego se embebió en la herramienta MapaMóvil [Monares, 2009] los diferentes servicios que permitan acceder en forma fácil y rápida a la información identificada como importante. Finalmente, se realizó la validación de la propuesta con los Comandantes del CB Ñuñoa y Santiago para evaluar el impacto de los servicios implementados.

2.1.Recolección y clasificación de datos

Los datos se obtuvieron de la CA del CB de Ñuñoa, que está conformado por once Compañías que se distribuyen por todo el territorio jurisdiccional, compuesto por las comunas de Ñuñoa, La Reina, Peñalolén, Macul y La Florida. El acceso a los datos fue factible, gracias a las coordinaciones con los Comandantes del CB de Ñuñoa.

La recolección de datos se realizó de la siguiente forma:

- *Forma 1: Grabaciones de audio.* La CA de Ñuñoa registra la grabación de los mensajes por radio que intercambian el CI y la operadora de la CA, desde el momento que inicia hasta que finaliza la emergencia. Se graba en archivos de audio con extensión “.mp3”. Cada archivo grabado corresponde a un fragmento de la conversación.

Se obtuvieron las grabaciones de audio del año 2009. Luego se seleccionó los archivos mediante un muestreo probabilístico estratificado por el tipo de emergencia. Luego se escuchó y analizó los audios de los archivos previamente seleccionados, de esta manera se encontró algunos patrones de comportamiento por cada tipo de emergencia.

Un resumen del número de emergencias ocurridas en los últimos 5 años, se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1:Emergencias ocurridas del 2005 al 2009 (Fuente: CB Ñuñoa)

Clave	Acto ²	Tipo	Año					Total
			2005	2006	2007	2008	2009	
10-0	LI Cdcia	Estructural	418	459	461	434	472	2243
	Cc							
	Incendio							
10-1	LI Cdcia	Vehículo	108	106	106	103	139	562
10-2	LI Cdcia	Arbusto, Forestal, Basurero	449	477	480	472	623	2501
	Cc							
	Incendio							
10-3	Salvamento	Salvamento	281	221	218	215	242	1177
10-4	Rescate	Rescate	649	534	527	570	534	2814
10-5	LI Cdcia	Emergencia Química	9	15	16	17	24	81
10-6	LI Cdcia	Gas	265	362	480	340	363	1810
10-7	LI Cdcia	Eléctrico	70	61	65	108	109	413
10-8	LI Cdcia	No Clasificado	138	112	117	57	59	483
	Exploración							
10-9	Otros Servicios	Otros Servicios	324	314	346	451	394	1829
10-10	LI Cdcia	Rebote	7	3	3	9	9	31
	Cc							
10-11	LI Cdcia	Servicio Aéreo	1	1	0	1	0	3
10-12	LI Cdcia	Apoyo a otro cuerpo	11	7	14	12	20	64
10-13	LI Cdcia	Atentado terrorista	1	1	0	1	0	3
10-14	LI Cdcia	Colisión de avión	0	0	1	1	0	2
10-15	LI Cdcia	Simulacro	0	0	0	2	9	11
Total			2731	2673	2834	2793	2997	14028

- *Forma 2: grupo focal con CI.* Se realizaron reuniones de grupo focal con los Comandantes de algunas de las Compañías perteneciente al CB de Ñuñoa, para obtener información relevante de cada emergencia. Esto ha permitido conocer aquellas necesidades que no han podido ser registradas en las grabaciones, debido a que el canal estaba ocupado o porque los mensajes eran inentendibles por la superposición de los mismos. Aquí se ha podido obtener sugerencias y comentarios importantes sobre la información que el CI requiere y que la CA no logra satisfacer debido a las limitaciones que presenta la radio.

La Tabla 2 muestra un resumen de las 4 reuniones realizadas con los CI mediante la técnica de grupo focal. En promedio las reuniones tuvieron una duración de 57,75 minutos.

² La explicación de cada uno de los actos se muestran en el Anexo 3

Tabla 2: Grupo focal con CI

Ítem	Fecha	Número de participantes	Duración
1	28/02/2007	3	0h:53m
2	30/10/2009	3	0h:50m
3	16/11/2009	4	0h:45m
4	09/09/2011	5	1h:23m

Una vez recolectada y analizada la información de las emergencias a procesar en este estudio (de las formas antes mencionadas), se procedió encontrar algunos patrones de ocurrencia por cada tipo de emergencia. Con esto se determinó cuál es la información que es más solicitada, y la más importante para paliar la situación. La información identificada se categorizó a través de una taxonomía para poder manejarla de manera más apropiada.

Con los datos categorizados, se realizó un análisis estadístico de las peticiones que más se repiten en cada tipo de emergencia (frecuencia).

2.2. Extensión a MapaMóvil

Después de haber identificado cuál es la información que debería estar disponible en la herramienta de apoyo al CI, se procedió a embeberla en la herramienta MapaMóvil [Monares, 2009]. Luego se le agregó a la herramienta la implementación de algunos mecanismos de notificación táctil y visual (awareness) que sean pertinentes para facilitar la cooperación entre bomberos en terreno, el CI y la CA. Para la implementación de esta extensión se utilizó el lenguaje de programación C#, el sistema operativo Windows Mobile para dispositivos móviles

2.3. Validación de la propuesta

La validación de la propuesta se llevó a cabo de la siguiente forma:

a) Análisis de audio asociado a emergencias urbanas

Al inicio, se escucharon las grabaciones de audio de un conjunto de emergencias representativas, las cuales fueron provistas por la CA de Ñuñoa. Se midió el tiempo de uso de la radio en estas emergencias (situación actual) donde la aplicación propuesta aún no ha sido utilizada. Además se codificó la información que se solicita/entrega a través de la radio, para identificar cuánta de esta información es evitable si se contara con un sistema de apoyo que permitiera accederla por demanda (**hipótesis 1**).

A partir del análisis de la información codificada se buscaron patrones de solicitud/entrega de información por tipo de evento. Se calculó el tiempo en que se podría reducir el uso de la radio utilizando paralelamente la aplicación MapaMóvil. De esta manera se pueda verificar la

hipótesis 3: *Al aumentar de la disponibilidad de la información de apoyo (en este caso utilizando MapaMóvil) se reduce el tráfico radial asociado al intercambio de dicha información.*

b) Validación con los usuarios (bomberos)

La validación se realizó mediante reuniones de grupo focal donde se revisó la extensión a MapaMóvil. En las reuniones de grupo focal participaron entre 3 y 5 Comandantes, quienes entregaron su opinión y comentarios respecto a la solución propuesta. A partir de esta información se pudo inferir (en forma preliminar) el nivel de validez de la **hipótesis 2**. Se trabajó con la Primera y Segunda Compañía de Bomberos de Ñuñoa, quienes apoyaron durante esta etapa de validación.

3. Trabajos relacionados

El problema de comunicación asociado a los sistemas de radio, manejo de información y toma de decisiones, ha sido ampliamente discutido por la comunidad científica del área [Midkiff, 2002; Meissner, 2002; Smith, 2005, 2009; Kanchanasut, 2007; Swiatek, 1999; Turoff, 2004; Currion, 2007; Zhang, 2008]. Sin embargo, las propuestas de solución en los trabajos anteriores están enfocadas a apoyar a rescatistas en grandes emergencias o en situaciones de desastres (por ejemplo terremotos, tsunamis, huracanes, etc.). Estas soluciones tienen un costo elevado, que las hace inviables para compañías de bomberos que operan con voluntarios y con un presupuesto muy pequeño.

Por otro lado, en los trabajos previos del área se ha encontrado que uno de los grandes problemas durante una emergencia es la falta de interoperabilidad de los radiotransmisores [Manoj, 2007]. Adicionalmente, se generan dos problemas cruciales con la radiotransmisión: imposibilidad de transmitir información digital y escasa cantidad de canales de comunicación disponibles. Por esto, los investigadores han visto la necesidad de encontrar otras formas de comunicación en la cual se pueda transmitir información espacial (en imágenes o video), además de voz.

Agrawal [Agrawal, 2004], [Rauschert, 2002] y otros, mencionan que la mayoría de la información requerida en una emergencia tiene una connotación geográfica, como: las causas del siniestro, la gente involucrada, la infraestructura afectada, los recursos disponibles para llevar a cabo el proceso de respuesta, etc. La información geo-espacial de un área es importante para analizar su vulnerabilidad y gestionar el riesgo asociado a la misma. Dicha información también es necesaria para la respuesta durante el evento y las actividades posteriores de recuperación. Por otro lado, también señalan que el diseño de la interfaz debería estar centrado en el usuario y el acceso a información geográfica podría ser facilitado a través de varias interfaces humano computador.

Bader y otros [Bader, 2008], proponen implementar un Centro de Operaciones Inteligente de Emergencias, en el cual se pueda utilizar un computador portátil con pantalla táctil para mostrar un mapa, con el cual se interactúa mediante gestos realizados con las manos sobre la pantalla. Similarmente, Bartels y otros [Bartels, 2010] proponen una aplicación de puesto de mando simple y portable, basado en dispositivos móviles y redes ad-hoc. La aplicación proporciona el apoyo a la comunicación y colaboración entre rescatistas con el objetivo de acelerar el proceso de búsqueda y salvamento.

Cova [Cova, 1996] sostiene que al tratar con estos eventos extremos, muchos de los problemas críticos que se plantean son inherentemente de tipo espacial. Si un analista está evaluando el impacto potencial de un peligro, o un administrador de emergencia está identificando las mejores rutas de evacuación durante un desastre o un ingeniero civil está planificando la reconstrucción después de un desastre. Todos estos individuos enfrentan sus tareas con un fuerte componente espacial. Por esta razón, el espacio geográfico es un valioso marco para razonar acerca de muchos problemas que surgen en el contexto de la gestión de emergencias.

Montoya [Montoya, 2003] propone una aplicación para la gestión del riesgo de desastres urbanos, la actualización periódica de la infraestructura construida (especialmente los edificios) y bases de datos geo-espaciales que apoyan el proceso de respuesta a una emergencia. Esto es particularmente relevante en países en desarrollo, donde las tasas de urbanización son muy altas. Sin embargo, la recopilación de información sobre las características de los edificios a través de encuestas puede ser muy costosa y requiere mucho tiempo. Este trabajo explora el uso de un método de recopilación de datos para la elaboración de un inventario de construcción, basado en la combinación de los sensores remotos (RS), sistemas de posicionamiento global (GPS), de video digital (DV) y sistemas de información geográfica (GIS).

Las investigaciones realizadas por los autores mencionados anteriormente, plantean que durante el manejo de una emergencia, es necesario y crítico tener información espacial, para mejorar la toma de decisiones en la respuesta a una emergencia. Por ejemplo es fundamental saber: la ubicación geográfica de puntos específicos, causas de la emergencia, infraestructura física del lugar de la emergencia, recursos disponibles para manejar la emergencia, entre otros. El problema es que transmitir este tipo de información por un canal de radio es muy complejo, por tanto se busca nuevas formas de interacción que permitan acceder a información geo-espacial a través de interfaces humano computador.

Schöning y otros [Schöning, 2009] desarrollaron una herramienta de realidad aumentada con dispositivos móviles, para dar soporte a la comunicación de la información espacial en situaciones de emergencia. El enfoque combina una cámara móvil y mapas en papel para asegurar un intercambio rápido y confiable de información espacial. La herramienta sirve para llegar rápidamente al lugar de la emergencia, y disminuir los errores al tratar de ubicar la dirección del lugar de la emergencia. Esta modalidad planteada reduce notablemente los errores comparada con exclusivamente usar el canal de voz. Aunque esta propuesta parece ser útil para mostrar planos o croquis sobre la infraestructura afectada, la necesidad de contar con planos en papel para utilizar la aplicación, es una restricción demasiado fuerte para el escenario de emergencias aquí abordado.

Jiang y otros [Jiang 2004] también dan cuenta de la falta de información de apoyo durante una emergencia. Tratando de solucionar este problema, ellos desarrollaron el prototipo de una aplicación que permite la comunicación entre bomberos usando dispositivos móviles. El trabajo planteado (Sirena), provee la base para recopilación, integración y difusión de datos contextuales como la localización y la temperatura. Ésta presupone la existencia de sensores ubicados previamente en lugares estratégicos de la estructura siniestrada, por ejemplo en los detectores de humo, o han sido desplegados sobre la marcha por el primer equipo en llegar al lugar de la emergencia. Esta solución es poco factible que pueda ser usada en el contexto abordado en este estudio, porque la infraestructura física de las edificaciones no está implementada con los sensores.

Las dos últimas investigaciones mencionadas, se han orientado a resolver problemas de emergencias urbanas de pequeña y mediana envergadura, y tienen dimensiones similares al presente trabajo de investigación.

Por otra parte, un estudio publicado por el National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH, 2003] ha identificado las deficiencias que presentan las comunicaciones por radio, especialmente cuando los bomberos trabajan en estructuras muy grandes y necesitan movilidad. Este estudio determinó que usar una sola tecnología de comunicación no es suficiente, y que utilizar combinaciones de éstas sería mucho mejor. A su vez, se identificaron nuevas tecnologías que podrían contribuir a resolver los problemas de comunicaciones de los bomberos, por ejemplo: las redes móviles de área (MANet), ultra wideband (UWB), amplificadores bi-direccionales (BDA), comunicaciones por línea eléctrica (PLC), la frecuencia media (MF), muy baja frecuencia (VLF), y la frecuencia de radio a través de materiales de calefacción y ventilación (RF en HVAC).

El trabajo más cercano a esta propuesta es el desarrollado por Monares y otros [Monares, 2009], quienes proponen una solución llamada MapaMóvil que permite la intercomunicación de información digital entre el CI en terreno y la CA. La comunicación entre estos dos nodos se lleva a cabo a través del sistema de comunicaciones WiFi (Wireless Fidelity) y GSM (Global System for Mobile Communication) sobre la red celular, lo cual es relativamente barato y transparente para los usuarios. Los usuarios interactúan a través de un sistema de software y nunca se enteran del tipo de comunicación que están usando como soporte. Los resultados obtenidos por estos investigadores muestran que la herramienta ayuda a reducir el tiempo de llegada de los carros de bomberos al lugar de emergencia, y a compartir información muy básica. Sin embargo, la propuesta tiene algunas deficiencias que son: a) la información mostrada no está caracterizada y por tanto satura la pantalla del dispositivo móvil; b) demora al cargar los puntos de interés de la aplicación; y c) no contempla algunas funcionalidades nuevas (recientemente encontradas) que el CI requiere durante una emergencia.

Luego de una búsqueda de artículos relacionados en las principales conferencias y revistas del área, no se encontraron trabajos asociados a soluciones de bajo costo para abordar el problema planteado, excepto la de Monares y otros [Monares, 2009]. Además, luego de una entrevista con directivos de la Junta Nacional de Cuerpos de Bomberos de Chile, se concluyó que en el país no hay otra herramienta para abordar el problema planteado.

Debido a las limitaciones antes planteadas, este trabajo de tesis propone extender MapaMóvil para que pueda apoyar la labor del CI y de los líderes de equipo durante una emergencia urbana. La herramienta aumenta la disponibilidad de la información que se necesita en los distintos tipos de emergencias, y de esa manera se reducirá la necesidad del tráfico radial. Además, la herramienta también permite a los CI contar con mejores elementos de información para tomar decisiones y así tratar de reducir las pérdidas materiales y humanas durante emergencias urbanas.

4. Requisitos de la solución

En esta sección se muestra y explica los requisitos más importantes que se encontraron para la implementación de la solución propuesta.

4.1 Requisitos de usuario

A continuación se presenta los principales requisitos de usuario que forman parte de esta solución:

- 1) **Mostrar la disponibilidad del “Material Mayor” (MM).** MM es un vehículo motorizado (carro) especialmente diseñado para atender emergencias. Por lo general un carro es denotado por una o dos letras seguido de un guión y un número. Por ejemplo “B-6” significa Carro Bomba que pertenece a la Sexta Compañía de Bomberos. Cuando ocurre una emergencia, en algunas situaciones el CI requiere pedir algún MM en particular, y para ello es necesario saber la disponibilidad del mismo.
- 2) **Saber los MMs que asisten a una emergencia.** El CI requiere saber de manera rápida y confiable la información del contexto del lugar de la emergencia. Un aspecto importante es saber la ubicación de los carros en un determinado momento. Por ejemplo se requiere saber el MM que ya se encuentra en el lugar de la emergencia, el MM que está en tránsito hacia la emergencia y el MM que todavía no ha salido de su respectiva Compañía.
- 3) **Enviar/recibir una foto.** Un bombero puede sacar una foto y enviarla al servidor de la CA. Esto permite compartir información digital instantánea entre los que asisten a la emergencia. La foto puede estar referida a alguna imagen importante: casa o habitación en llamas, vista panorámica de un accidente, etc. Por otro lado, puede recibir alguna imagen desde la CA, por ejemplo el plano de la red eléctrica, plano de la red de gas, foto que envió un bombero, o alguna otra que sea importante para el CI.
- 4) **Mostrar las características de un Punto de Interés (PDI).** Los PDIs se pueden clasificar en: grifo de agua de una comuna, hospital, compañía de bombero, edificio, etc. Cada uno de estos puntos tiene atributos en común y atributos que lo puede diferenciar. En ocasiones el CI requiere saber las características asociadas a un PDI. Por ejemplo para el caso de un edificio, es importante saber el número de pisos, el número de habitaciones, la ubicación de la piscina, etc. Durante una emergencia el CI requiere saber de manera rápida las características de un PDI.
- 5) **Mostrar los PDIs de mayor importancia en una emergencia.** Es necesario mostrar sólo los PDIs más importantes a la emergencia. En el caso particular de los grifos de agua, mostrar todos los grifos en una pantalla reducida puede ocasionar saturación de información, por esa razón es importante analizar la información que se debe mostrar dentro de un radio de acción que tiene como centro al lugar de la emergencia.

- 6) **Utilizar Microsoft Windows Mobile.** Se desea mantener el Sistema Operativo de la versión anterior de MapaMóvil.
- 7) **La solución debe ser interoperable.** La solución propuesta debe ser interoperable con otros sistemas que están en proceso de desarrollo en la CA. Entendemos por interoperable al hecho de que debe ser transparente la interacción de la aplicación MapaMóvil con la base de datos, los servicios Web y el sistema operativo del servidor.

4.2 Requisitos de software

Dentro de los requisitos de software tenemos:

- 1) **Mostrar la disponibilidad del “Material Mayor” (MM).** Funcionalidad que le permite al usuario *Comandante de Incidente* visualizar un listado de los carros indicando: nombre del carro, estado y chofer. Aquí se contempla los códigos internos utilizados por las Compañías. Por ejemplo si un carro tiene estado “6-3” significa “Material Mayor está ubicado en el lugar de la emergencia”.
- 2) **Saber los MMs que asisten a una emergencia.** Funcionalidad que le permite al usuario *Comandante de Incidente* saber el MM que ya se encuentra en el lugar de la emergencia y el MM que está en tránsito hacia la emergencia. El listado muestra el nombre del carro, el estado y la distancia (en metros) que le falta a cada carro para llegar al lugar de la emergencia. También proporciona la fecha y hora de llamado de la emergencia.
- 3) **Calcular la distancia entre el MM y la emergencia.** El sistema calcula la distancia (en metros) que existe entre cada uno de los carros y el lugar de la emergencia, para esto requiere las coordenadas de latitud y longitud de los 2 puntos.
- 4) **Obtener la fecha y hora de despacho de los MMs.** Esta funcionalidad permite al usuario *Comandante de Incidente* obtener la fecha y hora de despacho de cada uno de los MMs que asisten a la emergencia.
- 5) **Enviar/recibir una foto.** Funcionalidad que le permite al usuario *Bombero* sacar una foto en formato JPG y enviarla al servidor de la CA. El nombre del archivo está asociado al identificador de la emergencia concatenado con la hora en que se tomó la foto. Luego esta foto queda a disposición de cualquier usuario que lo quiera descargar.
- 6) **Mostrar las características de un PDI.** Funcionalidad que le permite al usuario *Comandante de Incidente* o *Bombero*, obtener las características de un PDI. Cada uno de los PDIs deberá ser almacenado en formato XML en el dispositivo móvil.
- 7) **Mostrar los grifos de mayor importancia a una emergencia.** Funcionalidad que proporciona el sistema y permite mostrar en el mapa los grifos de agua más cercanos al lugar de la emergencia. Esto puede ser dentro de un radio de acción, por ejemplo los grifos dentro de un radio de 200 metros.

- 8) **Utilizar Microsoft Windows Mobile.** El sistema funciona en la plataforma Windows Mobile 5.0 (o superior) y utiliza el lenguaje de programación C# para mantener la compatibilidad con versión anterior de MapaMóvil.
- 9) **La solución debe ser interoperable.** El sistema debe ser interoperable con otros sistemas que están en proceso de desarrollo en la CA. Para esto la aplicación utiliza la Arquitectura Orientada a Servicios. Esto permite que la aplicación cliente se comunice con el servidor en forma transparente.
- 10) **Preparar información.** Esta funcionalidad que brinda el sistema, permite preparar las consultas requeridas por los usuarios. Esto lo realiza mediante servicios Web que pueden ser consumidos por los clientes y utiliza los estándares XML y SOAP.

4.3 Matriz requisitos de usuarios y requisitos de software

La Tabla 3 muestra la matriz de trazado de los requisitos de usuario (RU) versus los requisitos de software (RS). Aquí se puede observar que existe por lo menos un requisito de software que está asociado a un requisito de usuario, lo cual nos permite ver la completitud del desarrollo de los mismos.

Tabla 3 : Matriz de trazado RU vs RS

	[RS1]	[RS2]	[RS3]	[RS4]	[RS5]	[RS6]	[RS7]	[RS8]	[RS9]	[RS10]
[RU1]	X									
[RU2]		X	X	X						
[RU3]					X					
[RU4]						X				
[RU5]							X			
[RU6]								X		
[RU7]									X	X

4.4 Usuarios del sistema

A continuación se especifican los tipos de usuarios del sistema, y las capacidades que tiene cada uno de ellos.

4.4.1 Características de los usuarios

Los usuarios del sistema son personas que hacen uso de la aplicación.

Usuario Bombero

Es aquel usuario que puede visualizar los PDIs en el mapa, como por ejemplo los grifos, cuartel de bomberos, edificios, hospitales, carabineros, entre otros. También puede tomar una foto y enviar/recibir a la CA.

Usuario CI

Es aquel usuario que requiere información más detallada del contexto. Puede visualizar el mapa, obtener la lista de carros que asisten a un llamado, la distancia que le falta a los carros para llegar a una emergencia, el detalle de las características de un edificio, entre otros. Esta información es útil para la toma de decisiones del CI, porque le permite tener mayor información disponible del contexto durante la atención a la emergencia. Además, puede hacer uso de las características asociadas a los bomberos.

4.4.2 Casos de uso

Un *Actor* es un rol (labor) que un usuario realiza con respecto al sistema y un *Caso de uso* es una operación o tarea específica que se realiza.

La Figura 1 muestra los *Actores* y la relación con los *Casos de uso* que intervienen en el sistema. *Bombero* es el actor que requiere obtener información básica de la emergencia (por ejemplo los grifos más cercanos). El *Comandante de Incidente* es el actor que requiere información básica y detallada del contexto de la emergencia (por ejemplo la distancia que le falta a cada carro para llegar al lugar de la emergencia). El Sistema de Despacho de la CA es el que proporciona información de las coordenadas de la emergencia y los carros despachados a la emergencia, es un actor importante (sistema externo) con el cual interactúa MapaMóvil.

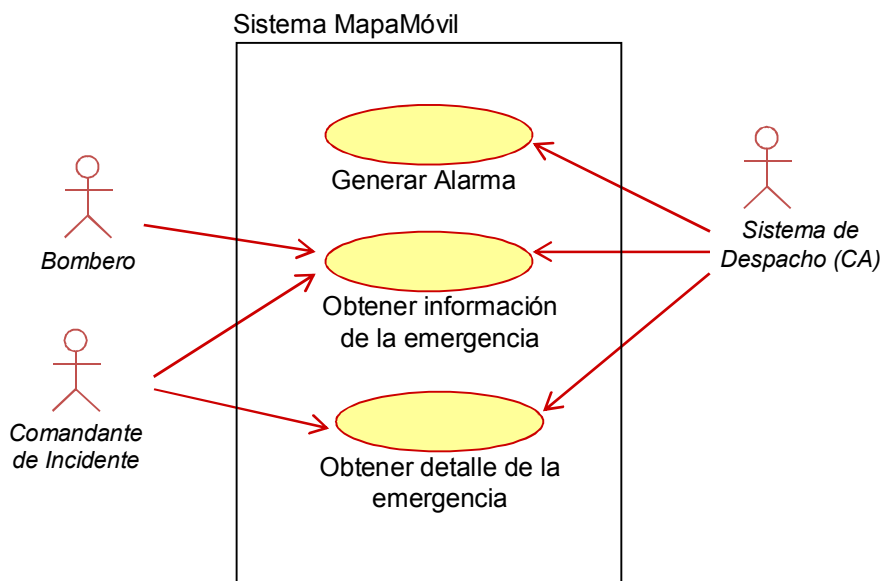


Figura 1 : Interacción de los usuarios con el sistema

El caso de uso *Generar Alarma*, se produce cuando la CA recibe un llamado de emergencia, luego identifica la ubicación del lugar de la emergencia, el tipo de emergencia y los recursos humanos y materiales que deben asistir a la misma.

El caso de uso *Obtener información de la emergencia*, se produce cuando el actor *Bombero* o el *CI* requieren saber los datos asociados al contexto de la emergencia como: los grifos más

cercanos, los centros hospitalarios más cercanos, las áreas de interés en un radio de acción, entre otros.

El caso de uso *Obtener detalle de la emergencia*, se produce cuando el *CI* requiere información detallada de la emergencia, por ejemplo el *MM* que asiste a la emergencia, la distancia de cada *MM* al lugar de la emergencia, el detalle de información de los edificios contiguos, entre otros. Esta información es proporcionada por la *CA* en el instante que sea necesario.

5. Diseño de la solución

Con el fin de satisfacer los requisitos mencionados en el capítulo anterior, se planteó la construcción de una aplicación autónoma, que se ejecute en celulares. En este capítulo se detalla el diseño de la solución propuesta.

5.1 Diseño arquitectónico

La solución propuesta está basada en una arquitectura de 3 capas: la capa de presentación, la capa de la lógica de negocios y la capa de datos. Este tipo de arquitectura presenta mayor flexibilidad para realizar mantenimiento por capas y mejor disposición para escalar a futuro.

5.1.1 Arquitectura física

En la Figura 2 se puede apreciar las principales capas involucradas en el funcionamiento del sistema y la interrelación que existe entre ellos.

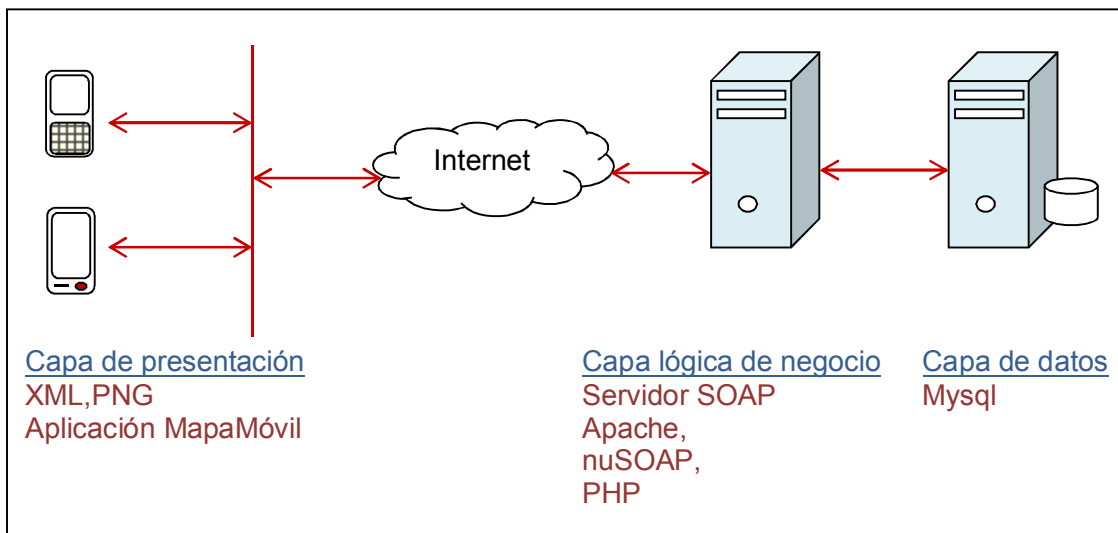


Figura 2 : Arquitectura física de la solución

Capa de presentación. La capa de presentación es la interfaz que se muestra al usuario final de la aplicación. Funciona en un teléfono celular (con pantalla de tipo botonera o táctil) que dispone de un dispositivo de posicionamiento GPS, conexión a Internet por la red celular 3G o mediante Wi-Fi. La conexión a Internet es necesaria para obtener información del servidor a través de una petición SOAP.

Capa lógica de negocios. El servidor SOAP implementado con PHP versión 5.3.2, responde a las peticiones de los dispositivos móviles (clientes) mediante servicios Web³, maneja transacciones según la lógica del sistema y contacta al servidor de base de datos a través de consultas SQL. Es capaz de generar respuestas en formato cadena con estructura XML.

Capa de datos. El servidor de base de datos está encargado de guardar la información detallada de las emergencias y sobre éstos se generan las consultas. Utiliza el motor de base de datos Mysql versión 5.1.41. En este contexto responde a las peticiones de los servicios Web.

5.1.2 Arquitectura lógica

La Figura 3 muestra la arquitectura lógica de MapaMóvil. La aplicación es capaz de funcionar en dos modos.

El primer caso es el funcionamiento en modo “sin conexión” (stand alone). Es decir, la aplicación funciona sin necesidad de establecer una conexión a la CA. En este caso la información mostrada es la que se cargó previamente en el dispositivo móvil mediante archivos en formato “.xml” y “.png” para los PDIs, e imágenes en formato “.jpg” para el caso del mapa. Este modo de funcionamiento, le permite al CI tener información primordial del contexto de la emergencia.

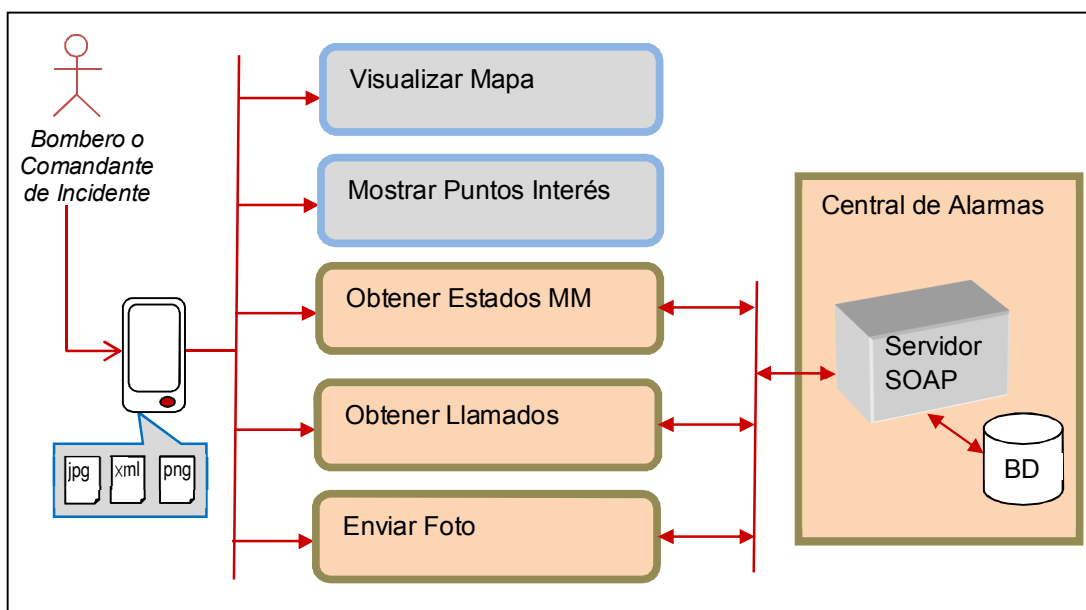


Figura 3 : Arquitectura lógica de la aplicación

³ *Servicios Web*: Traducido del inglés “Web services”, es un mecanismo de comunicación mediante mensajes, entre aplicaciones que se encuentran en redes diferentes

El otro modo de funcionamiento de MapaMóvil es “con conexión”. En este caso la aplicación realiza una conexión a la CA en forma inalámbrica mediante la red de telefonía celular móvil 3G o WiFi. Con esta modalidad es posible obtener información relevante y adicional del contexto, por ejemplo: características de la emergencia, el estado y la ubicación del MM que asiste a la emergencia, enviar y recibir imágenes, etc.

En la CA existe un servidor de base de datos que registra los datos operacionales relacionados con cada emergencia: ubicación exacta de la emergencia, asignación del MM, hora de despacho, hora de llegada, entre otros. De igual forma existe otro servidor que se encarga de proporcionar los “servicios Web” que serán consumidos por la aplicación. También almacena las imágenes (fotos, planos, etc.) en formato “.jpg” o “.png” que se requieren para enviarlos a los dispositivos clientes. Este modo de funcionamiento le permite al CI tener información adicional del contexto para la toma de decisiones.

5.1.3 Modelo de datos

La Figura 4 muestra el modelo relacional de la base de datos, fue diseñada de acuerdo a los requerimientos planteados por el usuario.

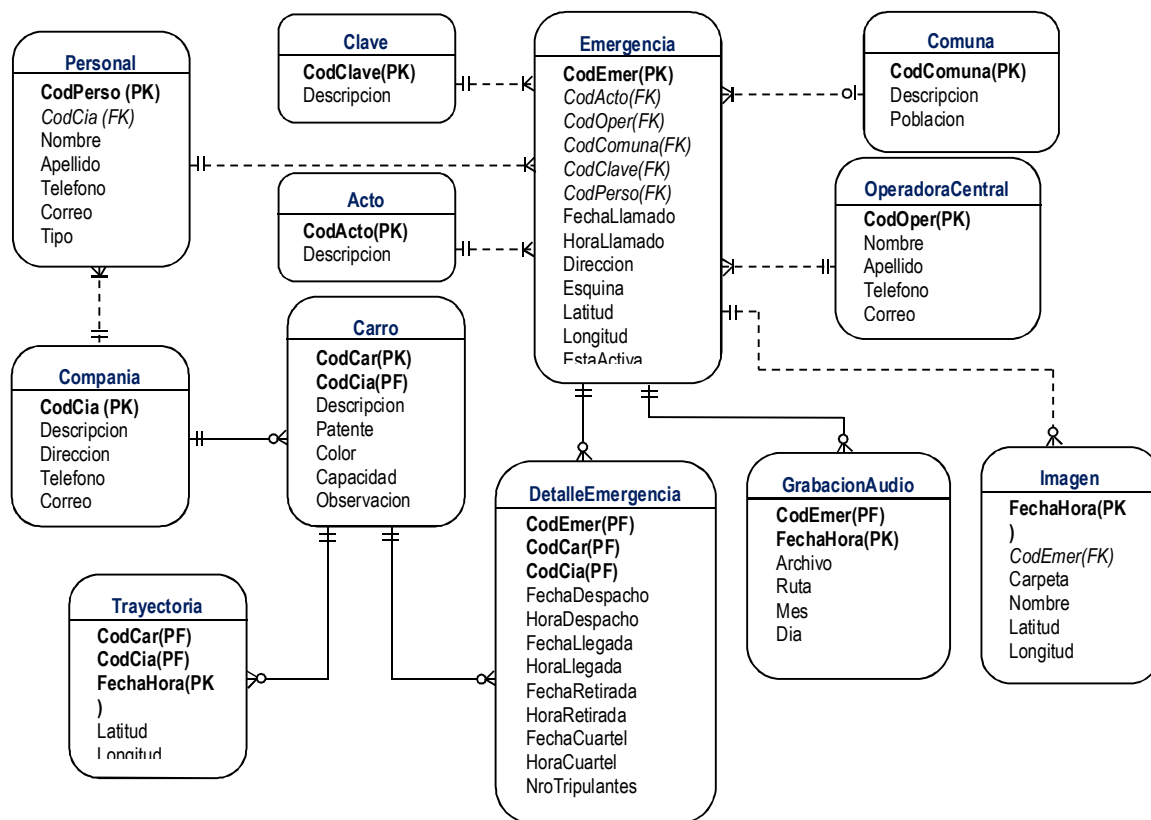


Figura 4 : Modelo relacional de la base de datos de emergencias

5.1.4 Descripción de las tablas de la base de datos

En la Tabla 4, se describen tablas de la base de datos.

Tabla 4 : Descripción de la base de datos para emergencias

Tabla	Descripción
Clave:	Esta tabla describe las claves de las emergencias. Por ejemplo 10-0: Estructural, 10-4: rescate vehicular.
Compania:	Compañía a la cual pertenecen los bomberos y carros
Comuna:	Comuna en las que opera el Cuerpo de Bomberos
Acto:	Describe el tipo de acto de la emergencia: Por ejemplo: Incendio, Carro Completo, Llamada de Comandancia, entre otros.
OperadoraCentral	Representa a la operadora que atiende la emergencia, desde que se inicia el llamado hasta que termina.
Personal	Es el equipo de Comandantes, Capitán, Teniente, Bomberos, etc.
Emergencia	Representa una emergencia en particular, en la que se consigna, la fecha y hora del llamado, la clave, acto de la emergencia, El Comandante de Incidente a cargo, entre otros.
Imagen	Representa a la imagen que se obtiene de una emergencia, o el plano de una casa en particular
GrabacionAudio	Representa a los audios grabados en cada emergencia.
Carro	Representa al vehículo motorizado, especialmente diseñado para asistir a emergencias (MM)
DetalleEmergencia	Representa el detalle de una emergencia, en la que se consigna los carros que asisten a la emergencia, la fecha y hora de despacho, llegada y retorno.
Trayectoria	Representa la trayectoria que describe un carro, consignando la latitud y longitud de los puntos por las que se desplaza.

En el Anexo 4 se muestra el modelo físico de la base de datos relacional, en la cual se describe detalladamente la estructura de cada tabla, la clave primaria y foránea, el tipo de datos de cada atributo y las relaciones que existen entre ellas.

5.2 Diseño detallado

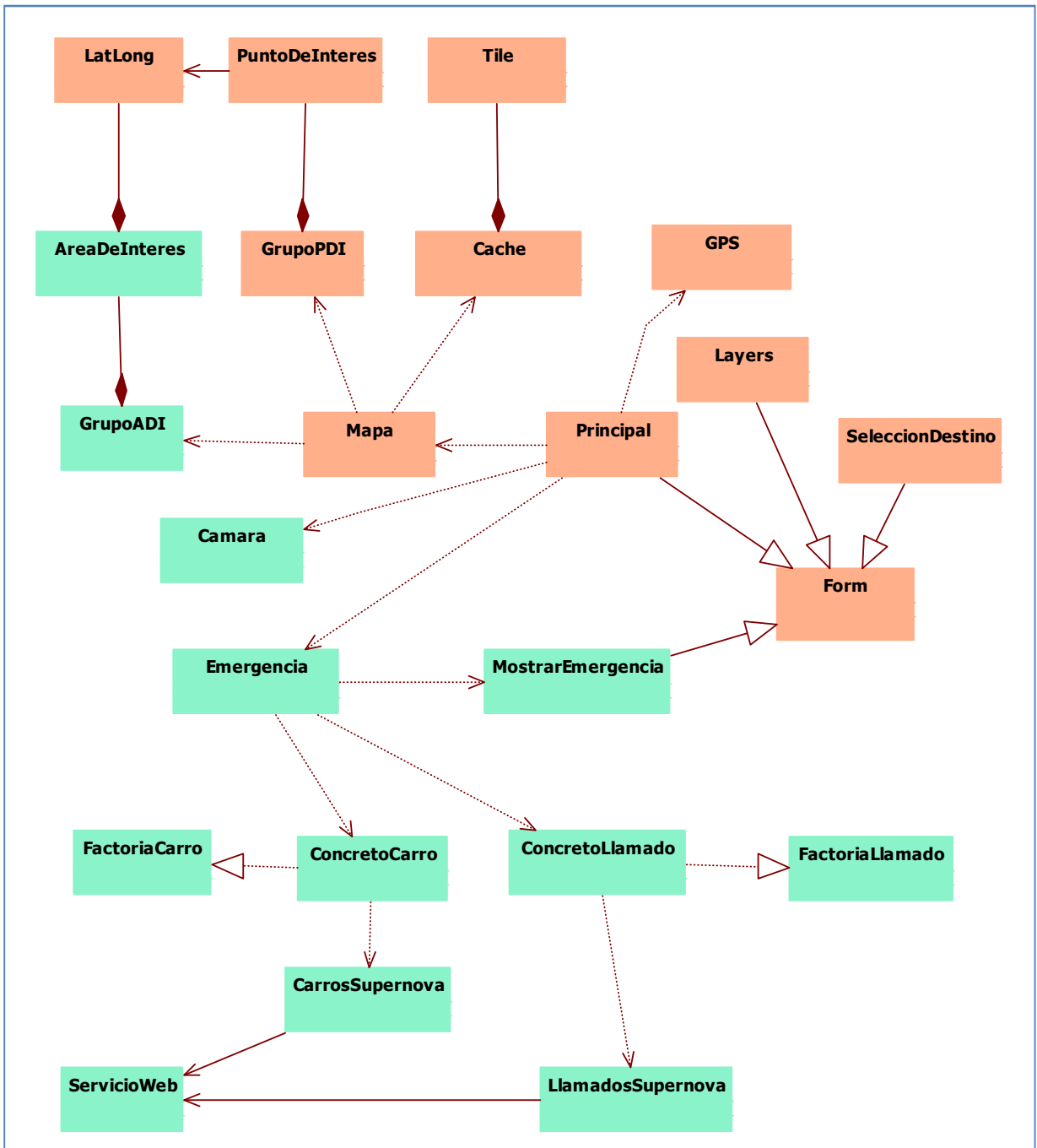
Esta sección presenta el diseño de los módulos principales que participan en MapaMóvil y la interrelación entre ellos.

5.2.1 Diseño detallado de módulos

A fin de proporcionar una idea detallada de los principales módulos que participan en la solución propuesta, en la Figura 5 se presenta el diagrama de objetos y su interacción.

El formulario “Principal” se muestra al iniciar la aplicación, y sobre ésta se cargan las opciones de menú disponibles. El componente “mapa” es el que se encarga de seleccionar, procesar, refrescar y visualizar las imágenes del repositorio local del dispositivo, por ejemplo: las figuras en miniatura del mapa (o baldosas), los puntos y áreas de interés que se desean mostrar en el mapa (ambos asociados por grupos).

Por su parte el componente “Layers” es el que manipula las capas de las imágenes que se muestran en el mapa, ésta puede ser seleccionada por el usuario de acuerdo a las necesidades. Finalmente el componente “Emergencia” es el que se encarga de procesar el detalle de una emergencia (fecha, hora, MM despachado, etc.), y tiene la opción de trabajar con 2 tipos de servidores (Windows o Linux).



5.2.2 Figura 5 : Diseño de los módulos de MapaMóvil **Interfaces de usuario**

En la Figura 6, podemos observar el diseño de las interfaces de MapaMóvil. La pantalla principal tiene cuatro opciones de menú: *Mapa*, *Estados*, *Llamados* y *Archivos*; dos botones de *ampliación* y *reducción* en la vista del mapa; y 5 íconos de herramientas: *Desplazar*, *Destino*, *Regla*, *Información* y *Posición*.

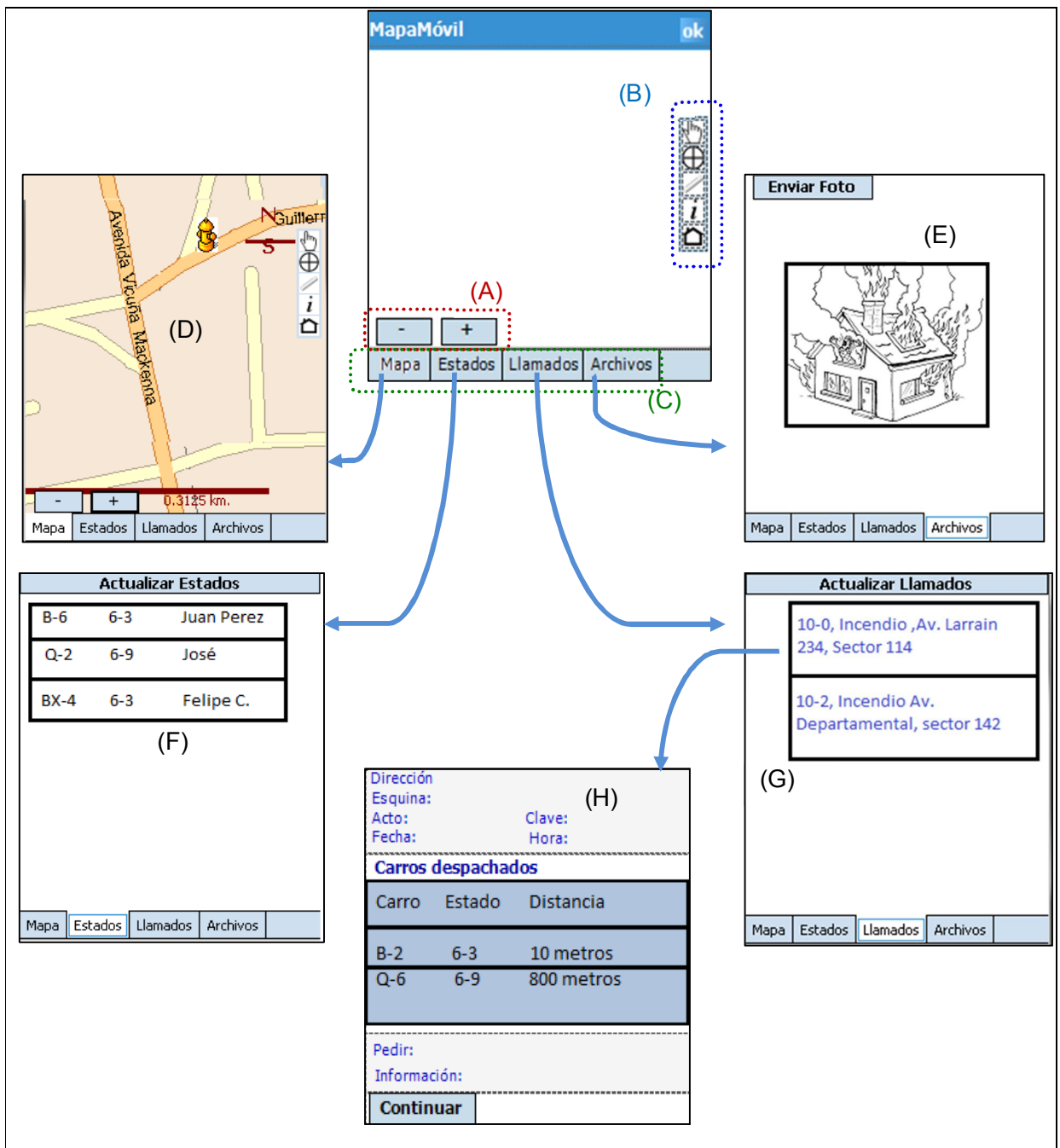


Figura 6 : Diseño de interfaces para la navegación en MapaMóvil

En la Figura 7 se muestra la descripción detallada de las principales opciones de menú e íconos de MapaMóvil.












Ítem	Ícono	Descripción
(A)		Acercar (Zoom in).
		Alejar (Zoom out).
(B)		Permite navegar en el mapa.
		Permite seleccionar el destino de una emergencia.
		Herramienta que permite medir la distancia entre dos puntos.
		Permite seleccionar la información que se desea mostrar en el mapa, por ejemplo grifos de agua, hospitales, etc.
		Posición actual en el mapa.
(C)		Menú para la visualización del mapa.
		Menú que permite visualizar el MM disponible.
		Menú para visualizar la lista de las emergencias activas.
		Menú que permite enviar y recibir fotos.
(D)		En esta opción se muestra el mapa. Permite desplazarse hacia arriba, abajo, izquierda y derecha. También es posible visualizar los PDIs, áreas de riesgo y la posición del MM en el mapa.
(E)		Opción que permite sacar una foto y a enviarla al servidor de la CA. También permite recibir una imagen de la CA.
(F)		Opción que permite obtener la lista del MM con su respectivo estado actual y chofer a cargo.
(G)		Opción que permite obtener el último llamado activo de emergencia.
(H)		Permite visualizar el detalle de una emergencia incluyendo los carros despachados, el estado actual y la distancia en “metros” que le falta para llegar a la emergencia.

Figura 7 : Descripción de las interfaces

6. Solución implementada

En este capítulo se explica la forma en que se implementó la solución propuesta. El trabajo comenzó con la familiarización de la versión anterior, para esto se obtuvo el código fuente, y se analizó las clases más importantes. En esta etapa se encontró algunos problemas de lectura de datos y visibilidad de elementos gráficos sobre el mapa. Luego se evaluó las posibles soluciones a estos problemas y se eligió la más óptima. Posteriormente, se adicionó las funcionalidades que faltaban implementarse.

6.1 Funcionamiento general de MapaMóvil

En esta sección se explica el funcionamiento general de MapaMóvil, esto proviene desde la versión anterior y está basada en “baldosas” (tiles). Una baldosa es una imagen pequeña que representa una porción de un mapa.

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 PDIs. El mapa se construye a partir de imágenes cuadradas de tamaño fijo, con distintos niveles de detalle. Mientras mayor es el nivel de detalle, se requiere mayor cantidad de imágenes para representar una misma área. Estas 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.

Los PDIs 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.

6.2 Problemas de la versión anterior de MapaMóvil

La versión anterior de MapaMóvil presentaba los siguientes problemas:

a) Lectura de los PDIs

Los PDIs asociados al mapa eran almacenados en un archivo XML, *“uno por cada punto”*, se agrupaban por grupos y se almacenaban en una misma carpeta.

Al leer “N” PDIs de una carpeta, generaba “N” accesos a disco, lo cual hacía que cargarlos en memoria fuese lento. Este problema era crítico, porque sólo en la comuna de La Florida existen cerca de 1500 grifos, y cada archivo “.xml” tenía un tamaño aproximado de 300 bytes. En general los PDIs eran menores a 1 kilobyte de tamaño.

b) Visibilidad de los PDIs sobre el mapa

El primer problema respecto a este punto era que los PDIs se mostraban en cualquier nivel de zoom. Esto hacía que se pierda visibilidad en el mapa, especialmente en los niveles de zoom inferiores, por ejemplo en los niveles 1, 2, 3 o 4.

El segundo problema asociado a la visibilidad, era que se mostraban todos los puntos de interés asociados al grupo (por ejemplo 1500 grifos), entonces el mapa se veía saturado de información gráfica innecesaria (ver Figura 8).



Figura 8 : Grifos en la versión anterior de MapaMóvil

c) Mostrar llamados de emergencias

En esta opción mostraba las 10 últimas emergencias que se habían producido, sin embargo, esto no distinguía de las emergencias activas y hacía suponer que había 10 emergencias simultáneas, lo cual no era cierto.

6.3 Solución actual

La solución actual muestra la forma en que se resolvieron los problemas antes mencionados y las nuevas funcionalidades implementadas.

6.3.1 Archivo “xml” para un PDI

a) Estructura del archivo xml

La solución anterior de MapaMóvil, consideraba un archivo por cada PDI (ver Figura 9-a). En la versión propuesta se tiene un solo archivo (ver Figura 9-b) que contiene todos los PDIs de un determinado grupo. Esto hace que el tiempo de respuesta al cargarlos sea menos.

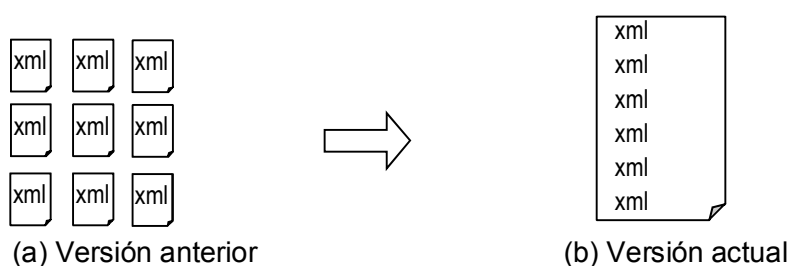


Figura 9 : Formato de los archivos xml

La Figura 10 muestra un ejemplo de la estructura de los PDIs (Edificios) que son almacenados en un archivo “.xml”. La etiqueta `<Type></Type>`, representa el tipo de PDI, por ejemplo: Grifo, Hospital, Carabineros, Compañía de Bomberos, Edificios importantes, etc., para este caso específico el PDI corresponde a “Edificios”.

La etiqueta `<Icon></Icon>`, representa el nombre del ícono que se mostrará en el mapa. En general el archivo es de 30x30 pixeles, tiene tamaño promedio de 1 Kb y una extensión *.png.

La etiqueta `<Zoom></Zoom>` determina el nivel de zoom a partir del cual se mostrará el ícono representativo en el mapa. Es razonable que a partir del zoom 6 se muestre el ícono.

La etiqueta `<VisibleOnlyInRadio></VisibleOnlyInRadio>`, tiene 2 posibles estados “Yes” o “No”, “Yes” indica que el PDI se mostrará sólo dentro del radio de acción; en caso contrario, se muestra dentro y fuera del radio de acción.

La etiqueta `<Name></Name>`, indica el nombre asociado al PDI.

La etiqueta `<Address></Address>`, indica la dirección (avenida, calle, etc.) en la que se ubica el PDI.

La etiqueta `<Coordinates></Coordinates>`, indica las coordenadas cartesianas del PDI, dentro de ella requiere determinar la latitud y longitud.

La etiqueta `<Detail></Detail>`, indica el detalle de las características del edificio, por ejemplo el nombre de la constructora, número de pisos, si posee de red seca, la ubicación de la piscina en caso de tenerla, el número de departamentos dentro del edificio y la fecha de construcción del mismo.

```
<PointsOfInterest>
  <Type>Edificios</Type>
  <Icon>Edificios.png</Icon>
  <Zoom>5</Zoom>
  <VisibleOnlyInRadio>No</VisibleOnlyInRadio>
  <Points>
    <Point>
      <Name>Condominio Grecia</Name>
      <Address>AV Grecia 1010</Address>
      <Coordinates>
        <Latitude>-33.46982</Latitude>
        <Longitude>-70.57476</Longitude>
      </Coordinates>
      <Detail>
        <Constructora>ABC Constructores</Constructora>
        <Nropisos>12</Nropisos>
        <Redseca>No</Redseca>
        <Piscina> piso 1</Piscina>
        <Nroviviendas>30</Nroviviendas>
        <FechaConstruccion>Mar/1950</FechaConstruccion>
      </Detail>
    </Point>
    <Point>
      ...
    </Point>
    ...
  </Points>
</PointsOfInterest>
```

Figura 10 : Formato del archivo edificios.xml

b) Lectura dinámica del detalle de los puntos de interés mediante XPath

El nodo `<Detail></Detail>` puede tener un número de nodos hijos variable, es decir se pueden agregar o quitar características del edificio (en general de cualquier PDI). En caso de no tener ninguna característica se deja en vacío.

Para obtener la información, primero se ubica el archivo “.xml”. Una vez localizado el archivo, seleccionamos la información dentro de él, mediante el uso de XPath. Xpath es la abreviación de lo que se conoce como XML Path Language y sirve para hacer consultas sobre un archivo XML. Xpath permite además seleccionar y hacer referencia a texto, elementos, atributos y cualquier otra información contenida dentro del archivo.

En la Figura 11, se muestra un fragmento del código que lee un archivo xml que contiene los PDIs asociados a un grupo, por ejemplo edificios. Primero se carga el archivo que tiene el contenido del archivo xml, luego mediante Xpath se selecciona los PDIs y el resultado se asigna a un XmlNodeList. Después de eso se recorre cada uno de los ítems para obtener el nombre, dirección, latitud, longitud y el detalle del PDI. Si el detalle contiene nodos hijo, se

recorre cada uno de esos nodos utilizando un enumerador. Esta forma de recorrer dinámicamente el archivo xml es muy importante para que MapaMóvil pueda desplegar la información detallada de los PDIs.

```

    //---Cargar el archivo
    doc.Load(filename);
    XmlNodeList puntosVisibles = doc.SelectNodes("/PointsOfInterest/Points/Point");
    //---Obtener las características de cada PDI
    for (int i = 0; i < puntosVisibles.Count; i++)
    {
        LatLong latlong = new LatLong(puntosVisibles[i].SelectSingleNode("Coordinates/Latitude").InnerText,
            puntosVisibles[i].SelectSingleNode("Coordinates/Longitude").InnerText);
        //---obtener campos del PDI
        string name = puntosVisibles[i].SelectSingleNode("Name").InnerText;
        string address = puntosVisibles[i].SelectSingleNode("Address").InnerText;
        string detail = puntosVisibles[i].SelectSingleNode("Detail").InnerText; string descripcion;
        descripcion = "DETALLE.";
        if (!detail.Equals("")) //PDI tiene detalle
        {
            IEnumerator icampos;
            icampos = doc.GetElementsByTagName("Detail")[i].Attributes.GetEnumerator();
            XmlNode nodeDetallePDI; nodeDetallePDI = doc.GetElementsByTagName("Detail")[i];
            //---verificar que tenga detalle
            if (nodeDetallePDI.ChildNodes.Count > 0)
            {
                IEnumerator ienum = nodeDetallePDI.GetEnumerator();
                XmlNode deta;
                //obtener los items del detalle
                while (ienum.MoveNext())
                {
                    deta = (XmlNode)ienum.Current;
                    descripcion = descripcion+deta.LocalName + ">" + deta.InnerText + "; ";
                }
            }
        }
        //---agregar PDI a la lista
        PuntoDeInteres PDI = new PuntoDeInteres(typePOI, name, address, filename, descripcion, latlong);
        allPDI.Add(PDI);
    }

```

Figura 11 : Lectura dinámica de la información de un PDI

c) Optimización del tiempo de lectura

Considerando los ítems anteriores a) y b), se realizaron las pruebas para hacer una comparación del tiempo de lectura entre la anterior y la nueva versión de MapaMóvil.

La Tabla 5 muestra el resultado de los tiempos promedio que se han obtenido al realizar las pruebas de lectura de 4000 PDIs. Aquí se puede notar que se ha reducido el tiempo de lectura en 50% aproximadamente, lo cual indica que la versión actual tiene mejor tiempo de respuesta en la lectura de los PDIs.

Tabla 5 : Comparación del tiempo de lectura

Número de PDIs	Tiempo lectura promedio (en segundos)	
	Versión anterior	Versión actual
4000	38 seg.	18 seg.

6.3.2 Puntos y áreas de interés en un radio de acción

a) Niveles del zoom

MapaMóvil tiene 7 niveles de zoom, se analizó y determinó que a partir del zoom 6 es aceptable mostrar los PDIs en el mapa. Antes del nivel 6, es innecesario mostrarlos porque satura la pantalla con los íconos y sobrecarga la visibilidad del mapa (ver Figura 8).

Para cumplir con esta necesidad, se dispone de la etiqueta `<Zoom>6</Zoom>` en la cual se especifica el nivel de zoom a partir del cual se mostrará el ícono de un PDI.

b) Radio de acción

La solución muestra los PDIs en un radio de acción, y a partir de un cierto nivel de zoom. Ambos aspectos son configurables en un archivo *config.xml*. Esto permite mostrar en el mapa sólo los elementos que están dentro de ese radio, para no saturar de información innecesaria. El radio de acción se configura en la etiqueta `<RadioAccionPDI>200</RadioAccionPDI>`, esto indica que se mostrarán los PDIs que se encuentren dentro de los 200 metros de radio.

El algoritmo permite seleccionar y mostrar los PDIs que están dentro de un radio de acción. Estos PDIs son seleccionados considerando que una emergencia puede ocurrir en la intersección de 2 o más comunas. Para esto existe una función que calcula la distancia entre dos puntos y recibe como parámetros los 2 puntos en coordenadas "LatLong".

c) PDIs fuera del radio de acción

Mostrar los PDIs dentro de un radio de acción es muy aplicable para el caso de los grifos de agua, porque hay muchos grifos instalados por las calles. Sin embargo, existen otros PDIs que deben ser mostrados, ya sea que estén dentro o fuera del radio de acción, como por ejemplo las Compañías de Bomberos. Para este caso se tiene la etiqueta `<VisibleOnlyInRadio>No</VisibleOnlyInRadio>` que indica que el ícono que representa al PDI puede ser visualizado dentro y fuera del radio de acción sin ninguna restricción.

La combinación de los 3 ítems anteriores a), b) y c) ha permitido tener una mejor visibilidad de los PDIs dentro del mapa, seleccionando sólo la información necesaria y pertinente.

En la Figura 12 se muestra el ícono "✘" que representa el lugar de la emergencia, también se muestra los grifos dentro de un radio de acción (para este ejemplo 200 metros). Esta información le permite al CI determinar visualmente los grifos de agua "🚰" que dispone para

actuar frente a una emergencia. Utilizando la herramienta regla, puede medir la distancia entre dos puntos, por ejemplo entre el punto de la emergencia y los grifos de agua.


Por otro lado hay un edificio muy cercano, representado con el ícono “

Figura 12 : Puntos de interés

La herramienta permite medir las distancias entre estos puntos. También muestra el MM (carros) que han llegado a la emergencia, por ejemplo BX-4, S-2 y Q-2 están señalados con “A” (pintados de color azul) e indican que están en el lugar de la emergencia (o muy cerca) y visualmente se puede apreciar la ubicación de los mismos. Por otro lado, el MM B-5 y B-4 están señalados con “V” (pintados de color verde) e indican que están próximos a la emergencia y a menos de 800 metros.

d) Área de Interés (ADI)

MapaMóvil también puede mostrar ADIs como por ejemplo: material inflamable, construcciones antiguas, pequeñas lagunas que sirven como fuente de agua, etc. Estas áreas tienen un tratamiento especial cuando se trabaja en una emergencia.

Estas ADIs están almacenadas en MapaMóvil en un archivo “.xml”. La estructura básica del área de interés es similar a la de un PDI, y adicionalmente tiene una etiqueta <Centroide> que representa las coordenadas del centroide de la figura y la etiqueta <Vertices> que representa los vértices de la figura geométrica, con la característica que el primer y el último vértice deben ser los mismos. De esta forma se garantiza que la figura es cerrada, (ver Figura 13).

```

<AreasDeInteres>
  <Name>Casonas antiguas</Name>
  <Zoom>6</Zoom>
  <VisibleOnlyInRadio>No</VisibleOnlyInRadio>
  <Areas>
    <Nombre>Inflamables</Nombre>
    <Direccion>Av. Grecia 234</Direccion>
    <Comuna>Comuna Nunoa</Comuna>
    <Centroide>
      <Latitud>-33.46891</Latitud>
      <Longitud>-70.57532</Longitud>
    </Centroide>
    <Vertices>
      <Vertice>
        <Latitud>-33.46928</Latitud>
        <Longitud>-70.57502</Longitud>
      </Vertice>
      ...
      <Vertice>
        <Latitud>-33.46928</Latitud>
        <Longitud>-70.57502</Longitud>
      </Vertice>
    </Vertices>
  </Areas>
  ...
</AreasDeInteres>

```

Figura 13 : Archivo ".xml" de un ADI

6.3.3 Mostrar información del MM disponible

La solución permite mostrar el estado actual de cada carro (disponibilidad y ubicación), esto ayuda al CI a tener información rápida del MM. La Figura 14 muestra el estado actual del MM que se encuentra en cada Compañía de Bomberos. El estado “6-3” indica que el carro está en el lugar de la emergencia, “6-8” indica que el carro está disponible, “6-9” que el carro se retira, etc.

Carro	Fecha	Chofer
B-1	6-12	Chofer 1
H-1	6-1	Chofer 24
K-1	6-9	Chofer 29
R-1	6-3	Chofer 14
S-1	6-8	Chofer 26
X-1	6-8	Chofer 28
K-2	6-8	Chofer 30
M-2	6-9	Chofer 23
Q-2	6-3	Chofer 12
R-2	6-8	Chofer 15
S-2	6-3	Chofer 27
B-3	6-3	Chofer 2
R-3	6-10	Chofer 16

Figura 14 : Estado del MM

6.3.4 Mostrar información de la emergencia

La aplicación muestra el detalle de la emergencia. Esto permite saber al CI, la fecha y hora del llamado a la emergencia, el MM despachado al lugar de la emergencia, la distancia de cada MM y el lugar de la emergencia.

La Figura 15 muestra la selección del destino de la emergencia, con la latitud y longitud en coordenadas cartesianas. Esta información es proporcionada por la CA, y en caso de no existir conexión, el usuario puede ingresarlos manualmente.

La Figura 16 muestra el detalle de la emergencia. En la parte superior indica la dirección, el acto, la clave, fecha y hora.

En la parte central muestra el MM despachado, indicando la distancia en metros que le falta para llegar y la hora en que fue despachado. Es posible que en algunos casos se indiquen distancias muy grandes, lo cual significa que el MM está muy lejos de la emergencia o que el GPS no está marcando la posición actual. Por ejemplo, respecto al lugar de la emergencia el carro Q-2 está a una distancia de 185 metros, el B-5 está a una distancia de 385 metros, el B-6 está a una distancia 816 metros y el B-7 no tiene marcado la distancia.

En la parte inferior de la figura se muestra información adicional a manera de sugerencia para el CI (por ejemplo las Instituciones que se requiere pedir).



Figura 15 : Selección destino



Figura 16 : Detalle de la emergencia

En la Tabla 6 se puede apreciar el lenguaje de colores utilizados en MapaMóvil, según la distancia en que le falta al MM para llegar al lugar de la emergencia. Esta forma de representación, permite al CI identificar rápidamente las distancias, en vez de hacer una lectura de los números individualmente.

Tabla 6 : Distancia y colores

Ítem	Distancia, del MM a la emergencia (d en metros)	Color	Observaciones
1	$0 \leq d < 200$	Azul	Cuando está en el lugar de la emergencia
2	$200 \leq d < 800$	Verde	Cuando está muy cerca de la emergencia
3	$800 \leq d \leq 5000$	Negro	Cuando está lejos de la emergencia
4	$d > 5000$ o $d = \text{indeterminado}$	Plomo	Cuando no se puede obtener la lectura del GPS

Para obtener la información del detalle de una emergencia, se implementó un servicio Web. Un fragmento del código es el que se muestra en la Figura 17. En la primera parte del código se describe la consulta que se realiza a la base de datos mediante una conexión preestablecida. Luego se empieza a generar el archivo “.xml” con el MM que asiste a la emergencia, mediante un bucle do-while se obtiene los carros que se despacharon a dicha emergencia y sus características principales, por ejemplo el Estado, el Chofer, Hora de Despacho, sus Coordenadas, etc.

```
//conexion a la BD
mysql_select_db("central", $conexion);

$queEmp = "SELECT carros.ID, carros.Compania, emergencia_carros.HoraDespacho, carros.Tipo,
carros.Estado, carros.Latitud, carros.Longitud, carros.Chofer, carros.Observaciones
FROM carros, emergencia_carros
WHERE carros.ID = emergencia_carros.ID_Carro
AND emergencia_carros.ID_Emergencia =" . $id;

$resEmp = mysql_query($queEmp, $conexion) or die(mysql_error());
$rowEmp = mysql_fetch_assoc($resEmp);

$resultado = '<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<PointsOfInterest>
  <Name>Carros</Name>
  <Icon>Carros.png</Icon>
  <Zoom>6</Zoom>
  <Points>;
do {
  $resultado.=
  <Point>
    <ID>'.$rowEmp['ID'].'</ID>
    <Compania>'.$rowEmp['Compania'].'</Compania>
    <Tipo>'.$rowEmp['Tipo'].'</Tipo>
    <Estado>'.$rowEmp['Estado'].'</Estado>
    <Chofer>'.$rowEmp['Chofer'].'</Chofer>
    <HoraDespacho>'.$rowEmp['HoraDespacho'].'</HoraDespacho>
    <Observaciones>'.$rowEmp['Observaciones'].'</Observaciones>
    <Coordinates>
      <Latitude>'.$rowEmp['Latitud'].'</Latitude>
      <Longitude>'.$rowEmp['Longitud'].'</Longitude>
    </Coordinates>
  </Point>;
} while ($rowEmp = mysql_fetch_assoc($resEmp));
$resultado.=
</Points>
</PointsOfInterest>;
return new soapval('return','xsd:string',mb_convert_encoding($resultado,"UTF-8"));
```

Figura 17 : Servicio Web que obtiene el detalle de una emergencia

6.3.5 Enviar y recibir archivos

La aplicación permite enviar archivos al servidor ubicado en la CA. Por ejemplo un bombero puede tomar la foto de un evento importante durante una emergencia y esa foto puede ser compartida a otros usuarios. Para realizar esta tarea, la aplicación serializa los bytes de la imagen tomada y luego invoca a un servicio Web de la CA y que almacena dicha foto en una carpeta compartida (el nombre de la carpeta es configurable en el archivo "config.xml"). El nombre del archivo está asociado al nombre de la emergencia y concatenado con la hora, minuto y segundo en que se tomó la foto, por ejemplo 2046_173010.jpg

La aplicación también permite recibir archivos. Esta funcionalidad proporciona al CI mayor información del contexto, por ejemplo el plano del sistema eléctrico de un edificio, o el plano del sistema de gas de una vivienda, etc. (ver Figura 19).

Otro uso de esta funcionalidad, es cuando el CI requiere informar a los conductores de los carros que están en camino al lugar de la emergencia, la ruta que deben tomar, porque tal vez no hay acceso por la ruta que normalmente deberían seguir por tanto deben tomar una ruta alterna (la vía puede estar en reparación y el primer carro despachado lo identificó). En este caso la CA puede enviar un mapa indicándole gráficamente la ruta que deben tomar para llegar más rápido a la emergencia (ver Figura 18). De esta manera el CI tiene más elementos de información para tomar decisiones.

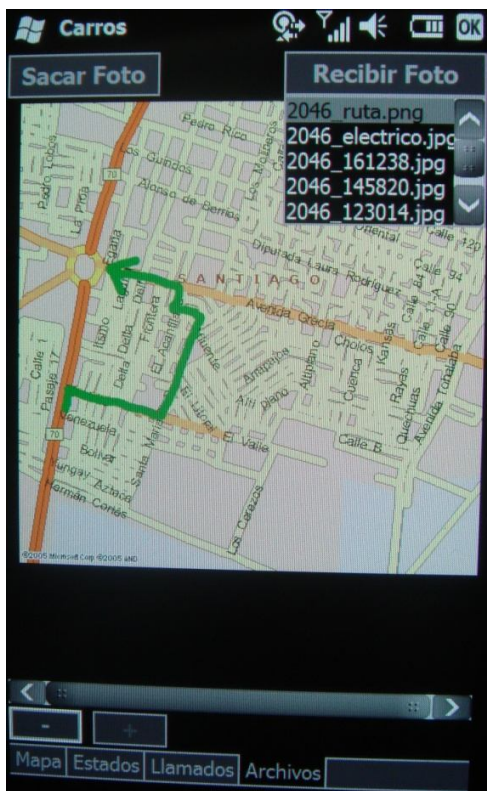


Figura 18 : Ruta a seguir



Figura 19 : Plano eléctrico

6.3.6 Mostrar características de los edificios

Una particularidad del sistema es que muestra las características de un edificio, por ejemplo: el número de pisos, el número habitaciones, ubicación de la piscina, y el tipo de material de construcción (ver Figura 20).

El CI y el Bombero pueden ver las ADIs cercanas al lugar de la emergencia, por ejemplo: área que involucra material inflamable peligroso, casona antigua de madera, etc. Esto es muy importante para la toma de decisiones en casos de emergencia y permite al CI tener mejores elementos visuales de información.



Figura 20 : Detalle de un edificio

6.4 Modelo del proceso de software

Para el desarrollo del software MapaMóvil, se utilizó un proceso de software evolutivo e incremental, el cual involucró 2 iteraciones o incrementos.

a) Primera iteración

En la primera parte del desarrollo, se investigó las funcionalidades más importantes de MapaMóvil que ya estaban disponibles. Paralelamente se implementó 6 requisitos de software: disponibilidad del MM, mostrar las características de un PDI, mostrar los grifos más cercanos a una emergencia dentro de un radio de acción, utilizar Microsoft Windows Mobile, la característica que la solución debe ser interoperable y preparar información (servicios Web que permitan obtener los PDIs).

En esta parte, se puso en funcionamiento el algoritmo que permite seleccionar los grifos más cercanos a la emergencia dentro de un rango de acción. A su vez se diseñó la

estructura del archivo “.xml” que permite guardar un grupo de PDIs en un único archivo, para mejorar así los tiempos de lectura.

Por otro lado, se solicitó a la universidad el acceso a un servidor de dominio público⁴, para implementar y verificar el funcionamiento de los servicios Web en forma remota. Se hicieron las primeras pruebas de los servicios Web y se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a tiempos de respuesta.

b) Segunda iteración

En la segunda iteración, se completó con la implementación de 4 requisitos funcionales: saber el MM que asiste a la emergencia, calcular la distancia entre el MM y la emergencia, obtener la fecha y hora de despacho del MM y enviar/recibir una foto a la CA.

En esta parte se observó que al mostrar la distancia entre el MM y la emergencia en una grilla, la información era poco presentable porque tomaba mucho tiempo en distinguir los carros que ya habían llegado a la emergencia y los que estaban muy lejos (por ejemplo a más de 1000 metros). Por esta razón, se replanteó la forma visual de presentación y se optó por mostrar la información utilizando un *lenguaje de colores*; es decir, para cierto rango de distancia se usa cierto color distintivo.

A su vez se utilizó la API en C# para manejar la cámara del dispositivo, para ello se implementó un módulo que es invocado al pulsar un botón y luego serializar el archivo para enviarla al servidor utilizando un servicio Web. Para optimizar el tiempo de acceso a Internet, las imágenes que ya se descargaron para su visualización, se guardan localmente en el dispositivo móvil.

También se realizaron pruebas de funcionalidad y usabilidad de la aplicación, lo cual permitió corregir algunos errores visuales de la aplicación. Las pruebas de usabilidad sirvieron para verificar que el diseño estuviese centrado en el usuario.

6.5 Tecnología utilizada

La tecnología utilizada para desarrollar la aplicación fueron las siguientes:

a) Herramientas de programación

Las herramientas utilizadas fueron las siguientes:

- *Microsoft Visual Studio* es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) para sistemas operativos Windows. Soporta varios lenguajes de programación tales como Visual C++, Visual C#, Visual J#, ASP.NET y Visual Basic .NET. Este entorno de desarrollo permite a los desarrolladores crear aplicaciones de escritorio,

⁴ El servidor y usuario asignado para las pruebas de los servicios Web fue <http://supernova.dcc.uchile.cl/~emergencia>

aplicaciones Web, aplicaciones para dispositivos móviles, servicios Web, etc. y se intercomunican entre estaciones de trabajo, páginas Web y dispositivos móviles.

- *Microsoft. NET Compact Framework (.NET CF)* es una versión del .NET Framework que está diseñado para funcionar en Windows CE basado en móviles/dispositivos embebidos tales como PDAs, teléfonos móviles, etc. El “.NET Compact Framework” usa algunas de las bibliotecas de clases del “.NET Framework” y también algunas bibliotecas diseñadas específicamente para dispositivos móviles.
- *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.
- *C#* es un lenguaje de Programación Orientada a Objetos. Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma.NET, similar al de Java aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes (entre ellos Delphi).

MapaMóvil fue implementado utilizando Microsoft Visual Studio 2008 (descargado desde el repositorio del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile), NET Compact Framework 3.5, Windows Mobile 5.0 SDK y C#.

b) Servicios Web

SOAP (Simple Object Access Protocol) es un protocolo estándar que define cómo dos objetos en diferentes procesos pueden comunicarse por medio de intercambio de datos XML y actualmente bajo el auspicio de la W3C. Es uno de los protocolos utilizados en los servicios Web. Los servicios Web fueron implementados utilizando la librería nuSOAP, que utiliza el lenguaje de programación PHP versión 5.3.2.

c) Base de datos

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional y multiusuario. Por una parte se ofrece bajo la licencia GNU GPL y por otro lado una licencia con costo. MapaMóvil puede interactuar con cualquier tipo base de datos, siempre que se disponga del conector de base de datos. Las pruebas se realizaron utilizando Mysql 5.1.41.

d) Celular

Se utilizaron dos tipos de celulares para las pruebas. El primero fue el Samsung Omnia II, cuyas características principales son: 8 GB de memoria compartida (shared memory); resolución de la pantalla 800 x 480; soporte para red: GPRS, EDGE, WLAN Wi-Fi 802.11 b/g, Bluetooth; con sistema Operativo Microsoft Windows Mobile 6.5 Professional y GPS con soporte A-GPS. El segundo fue el Samsung SGH-i900V, cuyas características principales son: 7.5 GB de memoria compartida, resolución de pantalla 400 x 200; soporte para red: GPRS, EDGE, WLAN Wi-Fi 802.11 b/g, Bluetooth; con sistema Operativo Microsoft Windows Mobile 6.1 Professional y GPS con soporte A-GPS.

El caso de los celulares se utiliza el término Memoria compartida de manera análoga al término Memoria secundaria en las computadoras de escritorio (disco duro). Ésta se refiere a la estructura de la memoria del teléfono celular que sirve para almacenar los diferentes tipos de información, por ejemplo fotos, videos, música, grabaciones de voz, fondos de pantalla, tonos de llamada y las aplicaciones instaladas. MapaMóvil requiere almacenar información en esta memoria, por ejemplo los archivos que contienen las baldosas, los PDIs, las ADIs, y las librerías, entre otros.

6.6 Dificultades encontradas en la implementación de la solución

Durante la implementación de la solución se presentaron algunas dificultades que obstaculizaron el normal desarrollo del programa y se fueron dando algunas alternativas de solución dependiendo del caso.

a) Limite en el número de archivos por carpeta

De acuerdo al nivel de zoom que se quiere mostrar en el mapa, se almacena una cierta cantidad de archivos que representan las baldosas por cada carpeta. Por ejemplo, para el zoom 1, se almacena 1 baldosa; para el zoom 2, 4 baldosas; para el nivel 3, 16 baldosas; para el nivel 4, 64 baldosas; para el nivel 5, 256 baldosas; para el nivel 6, 1024 baldosas y para el nivel 7, 4096 baldosas.

En un dispositivo celular en el que se probó la aplicación, se verificó que en una carpeta se puede almacenar un máximo de 3097 archivos, lo cual hace que los archivos necesarios para mostrar el zoom 7, no pueden ser almacenados en su totalidad. Al momento de copiar los archivos en una carpeta, aparece un mensaje de error *“the process can not access the file because it is being used by another process”* quedando pendiente 999 archivos de los 4096 que se requiere para este nivel de zoom. Al parecer el sistema de archivos de los discos de almacenamiento de los dispositivos móviles, permiten almacenar un número limitado de archivos dentro de una carpeta. Esto se resolvió moviendo la carpeta de las baldosas a una memoria externa de 1GB para celulares (flash memory card for cellphone).

b) Depurar sin conexión a Internet

Una *Excepción* es una forma de indicar que ocurrió un problema (poco frecuente) durante la ejecución de un programa. Las excepciones generalmente se incluyen para crear aplicaciones tolerantes a fallas y robustas, de tal manera que se pueda controlar estas excepciones y que pueda seguir ejecutando el programa sin verse afectado por el problema.

En la codificación de MapaMóvil, a veces ocurría que las Excepciones utilizadas no se lanzaban correctamente, especialmente cuando se requería probar módulos que requieren conexión a Internet. Al utilizar las instrucciones *Try-Catch* se espera que una instrucción se ejecute correctamente en el bloque *Try*, y en caso de producirse un error, el programa pasa el control del flujo al bloque *Catch*, y allí se puede atrapar el tipo de Excepción. Sin embargo eso no ocurría así y el programa simplemente se caía sin dar indicios del error. Al parecer

esto es una debilidad del framework 3.5 de “.Net” Compact Framework que posiblemente sea superado en las versiones posteriores.

c) Error inesperado

En una parte del desarrollo del programa, específicamente al intentar invocar un método del servicio Web implementado, extrañamente el programa mostraba un mensaje de error:

“An error message is available for this exception but cannot be displayed because these messages are optional and are not currently installed on this device. Please install ‘NETCFv35.Messages.EN.wm.cab’ for Windows Mobile 5.0 and above or ‘NETCFv35.Messages.EN.cab’ for other platforms. Restart the application to see the message.”

Esto sucede porque en “.NET Compact Framework 3.5” las excepciones por defecto no tienen su cadena de mensaje de error real instalada. Esto es bueno en casos que se requiere colocar el *framework compacto* en dispositivos Windows Mobile con poca memoria, pero no es bueno para el desarrollador, especialmente cuando uno quiere detectar que algo va mal en el dispositivo. Se intentó resolver el problema, descargando un archivo “NETCFv35.Messages.EN.wm” sin tener éxito alguno, y al parecer el problema fue resuelto en la versión posterior .NET Compact Framework 4.0.

d) Tiempo de respuesta

A veces se pierde la conexión con la base de datos de la CA debido a que expira el límite de tiempo que existe para hacer la transferencia de archivos (timeout). Este caso particular sucede cuando se quiere transferir imágenes de tamaño grande. Se hicieron pruebas con MapaMóvil y el servidor de supernova (timeout=15 seg) y en condiciones normales se puede transferir archivos de hasta 2 MB de tamaño sin problemas.

6.7 Validación de la solución

La validación de la solución implementada se realizó de 2 formas: grupo focal y opinión de usuario experto. A continuación se describe cada uno de estos.

a) El grupo focal

El Grupo focal se realizó con los representantes de la Junta Nacional de Bomberos de Chile. El evento se llevó a cabo el 08 de setiembre del 2011 en la sala de reuniones del tercer piso del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. Participaron 5 Comandantes del CB de Ñuñoa y Santiago. Ellos tienen muchos años de experiencia en asistencia y labores en rescate de emergencias, y son amplios conocedores del proceso de planear, organizar y dirigir este tipo de eventos.

Para mostrar el funcionamiento de la herramienta, se simuló el Sistema de Despacho de la Central de Alarmas, de tal manera que proporcione la información del lugar de la emergencia, el

tipo de emergencia y el MM despachado. Se despacharon 8 carros de bomberos, con una diferencia de 20 segundos entre cada uno de ellos.

Durante la presentación se mostró la herramienta que sirve de apoyo para casos de emergencia. Se inició con la selección de una emergencia, luego con el envío de 8 carros indicando la hora de despacho. Luego se mostró el mapa centrado en el lugar de la emergencia, el cual estaba simbolizado con una "X". La herramienta seleccionó en forma automática 6 grifos dentro de un radio de 200 metros respecto al lugar de la emergencia, un edificio cerca a la emergencia, un área ADI enmarcada como inflamable, una Compañía de Bomberos y el desplazamiento del MM sobre el mapa.

También se mostró el detalle de la emergencia, en la cual se indica las características de la misma y el detalle de cada uno de los carros indicando el nombre, el estado y la distancia que le falta para llegar a la emergencia. Así mismo, se mostró la funcionalidad de sacar una foto, enviarla al servidor y ponerla disponible para los demás usuarios que la requieran.

Finalmente, se pudo obtener comentarios, sugerencias y opiniones compartidas por cada uno de los CIs, este aspecto se analizará con mayor detalla en la sección resultados del presente trabajo.

b) Opinión de usuario experto

En este caso, se hicieron pruebas de usabilidad específicamente para ver el diseño de la interfaz y la usabilidad de la aplicación. Para realizar esta tarea se solicitó el apoyo de 3 usuarios expertos en usabilidad, ellos son ex-profesores auxiliares del curso de Taller de Usabilidad de Interfaces de Software del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile, y trabajan e investigan en temas de usabilidad de software.

La validación se inició con una breve explicación del objetivo para el cual se diseñó la herramienta, y el usuario final para el cual está diseñada. Seguidamente se realizó una simulación de emergencia, para ello se llevó a cabo la selección del lugar de la emergencia y el despacho de los carros (de manera similar al realizado en el ítem anterior). Luego "los usuarios expertos" utilizaron la herramienta por 20 minutos. Y posteriormente les solicité que llenen un cuestionario en la cual daban su opinión respecto al diseño y usabilidad de la herramienta. Esto permitió tener algunas observaciones y comentarios de parte de cada uno de los expertos, y a su vez se consideró las modificaciones sugeridas para la iteración 2 del desarrollo de la aplicación.

7. Resultados obtenidos

En este capítulo se muestra los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo de tesis. Los experimentos se realizaron con los datos obtenidos en el CB Ñuñoa.

7.1. Resultados cualitativos

En esta sección se presenta el análisis y los resultados cualitativos obtenidos durante la evaluación en el Grupo Focal realizado con 5 Comandantes del CBs de Ñuñoa y Santiago. Este proceso fue grabado para facilitar la captura de las respuestas de los participantes. A continuación se detalla los aspectos más importantes.

Para verificar las hipótesis del trabajo investigación, se planteó una pregunta a los participantes: “El tener información disponible en la aplicación, ayudaría a planificar mejor y con mayor rapidez el trabajo de campo durante una emergencia?”. La respuesta de uno de los Comandantes fue: “...*Claramente este tipo de aplicaciones nos permite resolver una serie de inconveniente., Durante los primeros minutos de un incendio hay mucha comunicación radial y una de las órdenes más recurrentes es sobre la ubicación de carros. Primero, esta aplicación elimina parte del tráfico radial y libera el canal para otras cosas...se gana segundos porque ya sabes que la respuesta está allí (visualmente en el mapa). Los primeros minutos son claves en un incendio para evitar propagaciones a otras casas y nos resuelve una serie de problemas operativos...*”. El resto de los Comandantes asintieron, mostrando su acuerdo con esta apreciación.

Por otro lado, durante la reunión surgió una duda de parte de uno de los participantes: “Somos 2 Cuerpos de Bomberos Ñuñoa y Santiago y a veces estamos pidiendo apoyo el uno al otro, ¿qué pasa si el Cuerpo de Bomberos Ñuñoa pide apoyo al Cuerpo de Bomberos Santiago, se podría ver los carros de Santiago en el mapa?”. La respuesta a la pregunta anterior fue: “Por el momento la aplicación no diferencia entre Cuerpo de Bomberos de Santiago y Ñuñoa, sin embargo, modificarla no sería un problema, pero debería haber un acuerdo entre ambos Cuerpos de Bombero para poder compartir esa información, o sea depende más de las decisiones políticas que tomen ustedes”.

También hubo otra pregunta de parte de uno de los participantes: “...*Si bien es cierto que hay información que cambia muy poco (por ejemplo los grifos), hay otra información como por ejemplo un área de riesgo que requiere actualizarse cada cierto tiempo, por ejemplo en unos meses, en ese caso ¿cómo sería la actualización de la información?*”. La respuesta a la pregunta anterior fue: “En algunos casos la aplicación se actualizaría en la Central de Alarmas (por ejemplo al cambiar las imágenes de los mapas), en otros casos se podría implementar un servicio de actualización remota que permita sincronizar el dispositivo móvil con la Central de Alarmas”.

En el transcurso de la reunión, también se les hizo la siguiente pregunta: “En casos de emergencia, serviría al Comandante de Incidente tener la aplicación corriendo en el celular?”. La respuesta fue “...*Sí nos serviría, y también serviría a los Bomberos que actúan en terreno,*

quizás podría ser en una pantalla un poco más grande, por ejemplo en una tablet de unas 8 pulgadas y especialmente acoplada al carro, tal como lo vi en Estados Unidos y que funciona bajo Windows...”

Finalmente, se encontraron comentarios importantes de ambas partes, como por ejemplo incluir imágenes ráster en el mapa (como una capa adicional) en el que se muestre imágenes satelitales que permitan ver gráficamente las características de los edificios en el área aledaña a la emergencia. Por otro lado, también se vio la posibilidad de que la herramienta interactúe con algunas otras Instituciones, como por ejemplo la OUCT⁵ para poder visualizar las imágenes del tránsito en Santiago (visualizar tráfico de carros en una calle y tomar rutas alternas).

7.2. Resultados cuantitativos

En esta sección se presenta los resultados cuantitativos obtenidos del desarrollo del presente trabajo de investigación.

7.2.1 Resultados de audios asociados a emergencias urbanas

En esta sección se presenta los resultados del análisis de las grabaciones de las emergencias estudiadas.

a) Determinación de la muestra

Para determinar el número de audios que se deben escuchar y que éstos sean representativos para la investigación, se utilizó el método estadístico de muestreo aleatorio y estratificado respecto de la población.

La fórmula utilizada para este caso fue:

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon}\right)^2 * p * q \quad (1)$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2)$$

Donde:

n_0 : Cantidad teórica de elementos de la muestra.

n : Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida o de los estratos asumidos en la población.

N : Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

⁵ UOCT: Unidad Operativa de Control de Tránsito, es un organismo técnico dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, cuya principal función es la administración y operación del sistema de control de tránsito de Santiago

z : Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada. Para nuestro caso 95 % de confiabilidad la muestra seleccionada, el valor estandarizado es igual a 1,96 (para dos colas).

ε : Error de cálculo, para nuestro caso 0,05.

p : Probabilidad de la población que presenta las características 0,08.

q : Probabilidad de la población que no presenta las características 0,92.

Por ejemplo, para determinar el número de audios que se debe escuchar para el tipo de emergencia "10-1", utilizamos la ecuación (1) y obtenemos el siguiente resultado.

$$n_0 = \left(\frac{1,96}{0,05}\right)^2 * 0,08 * 0,92 = 113,10$$

Reemplazamos " n_0 " en la ecuación (2) y obtenemos:

$$n = \frac{113,10}{1 + \frac{113,10}{2997}} = 107,02$$

$$n = 139/2997 * 107,02$$

$$n = 4,96 \cong 5$$

El anterior resultado indica que para el tipo de emergencia "10-1", de un total de 139 audios disponibles como mínimo se debe escuchar 5, para que la muestra sea representativa.

En algunos casos se escucharon más audios de los calculados mediante la fórmula mostrada anteriormente. Por ejemplo en el caso de la clave (o tipo de emergencia) "10-0" se calculó que se requería 17 audios como mínimo, pero luego se adicionaron 15 audios con el objetivo de tener mejor panorama de lo que ocurre en este tipo de emergencias.

En la Tabla 7, se muestra la cantidad de audios escuchados por cada tipo de emergencia, en total se escucharon audios de 130 emergencias, seleccionados al azar dentro de cada tipo de emergencia.

Tabla 7 : Audios escuchados de las emergencias del 2009 (Fuente: CA Ñuñoa y elaboración propia)

Clave	Acto	Tipo	Emergencias 2009	Audios Escuchados
10-0	LI Cdcia	Estructural	472	32
	Cc			
	Incendio			
10-1	LI Cdcia	Vehículo	139	5
10-2	LI Cdcia	Arbusto, Forestal, Basurero	623	22
	Cc			
	Incendio			
10-3	Salvamento	Salvamento	242	9
10-4	Rescate	Rescate	534	19
10-5	LI Cdcia	Emergencia Química	24	3
10-6	LI Cdcia	Gas	363	13
10-7	LI Cdcia	Eléctrico	109	4
10-8	LI Cdcia	No Clasificado	59	3
	Exploración			
10-9	Otros Servicios	Otros Servicios	394	14
10-10	LI Cdcia	Rebote	9	3
	Cc			
10-11	LI Cdcia	Servicio Aéreo	0	0
10-12	LI Cdcia	Apoyo a otro cuerpo	20	3
10-13	LI Cdcia	Atentado terrorista	0	0
10-14	LI Cdcia	Colisión de avión	0	0
10-15	LI Cdcia	Simulacro	9	0
Total			2997	130

b) Codificación de los mensajes intercambiados y sus repeticiones

Para realizar esta tarea primero se codificó la información que se solicita/entrega a través de la radio. Luego se contabilizó las veces que se repetían estas solicitudes en cada emergencia. Esto se hizo para identificar cuánta de esta información es evitable si se contara con un sistema de apoyo que permitiera accederla por demanda, como por ejemplo MapaMóvil.

En la Tabla 8 se presenta el resultado de codificar y anotar el número de veces que se repite un mensaje en los 130 audios escuchados.

Tabla 8 : Mensajes intercambiados en una emergencia (Fuente: CA Ñuñoa y elaboración propia)

Cod.	Contenido	Nro. Mensajes
C01	MM en el lugar	511
C02	MM se retira	459
C05	Indique cuál es su ubicación	351
C04	MM en su cuartel	290
C03	Se trata de ...	176
C07	Use frecuencia # 2	152
C08	Se consulta y se informa	132
C11	Solicita instrucciones	132
C09	Se solicita Carabineros	129
C13	Se solicita Ambulancia	112
C06	Situación controlada	92
C10	Repita el cambio	88
C20	Tomar la ruta de	82
C14	En servicio	75
C23	Indique ubicación de grifos	61
C17	MM se dirige a servicentro	50
C15	Amplíe el Preinforme	48
C12	Use frecuencia # 1	47
C18	Dirección exacta	47
C19	Se establece puesto de mando e indica oficial a cargo	46
C22	Llegar al lugar sin alarmas	45
C16	Diríjase al lugar sin alarmas	44
C32	Se solicita empresa que se indica ...	38
C26	Alimentar a carro ...	36
C21	Se solicita Departamento de Estudios Técnicos.	35
C25	Despache Carro Bomba	35
C24	Indicar horas de llamado, alarma y material concurrente.	29
C28	Material concurrente	25
C29	Material disponible	23

c) Frecuencia de mensajes en emergencias

A partir del análisis de la información codificada se buscaron patrones de solicitud/entrega de información por tipo de evento. De esa manera se pudo obtener la frecuencia de mensajes en emergencias.

En la Tabla 9 se muestra la codificación y el número de emergencias en las cuales se usa dicho mensaje. Los mensajes marcados con “*” representan aquellos mensajes que se pueden evitar, si se utilizará la herramienta propuesta.

Tabla 9 : Mensajes que se repite en emergencias (Fuente: CA Ñuñoa y elaboración propia)

Cod.	Contenido	Nro. Emergs.	Cod.	Contenido	Nro. Emergs.
C01	MM en el lugar	127 *	C34	Material sin personal.	14
C02	MM se retira	126 *	C35	Se solicita oficina de emergencia...	13
C03	Se trata de ...	108	C36	Comunicarse telefónicamente con la CA	13
C04	MM en su cuartel	104	C37	Solicita Inspector área de investigación	12
C05	Indique cuál es su ubicación	91 *	C38	Trabajar en ...	11
C06	Situación controlada	91	C39	Dar conforme, persona a cargo y número de voluntarios	11
C07	Use frecuencia # 2	76	C40	Alimentarse de grifo ...	10
C08	Se consulta y se informa	70	C41	MM se dirige a (eléctrico/mecánico/trámite)	10
C09	Se solicita Carabineros	63	C42	Pedir presencia de CONAF	9
C10	Repita el cambio	55	C43	Regrese a su Cuartel	8
C11	Solicita instrucciones	47	C44	MM se dirige a centro asistencial	7
C12	Use frecuencia # 1	39	C45	Ubicarse en ...	6
C13	Se solicita Ambulancia	37	C46	Despache Carro Portaescalas	6
C14	En servicio	35	C47	Comandante no disponible	6
C15	Amplíe el Preinforme	35	C48	Se recibe con interferencias	6
C16	Dirijase al lugar sin alarmas	35	C49	Hora de alarma	6 *
C17	MM se dirige a servicentro	34	C50	Pedir presencia de METROGAS	6
C18	Dirección exacta	34	C51	Apoyar con personal a ...	6
C19	Se establece puesto de mando e indica oficial a cargo	34	C52	Indique ubicación, labor que realiza y si se encuentra armado a grifo	5
C20	Tomar la ruta de	33 *	C53	Pedir Aljibe	5
C21	Se solicita Departamento de Estudios Técnicos.	33	C54	Pedir presencia de CHILECTRA	5
C22	Llegar al lugar sin alarmas	32	C55	Alimentarse de carro...	5
C23	Indique ubicación de grifos	26 *	C56	Despache Ambulancia del Cuerpo	4
C24	Indicar horas de llamado, alarma y material concurrente.	26 *	C57	Use frecuencia 3	4
C25	Despache Carro Bomba	25	C58	Use frecuencia 4	4
C26	Alimentar a carro ...	20	C59	Me dirijo al lugar en...	4
C27	Fuera de servicio	20	C60	Pedir presencia de ONEMI	4
C28	Material concurrente	19 *	C61	Comuníquese telefónicamente con su Cuartel	3
C29	Material disponible	19 *	C62	Hacer comboy con carro ...	3
C30	Despache Carro...	18	C63	Edificio cerca? (jardin/dpto/asilo/etc.)	3 *
C31	Use frecuencia interna de su Compañía	18	C64	Más personal al lugar.	3
C32	Se solicita empresa que se indica ...	17	C65	Llamado de pastizales y/o basura.	3
C33	Comunicarse urgente telefónicamente	16	C66	Peligro de propagación?	3

d) Reducción del uso de la radio

Primero se seleccionaron 11 emergencias de cada tipo de emergencia en forma aleatoria. Posteriormente se midió el tiempo de uso de la radio en estas emergencias (situación actual),

donde la aplicación propuesta aún no ha sido utilizada. Luego se midió el tiempo de uso de la radio que se podía evitar cuando hacemos uso de la herramienta MapaMóvil. Posteriormente se calculó la diferencia porcentual para cada caso y se halló el promedio aritmético general.

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos. La tabla muestra un código de la emergencia, el tipo, la duración (en horas), el número de carros despachados, el tiempo total (en segundos) del uso de la radio, el tiempo evitable (en segundos) y el porcentaje de reducción. Después de haber realizado los cálculos, se puede observar que el tiempo de uso de la radio se podría reducir un 20% aproximadamente al usar la herramienta propuesta (el resultado completo se muestra en el Anexo 5). Esta es una ganancia importante para casos de emergencia si consideramos que la radio es uno de los recursos más escasos durante una emergencia.

Tabla 10 : Tiempo de uso de la radio en emergencias (Fuente: CA Ñuñoa y elaboración propia)

Emergencia	Tipo	Duración (Horas)	Número Carros	Uso Radio (Segundos)	Uso evitable (Segundos)	Reducción (Porcentaje)
E1	Estructural, Cc	2:50	5	1847	480	26,0%
E2	Rescate vehicular	0:49	2	476	55	11,6%
E3	Estructural, Cc	1:06	3	497	108	21,7%
E4	Rescate vehicular	2:48	3	669	87	13,0%
E5	Incendio, pastizal	5:53	16	4801	1220	25,4%
E6	Incendio, pastizal	3:27	10	1863	489	26,2%
E7	Estructural, Incendio	1:45	7	1219	311	25,5%
E8	Estructural, Incendio	1:38	7	1532	269	17,6%
E9	Escombros, Cc	1:20	3	790	101	12,8%
E10	Gases, LI Cdcia	1:35	2	261	34	13,0%
E11	Eléctrico, LI Cdcia	2:12	2	629	130	20,7%
				15056	3333	19,4%

Por otro lado, en la Figura 21 se muestra el gráfico del tiempo de acceso al canal de radio según las categorías "Uso Radio" y el tiempo "Previsible" si se usara la aplicación. Del gráfico podemos determinar que cuanto mayor es el tiempo que se usa el canal de radio, mayor es el tiempo que se puede evitar.

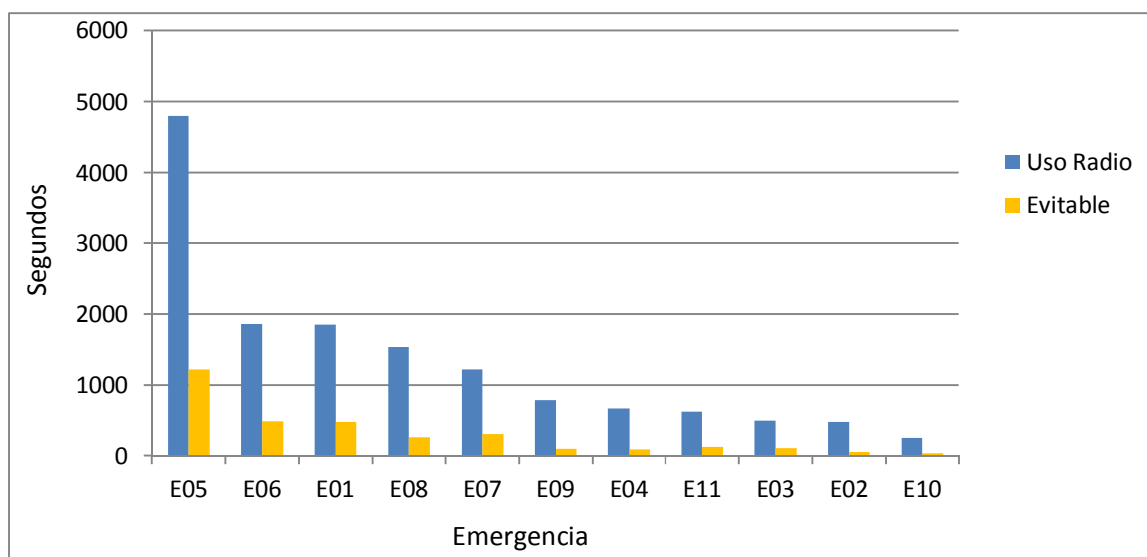


Figura 21 : Tiempo de uso de la radio en emergencias

7.2.2 Resultados de audios asociados a emergencias urbanas

Resultados del grupos focal

En el grupo focal realizado se realizó una encuesta a los comandantes participantes. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 11.

Análisis del cuestionario de usuario final

Para hacer un análisis de la “satisfacción” se utilizó el *cuestionario de usuario final*. Esto fue elaborado específicamente para este caso emergencia. El cuestionario tiene 10 items de preguntas con valoraciones según la escala de Likert, y 3 preguntas cerradas con alternativas. (ver anexo 1). Este cuestionario fue adaptado tomando como referencia el cuestionario de usuario final elaborado por el profesor Jaime Sánchez⁶ y utilizado en el C5⁷.

El cuestionario fue necesario modificarlo, porque originalmente estaba orientado a medir la satisfacción del uso de aplicaciones en dispositivos móviles para niños. Entonces, para aplicar cuestionario en situaciones de emergencias se modificó y agregó algunas preguntas. Las preguntas 1, 2 y 3 se mantienen del cuestionario original (Jaime Sanchez) referidas a la facilidad de uso. Se modificaron ligeramente la redacción de las preguntas 4, 5, 10 referidas al manejo de imágenes y la satisfacción. Se agregaron las preguntas 6, 7, 8 y 9 referidas a la satisfacción del Comandante de Incidente al usar la aplicación en su labor de mitigación y toma de decisiones durante una emergencia.

⁶ Jaime Sánchez es Profesor e Investigador del Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

⁷ C5 es el Centro de Computación y Comunicación para la Construcción del Conocimiento de la Universidad de Chile.

La Tabla 11 muestra los resultados de cuestionario aplicado a los asistentes al Grupo Focal. En esta participaron 5 Comandantes del CB de Ñuñoa y Santiago. La variable “Nro. de participantes” representa el número de comandantes que han dado una respuesta a una pregunta, y “Media” representa el promedio obtenido por la puntuación de cada participante considerando la escala de Likert de 0 a 10 (0 representa Poco y 10 representa Mucho). Cada participante asignó un puntaje (según la escala) a cada pregunta planteada.

Tabla 11 : Preguntas y su Media

Pregunta	Nro. de Participantes	Valor Mínimo	Valor Máximo	Media	Desviación Estándar
1)Las imágenes que muestra el software son claramente identificables	5	6	10	8,60	1,52
2)Las imágenes del software me transmiten información	5	6	9	8,40	1,34
3)El software es intuitivo y fácil de manejar	2	6	8	7,00	1,41
4)Es más fácil identificar los carros y distancias por los colores	5	9	10	9,20	0,84
5)El software muestra información pertinente del contexto de una emergencia.	5	7	9	8,20	0,84
6)La información mostrada en la aplicación, me podría ayudar a tomar decisiones más rápidas y efectivas.	5	8	9	8,40	0,55
7)El software me podría ayudar a reducir llamadas por radio a la central de alarmas.	5	8	10	9,00	1,00
8)Teniendo mayor información disponible, podría reducir el tiempo de mitigación de una emergencia	5	9	10	9,60	0,55
9)Disponer de información actualizada y en forma gráfica me ayudaría a planificar mejor el trabajo en campo	5	9	10	9,60	0,55
10)Me gustaría tener disponible el software	5	10	10	10,00	0,00

A continuación se detalla los resultados obtenidos:

a) Respecto al manejo de información gráfica

En las preguntas 1) y 2), se obtuvo un promedio de 8,60 y 8,40 respectivamente. Esto nos muestra que los Comandantes coinciden en calificar positivamente las imágenes mostradas en la aplicación, particularmente los íconos mostrados en el software representan claramente a los objetos para los cuales fueron diseñados.

b) Respecto a la disponibilidad de información

En las preguntas 4) y 5), se obtuvo un promedio de 9,20 y 8,20 respectivamente. Los Comandantes califican positivamente el hecho de que la aplicación les permite tener mayor

disponibilidad de información pertinente y de acuerdo al contexto de la emergencia. Asimismo, permite identificar los objetos de la emergencia en forma rápida y ver los cambios de posición inmediatamente (por ejemplo el desplazamiento del MM).

c) Respecto a la toma de decisiones

En las preguntas 6) y 9), se obtuvo un promedio de 8,40 y 9,60 respectivamente. Esto nos muestra que los Comandantes coinciden en calificar positivamente, el hecho de que la información mostrada en la aplicación le permitiría al CI tener mejores elementos disponibles para tomar decisiones más rápidas y efectivas, además ayudaría a planificar de mejor manera el trabajo en campo durante una emergencia.

d) Respecto a la reducción del tráfico radial

En las preguntas 7) y 8), se obtuvo un promedio de 9,00 y 9,60 respectivamente, esto nos muestra que los Comandantes coinciden en que el uso de la herramienta efectivamente reduciría el tráfico radial y también el tiempo de mitigación de la emergencia.

e) Respecto al uso del software

En las preguntas 3) y 10), se obtuvo un promedio de 7,00 y 10,00 respectivamente. En la primera pregunta se puede observar que dejaron en blanco (sin marcar) 3 participantes. Esto se debió probablemente a que todavía no han hecho uso pleno de la herramienta y por tanto se abstuvieron de opinar. En el segundo ítem se puede observar que los Comandantes coinciden en el hecho de que quieren tener la herramienta disponible.

Consideramos un *usuario aprendiz* a aquel que usa su teléfono celular sólo para realizar/contestar llamadas y manejar la agenda telefónica. Un *usuario normal* es aquel que adicionalmente puede enviar/recibir mensajes de texto, leer/escribir mensajes de su correo, manejar las redes sociales, etc. Un *usuario avanzado* es aquel que adicionalmente puede instalar/desinstalar aplicaciones.

En la Tabla 12 se puede observar que existen 4 usuarios que tienen nivel de conocimiento normal-avanzado en lo que se refiere al manejo de celulares. Esto es un indicador de que los Comandantes están actualizados en el manejo de tecnologías móviles, y lo cual facilita la adopción de la herramienta.

Tabla 12 : Nivel de conocimiento

Nivel de Conocimiento	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje Acumulado
Aprendiz	1	20	20	20
Normal	3	60	60	80
Avanzado	1	20	20	100
Total	5	100	100	

En la Tabla 13 podemos ver que, el valor del nivel de significancia es “Sig>0,05” para los 3 casos (con 2 grados de libertad), lo cual nos indica que las medias son similares para la variable “nivel de conocimiento en manejo de celulares”: *Aprendiz*, *Medio* y *Avanzado*. Esto implica que no existen diferencias significativas en la opinión de los Comandantes, considerando su nivel de aprendizaje, con respecto a que la información mostrada en la aplicación ayuda a planificar mejor el trabajo en campo, además que ayuda en la toma de decisiones y podría reducir el tráfico radial.

Tabla 13 : Nivel de Conocimiento en manejo de celulares y la satisfacción entre grupos

Pregunta	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
La información mostrada en la aplicación, me podría ayudar a tomar decisiones más rápidas y eficientes.	0,53	2	0,27	0,80	0,56
El software me podría ayudar a reducir llamadas por radio a la central de alarmas.	3,33	2	1,67	5,00	0,17
Disponer de información actualizada y en forma gráfica me ayudaría a planificar mejor el trabajo en campo	0,53	2	0,27	0,80	0,56

7.2.3 Resultados de la usabilidad mediante evaluación de experto

En esta sección se muestra los resultados obtenidos en el cuestionario de evaluación experto (heurística), realizado por usuarios expertos.

La usabilidad no es una simple propiedad de una interfaz de usuarios, sino está compuesta por varias características. Los atributos de usabilidad más importantes que se consideran para realizar evaluaciones son: aprendizaje, eficiencia, memoria, error y satisfacción [Nielsen, 1993].

Los métodos que se utilizan para realizar pruebas de usabilidad han sido ampliamente estudiados por los investigadores, dentro de los más importantes tenemos: la evaluación heurística, la medición del rendimiento, pensando en voz alta, la observación, el cuestionario, la entrevista, grupo focal, registro del uso actual y retroalimentación del usuario [Nielsen, 1993].

Antes era muy poco considerado las pruebas de usabilidad en el diseño de interfaces, sin embargo, hoy en día es muy necesario, no se busca la perfección pero se trata de reducir los posibles errores. La usabilidad no sólo se refiere a “fácil de usar”, sino más bien a las características que debe tener el producto [Shneiderman, 2009].

a) Resumen de los resultados de los usuarios expertos

Para la evaluación de “usuario experto”⁸ se utilizó un *cuestionario heurístico*. El cuestionario consta de 12 ítems de preguntas, cada una de 3 a 5 sub-ítems y un resumen al final del documento (Ver modelo en el Anexo 2). Este cuestionario fue una adaptación del cuestionario elaborado por el profesor Jaime Sánchez y utilizado en el C5.

El *cuestionario heurístico*, fue validado en el C5 en varias aplicaciones de sitios web. El instrumento consta de 10 preguntas que contienen las 10 reglas de usabilidad de Nielsen [Nielsen, 1990] y se incluyen 2 preguntas. La primera es referida al “Tratamiento del contenido” para determinar navegabilidad y disposición de la información; y la segunda a la “Velocidad y Medios” para poder determinar la eficiencia del tiempo de acceso y carga de los archivos.

Para el caso específico de dispositivos móviles, se aplicó el instrumento en un proyecto anterior denominado “*Usabilidad de software mGuías para celulares*”, esto se realizó con alumnos de 4° año medio del nivel secundario del Liceo Polivalente Guillermo Labarca Hube A 78, ubicado en la Av. Catedral 4681, de Santiago de Chile.

De la evaluación heurística se ha podido deducir lo siguiente (ver Tabla 14):

Se ha obtenido un promedio de 4,67 en el ítem *Flexibilidad y eficiencia de uso*, lo cual indica que los accesos a las opciones del menú son fáciles e intuitivos. Similarmente en el ítem *Tratamiento del contenido* se ha obtenido el mismo valor en el promedio, lo que indica que el contenido es adecuado a la realidad social y cultural del usuario, y es posible ampliar información accediendo a punteros relacionados con el tema.

Por otro lado, se ha obtenido un promedio de 4,33 en tres ítems. El primero de estos ítems es *Visibilidad del estado del sistema*, donde el valor obtenido quiere decir que la aplicación muestra claramente al usuario en qué parte del sistema se encuentra, y que los enlaces están claramente señalados. El segundo ítem se refiere a la *relación entre el sistema y el mundo real*, es decir, la aplicación tiene un lenguaje claro, los conceptos utilizados son entendibles y las palabras son de significado correcto. Y finalmente el ítem *Consistencia y estándares*, lo cual indica que existe coherencia entre el nombre de un menú y el sitio al que apunta, todas las opciones de menú tienen contenido, existe coherencia entre título de una página y su contenido, y sólo existe un botón que lo lleve a un mismo contenido.

Con un promedio de 2,5 puntos, uno de los más bajos, los evaluadores calificaron al ítem *Ayuda y documentación*, esto debido a que no se muestra información de ayuda incorporada en la herramienta, sólo se presentan algunos mensajes preventivos en caso de algún tipo de error. Similarmente, el ítem *Estética y diseño minimalista* tiene un promedio de 3,33, lo que indica que la herramienta presenta algunas deficiencias en cuanto a la organización del contenido. Ambos factores deben ser considerados para mejorar la herramienta.

⁸ Usuario experto, se considera a aquella persona especialista en diseño de interfaces y usabilidad de software.

Tabla 14 : Opinión de los usuarios expertos

Pregunta	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar
I. Visibilidad del estado del sistema.	3	4	5	4,33	0,58
II. Relación entre sistema y mundo real.	3	4	5	4,33	0,58
III. Control del usuario y libertad.	3	3	4	3,67	0,58
IV. Consistencia y estándares.	3	3	5	4,33	1,16
V. Prevención de errores.	3	2	4	3,00	1,00
VI. Reconocer en lugar de recordar.	3	2	5	4,00	1,73
VII. Flexibilidad y eficiencia de uso.	3	4	5	4,67	0,58
VIII. Estética y diseño minimalista.	3	3	4	3,33	0,58
IX. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores.	3	3	4	3,33	0,58
X. Ayuda y documentación.	2	2	3	2,50	0,71
XI. Tratamiento del contenido.	3	4	5	4,67	0,58
XII. Velocidad y medios.	3	3	5	4,00	1,00

Los valores asignados para el cálculo de la media en este instrumento fueron: Excelente=5; Bueno=4; Neutro=3; Regular=2; Deficiente=1. Por otra parte N es el número de participantes.

7.2.4 Análisis y resultados de los costos

En esta sección se presenta el análisis y resultados de los costos para la implantación de la herramienta. De acuerdo a la Tabla 7, ocurrieron 2997 emergencias en el 2009, lo cual implica un promedio de 250 emergencias mensuales.

a) Respecto al dispositivo celular

De acuerdo a la consulta realizada, los 5 Comandantes poseen un dispositivo celular (y en general también los Bomberos), 2 de ellos con el Sistema operativo Windows Mobile.

En caso que el CI o bombero no disponga del dispositivo, se puede optar a que cada uno puede comprarse uno de estos dispositivos, tal como se hace actualmente con el equipo de radio. La otra alternativa es que alguna compañía telefónica pueda donar los equipos, tal como manifestaron los participantes del grupo focal.

b) Respecto al costo de acceso a la red celular

Para costear el acceso a Internet mediante la telefonía móvil, se vio la posibilidad de que cada integrante del CB pueda aportar con sus recursos.

Según el análisis realizado, la Junta Nacional de Bomberos estaría en condiciones de aportar con el costo de acceso a Internet mediante la red de telefonía móvil, y de acuerdo al cuestionario planteado se obtuvo el siguiente resultado

Según muestra la Tabla 15 los 5 participantes del grupo focal, tienen acceso a Internet en forma ilimitada. Esto nos da una clara muestra que no sería necesario contratar el servicio por separado.

Tabla 15: Acceso a Internet

Tipo de servicio de acceso a Internet	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ilimitada	5	100	100	100

Según muestra la Tabla 16 los Comandantes y Bomberos también estarían dispuestos a aportar 2990 pesos chilenos (6 dólares) mensuales para tener acceso a la red de telefonía celular y hacer uso de la herramienta.

Tabla 16: Sistema Operativo del celular

Está dispuesto a aportar 2990 pesos?	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Si	5	100	100	100

7.3. Discusión

Según los resultados obtenidos en la Tabla 9, existe información que se intercambia recurrentemente por la radio durante una emergencia. Después de escuchar los audios del 2009 del CB Ñuñoa y hacer un análisis de las peticiones de solicitud/entrega, se ha podido determinar que parte de esa información es evitable, porque es información que se puede obtener a priori de la CA. Por ejemplo la ubicación de grifos de agua, ubicación de áreas de riesgo, ubicación de los edificios (actualmente se está haciendo un catastro de los edificios más importantes de Santiago y Ñuñoa), ubicación de los hospitales, etc. La información seleccionada como “evitable” en el análisis anterior, fue corroborada plenamente por los Comandantes que asistieron a la reunión de grupo focal. Con estos resultados se verificó la validez de la **hipótesis 1**, en la cual se planteó: *“Parte de la información que se intercambia en una emergencia urbana es evitable, pues se podría contar con ella antes de un evento”*.

Según los resultados cualitativos del focus group, los Comandantes manifiestan que el hecho de tener información disponible en la aplicación, les resuelve problemas de peticiones innecesarias a la CA. Por otro lado según los resultados cuantitativos obtenidos en la Tabla 11 y el análisis realizado en los ítems b) y c), se puede verificar que los Comandantes coinciden en opinar que el hecho tener mayor cantidad de información del contexto disponible en la aplicación, les permitiría tomar decisiones más rápidas y efectivas, porque la información ya está disponible y no tiene que hacer peticiones a la CA. De esta manera se verifica que los resultados obtenidos están alineados con la **hipótesis 2** planteada en el trabajo de investigación. Aquí es preciso aclarar que la información está disponible, pero el responsable de tomar las decisiones es el CI.

En la Tabla 10 y Figura 21 se muestra los resultados obtenidos del tiempo de acceso al canal de radio. En la Tabla 10 se puede apreciar que el hecho de tener información disponible en la herramienta, permite reducir el tráfico radial hasta en un 20% aproximadamente. Por otro lado en la Figura 21 se puede apreciar que, cuanto mayor es el tiempo que se usa el canal de radio (la emergencia dura más) mayor es el tiempo que se puede evitar el uso de la misma. Estos 2 aspectos se han podido corroborar con la opinión de los comandantes en la reunión del grupo focal, en la cual ellos coinciden en manifestar que "...en los primeros minutos de un incendio hay mucha comunicación radial y una de las órdenes más recurrentes es sobre la ubicación de los carros... y que la aplicación podría eliminar el tráfico radial...". De esta manera se puede verificar que los resultados obtenidos están alineados con la **hipótesis 3** que se planteó: *"El aumento de la disponibilidad de la información de apoyo permitirá reducir el tráfico radial asociado al intercambio de dicha información"*. Aquí es preciso mencionar que al reducir el tráfico radial en una emergencia no se pretende dejar de utilizar la radio, sino que ambos funcionen paralelamente.

8. Conclusiones y trabajo a futuro

En las últimas décadas se ha visto una revolución en la miniaturización y disminución de precios en los equipos de tecnología móvil y comunicaciones inalámbricas. Los dispositivos móviles han cautivado el interés de la sociedad, logrando insertarse en las labores cotidianas de las personas. Sin embargo, el uso de estos dispositivos móviles aún presenta algunas limitaciones, por ejemplo el tamaño pequeño de la pantalla, poca capacidad de memoria, y mecanismos ineficientes para manejar la entrada de datos. Para el caso específico de emergencias, el dispositivo se puede utilizar como apoyo y en forma paralela con el sistema tradicional de radio transmisión. Por esta razón, en el presente trabajo de investigación, se propuso identificar el tipo de información y su forma de representación, que permita reducir el tráfico radial y mejorar la toma de decisiones en terreno.

Haciendo uso de los audios grabados en la CA de Ñuñoa durante emergencias del año 2009, se analizaron y clasificaron los mensajes que intercambian el CI y la CA durante una emergencia. Aquí se pudo identificar que hay información que se puede predecir y que el CI va a requerir durante una emergencia. Por lo tanto, dicha información puede ir en forma precargada en la herramienta, o bien ser consumida desde la CA mediante servicios Web, utilizando la red de telefonía celular 3G o bien una red WiFi.

La herramienta fue presentada y evaluada por la Junta Nacional de Bomberos de Chile, en la cual participaron Comandantes del CB de Ñuñoa y Santiago. Ellos ratificaron que, el uso de la herramienta efectivamente resuelve los problemas operativos de comunicación, porque proporciona información que se suele pedir recurrentemente a la CA, y por tanto se puede reducir el tráfico radial. Por otro lado, también fue evaluado el aspecto del diseño de la interfaz de la herramienta. En ella participaron expertos en usabilidad, quienes dieron sus observaciones y comentarios, que a su vez fueron considerados en la implementación.

Además la herramienta permite intercambiar información espacial entre la CA y el CI mediante imágenes gráficas estáticas y en movimiento. Este ayuda a reducir el tráfico radial y mejorar la toma de decisiones en terreno. La herramienta permite el intercambio de información a un costo operacional bajo, debido a que los CIs y Bomberos están dispuestos a afrontar los costos asociados a la conexión a Internet, y porque la mayoría de ellos tiene en sus dispositivos celulares con servicio de conexión ilimitada a Internet.

De acuerdo a los resultados cuantitativos obtenidos, se ha podido determinar que la aplicación del sistema computacional móvil reduciría en 20% aproximadamente el tiempo de uso de canal de radio, dejándola disponible para otro tipo de actividades.

Debido a la masificación de los dispositivos móviles inteligentes y de las tablet PC, y considerando además la popularidad de los sistemas operativos iOS de Apple y Android de Google, se hace necesario implementar y evaluar la usabilidad de la herramienta en estos sistemas operativos.

Se ha podido observar que los Carabineros de Chile, el SAMU, las compañías de gas y electricidad, entre otros, también hacen uso de la radio transmisión para acudir al lugar de la

emergencia, y en general para realizar coordinaciones dentro de su Institución. Estas Instituciones presentan problemas similares a Bomberos en lo que se refiere a la radiotransmisión y el uso del canal de comunicaciones. Por tanto también sería bueno explorar el uso de la herramienta desarrollada, para apoyar las necesidades particulares de estas Instituciones.

9. Referencias bibliográficas

[Agrawal, 2004] Agrawal, P., Rauschert, I., Inochanon, K., Bolelli, L., Fuhrmann, S., Brewer, I., Cai, G., MacEachren, A., Sharma, R. "Multimodal interface platform for geographical information systems (GeoMIP) in crisis management". Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, 339-340, 2004.

[Aldunate, 2006] Aldunate, R., Ochoa, S.F., Peña-Mora, F., Nussbaum, M. "Robust mobile ad hoc space for collaboration to support disaster relief efforts involving critical physical infrastructure". Journal of Computing in Civil Engineering, volume 20, page 13-27, 2006.

[Bader, 2008] Bader, T., Meissner, A., Tscherney, R. "Digital Map Table with Fovea-Tablet: Smart Furniture for Emergency Operation Centers,". Proceedings of the 5th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management, pages 679-688, 2008.

[Bartels, 2010] Bartels, R., Herskovic, V., A. Monares, Ochoa, S.F., Pino, J.A., Borges, M.R.S. "A Simple and Portable Command Post to Coordinate Search and Rescue Activities in Disaster Relief Efforts". Journal: Collaboration and Technology, Lecture Notes in Computer Science 6257, pages 337-344, 2010.

[Carver, 2007] Carver, L. Turoff, M. "Human-computer interaction: the human and computer as a team in emergency management information systems". Journal Communications of the ACM, 50(3), pages 33-38, 2007.

[CBN, 2010] Cuerpo de Bomberos Ñuñoa. Cuadro estadístico anual. URL: <http://www.cbn.cl/sitio2/content/view/1717/68/> . Última visita junio 2011.

[Chittaro, 2006] Chittaro, L. " Visualizing Information on Mobile Devices ". Journal of Computer, published by IEEE Computer Society Press, 39(3), page 40-45, 2006.

[Cova, 1996] Cova, T.J. "GIS in emergency management". Journal of Geographical Information Systems, pages 845-858, 1996.

[Currion, 2007] Currion P., de Silva C., & Van de Walle B. "Open source software for disaster management". Communications of the ACM, 50(3), 61-65, 2007.

[Farley, 1999] Farley J. "Building Enterprise Government Using OpenGIS Technology". Proc. of the Open GIS Seminar. Geospatial Information and Technology Association, 1999.

[INE, 2010] Instituto Nacional de Estadística. Indicadores demográficos, proyección de población. URL: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/demo_y_vita.php. Última visita junio 2011.

- [Jiang, 2004] Jiang, X., Chen, N.Y., Hong, J.I., Wang, K., Takayama, L., Landay, J.A. "Siren: Context-aware Computing for Firefighting", Journal of the Second International Conference on Pervasive Computing, pages 87-105, 2004.
- [Kanchanasut, 2007] Kanchanasut, K., Tunpan, A., Awal, MA., Wongsardsakul, T., Das, D., Tsuchimoto, Y. "Building A Long-distance Multimedia Wireless Mesh Network for Collaborative Disaster Emergency Responses". Internet Education and Research Laboratory, Asian Institute of Technology, Thailand, 2007.
- [Kanchanasut, 2007B] Kanchanasut, K., Tunpan, A., Awal, M., Das, D., Wongsardsakul, T. & Tsuchimoto, Y. "DUMBONET: a multimedia communication system for collaborative emergency response operations in disaster-affected areas". International Journal of Emergency Management, 4(4), pp. 670 – 681, 2007.
- [Manoj, 2007] Manoj, BS., Baker, A.H. "Communication challenges in emergency response". Communications of the ACM, 50(3), pages 51-53, 2007.
- [Mattern, 2004] Mattern, F. "Wireless Future: Ubiquitous Computing". ETH Zürich. Pages 1-10, 2004.
- [Meissner, 2002] Meissner, A., Luckenbach, T., Risse, T., Kirste, T., Kirchner, H. "Design challenges for an integrated disaster management communication and information system". The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks, volume 24, 2002.
- [MESA, 2009] MESA. "Mobile Broadband for Emergency and Safety Applications". MESA Project, <http://www.projectmesa.org/>. Last visit: August, 2009.
- [Midkiff, 2002] Midkiff, S.F., Bostian, C.W. "Rapidly-deployable broadband wireless networks for disaster and emergency response". The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks, 2002.
- [Monares, 2009] Monares, A., Ochoa, S. F., Pino, J. A., Herskovic, V., Rodriguez-Covili, J., Neyem, A. "MobileMap: A collaborative application to support emergency situations in urban areas". Computer Supported Cooperative Work in Design CSCWD 2009 13th International Conference, pages 432-437, 2009.
- [Montoya, 2003] Montoya, L. "Geo-data acquisition through mobile GIS and digital video: an urban disaster management perspective". Journal of Environmental Modelling & Software 18(10), pages 869-876, 2003.
- [Nielsen, 1990] Nielsen, J., Molich, R. "Heuristic evaluation of user interfaces". CHI '90 Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people. Pages 249-256, April 1990.
- [Nielsen, 1993] Nielsen, J. "Usability Engineering". Published by Morgan Kaufmann, San Francisco. ISBN 0-12-518406-9, 363 pages, 1993.

- [NIOSH, 2003] National Institute for Occupational Safety and Health "Current Status, Knowledge Gaps, and Research Needs Pertaining to Firefighter Radio Communication Systems", 2003.
- [Rauschert, 2002] Rauschert, I., Agrawal, P., Sharma, R., Fuhrmann, S., Brewer, I., MacEachren, A. "Designing a human-centered, multimodal GIS interface to support emergency management". Proceedings of the tenth ACM international symposium on Advances in geographic information systems - GIS '02, page 119, 2002.
- [Schöning, 2009] Schöning, J., Rohs, M., Krüger, A., Stasch, C. "Improving the Communication of Spatial Information in Crisis Response by Combining Paper Maps and Mobile Devices". Journal of Mobile Response, pages 57-65, 2009.
- [Smith, 2005] Smith, P.C., Simpson, D.M. "The Role of Mobile Emergency Tactical Communication Systems for Disaster Response". Journal of Center for Hazards Research and Policy Development, 2005.
- [Smith, 2009] Smith, P.C., Simpson, D.M. "Technology and Communications in an Urban Crisis: The Role of Mobile Communications Systems in Disasters". Journal of Urban Technology, 16(1), pages 133-149, 2009.
- [Shneiderman, 2009] Shneiderman, B., Plaisant, C. "Designing the user interface", Addison-Wesley, 624 pages, 2009.
- [Swiatek, 1999] Swiatek, J. "Crisis Prediction Disaster Management". SAIC Science and Technology Trends II, 1999.
- [Turoff, 2002] Turoff, M. "Past and future emergency response information systems". Communications of the ACM 45(4), page 29-32, 2002.
- [Turoff, 2004] Turoff, M., Chumer, M., Van de Walle, B., Yao, X. "The Design of a Dynamic Emergency Response Management Information System (DERMIS)", Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA) 5(4), 1-36, 2004.
- [Zhang, 2008] Zhang, Z. & Li, Q. "An Open Urban Emergency Decision Support System". The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS'08), 1123-1128. Beijing, China, 2008.

ANEXOS

Anexo 1 - Cuestionario de usabilidad de software para móviles – usuario final

Pauta resumida usuario final.

“Evaluación de usabilidad de software para dispositivos móviles”

Autor: Dr. Jaime Sánchez I. - Modificado por: Manuel Ibarra C.

Universidad de Chile

Introducción

La presente pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un software para dispositivos móviles (celulares).

Antecedentes:

Nombre del software:	MapaMóvil	Compañía: _____
Nombre Comandante:	_____	
Edad: _____	Sexo: varón [] mujer []	
Años de servicio: _____		
Nivel de conocimiento en manejo de celulares:	Aprendiz[] Normal[] Avanzado[]	

	Poco							Mucho		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Las imágenes que muestra el software son claramente identificables										
Las imágenes del software me transmiten información										
El software es intuitivo y fácil de manejar										
Es más fácil identificar los carros y distancias por los colores										
El software muestra información pertinente del contexto de una emergencia.										
La información mostrada en la aplicación, me podría ayudar a tomar decisiones más rápidas y eficaces.										
El software me podría ayudar a reducir llamadas por radio a la central de alarmas.										
Teniendo mayor información disponible, podría reducir el tiempo de mitigación de una emergencia										
Disponer de información actualizada y en forma gráfica me ayudaría a planificar mejor el trabajo en campo										
Me gustaría tener disponible el software										

Respecto a tu celular:

Funciona con : Android [] ; Windows Mobile [] ; Symbian [] ; iOS [] Otro _____
Tiene acceso a Internet en forma : ilimitada [] ; Limitada [] ; Bolsa [] ; Ninguno []
Podrías aportar 2990 pesos mensuales (25MB) para hacer uso del software?: Si [] ; No []

Comentarios

--

Anexo 2 - Cuestionario de usabilidad de software para celulares móviles - Heurística.

Pauta Extendida

“Evaluación de Usabilidad de software para celulares”: **Método de Evaluación Heurística**

Autor: Dr. Jaime Sánchez I.

Universidad de Chile

Modificado por: Manuel Ibarra Cabrera.

Introducción

La presente Pauta tiene por objetivo evaluar la usabilidad de un software para dispositivos móviles (celulares). Es importante que esta Pauta sea aplicada luego que Ud. haya explorado y navegado detenidamente por el software, con uno o más objetivos en mente.

Antecedentes

Nombre del software:

Nombre del evaluador:

Edad	Estudios	Experiencia en uso de software para móviles
<input type="checkbox"/> Entre 20 y 25	<input type="checkbox"/> Título profesional	<input type="checkbox"/> Ocasionalmente
<input type="checkbox"/> Entre 26 y 35	<input type="checkbox"/> Postítulo	<input type="checkbox"/> Una vez a la semana
<input type="checkbox"/> Entre 36 y 45	<input type="checkbox"/> Magister	<input type="checkbox"/> Varios días a la semana
<input type="checkbox"/> Mayor de 45	<input type="checkbox"/> Doctorado	<input type="checkbox"/> Todos los días de la semana

Contenidos que aborda el sitio

I. Visibilidad del estado del sistema	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
1.1. El software muestra claramente dónde se encuentra el usuario.					
1.2. Los enlaces posibles de explorar están claramente señalados.					

II. Relación entre sistema y mundo real	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
2.1. El lenguaje es claro.					
2.2. Los conceptos utilizados son entendibles.					
2.3. Las palabras son de significado conocido.					
2.4. Los iconos generan significado.					

III. Control del usuario y libertad	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
3.1. Es fácil regresar al punto inmediatamente anterior.					
3.2. Es fácil volver al menú principal desde cualquier parte del software.					
3.3. Provee botones propios para volver o dar paso a otra pantalla.					

3.4. El software es soportado por distintos modelos de celular sin dificultad.					
--	--	--	--	--	--

IV. Consistencia y estándares	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
4.1. Existe coherencia entre el nombre de un enlace y el sitio al que apunta.					
4.2. Todos los enlaces tienen contenido.					
4.3. Existen coherencias entre el título de una página y su contenido.					
4.4. Sólo existe un botón o enlace que lo lleve a un mismo sitio.					

V. Prevención de errores	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en Desacuerdo
5.1. Existen mensajes que prevengan posibles errores.					
5.2. Es posible prever posibles errores.					
5.3. La página no induce a cometer errores.					

VI. Reconocer en lugar de recordar	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en Desacuerdo
6.1. Los enlaces son fácilmente reconocibles.					
6.2. Los enlaces pueden identificarse claramente.					
6.3. Es posible reconocer dónde se encuentra el usuario.					

VII. Flexibilidad y eficiencia de uso	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en Desacuerdo
7.1. Los lugares son de fácil acceso.					
(*)7.2. Es fácil agregar al bookmark una sección específica del sitio.					
(*)7.3. Las direcciones guardadas en el bookmark son de corta vida.					
(*)7.4. La descripción de los sitios guardados en un bookmark refleja su contenido.					

VIII. Estética y diseño minimalista	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en Desacuerdo
8.1. La información es relevante.					
8.2. El contenido está bien clasificado.					
8.3. El contenido está correctamente organizado.					
8.4. El contenido está bien distribuido en el software.					

IX. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de Errors	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en Desacuerdo
9.1. Es fácil reconocer cuando ocurre un error.					
9.2. Después que ocurre un error es fácil volver al sitio de origen.					
9.3. Cuando ocurre un error existen mecanismos para solucionarlos.					

(*) No aplicable para esta encuesta

X. Ayuda y documentación	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
10.1. Existe algún tipo de ayuda o indicación en el programa.					
10.2. Cuando existe ayuda, ésta es específica.					
10.3. La ayuda está asequible.					

XI. Tratamiento del contenido	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
11.1. El contenido se adecua a la realidad social y cultural del usuario.					
11.2. El contenido del software constituye un valor agregado en relación al mismo contenido en otro medio.					
11.3. Es posible ampliar la información accediendo a punteros relacionados con el tema.					

XII. Velocidad y medios	Muy de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
(*)12.1. Existe posibilidad de acceder al contenido del sitio sólo en formato texto					
12.2. Los medios utilizados (imágenes, texto) no demoran en exceso la carga del programa.					
12.3. Se indica el tamaño de los archivos cuando existe la posibilidad de descargar archivos desde el sitio.					
12.4. La calidad técnica de imágenes es aceptable.					
12.5. Los medios utilizados refuerzan el contenido del mensaje.					

¿Cómo califica globalmente el software analizado?	Excelente	Bueno	Neutro	Regular	Deficiente
I. Visibilidad del estado del sistema.					
II. Relación entre sistema y mundo real.					
III. Control del usuario y libertad.					
IV. Consistencia y estándares.					
V. Prevención de errores.					
VI. Reconocer en lugar de recordar.					
VII. Flexibilidad y eficiencia de uso.					
VIII. Estética y diseño minimalista.					
IX. Reconocimiento, diagnóstico y recuperación de errores.					
X. Ayuda y documentación.					
XI. Tratamiento del contenido.					
XII. Velocidad y medios.					

(*) No aplicable para esta encuesta

Anexo 3 - Nomenclatura de “Acto” en emergencias

Código del Acto	Descripción del Acto
LI Cdcia	Es la nomenclatura de <i>Llamada a Comandancia</i> . Cuando hay un llamado a una emergencia, la Central de Alarmas debe despachar 2 o 3 Carros de acuerdo al tipo de emergencia (inicialmente). Por ejemplo cuando hay un llamado por fuego, asisten dos Carros Bomba de Agua y una de Escala, según proximidad de las Compañías al lugar en conflicto.
Cc	Es la nomenclatura de <i>Cuartel Completo</i> . Luego de constatar las características del siniestro, es posible que el Comandante de Incidente requiera que asistan Carros adicionales a la emergencia (uno o más cuarteles completos con todas sus unidades). Por ejemplo, si es el caso de fuego, tal vez completar con unos 2 Carros Bomba.
Incendio	Luego de constatar las características del siniestro, El Comandante de Incidente puede dar paso a la “Alarma de Incendio”, si el escenario lo amerita. En este caso se hacen presente todos los carros de todas las Compañías para controlar el siniestro. Por ejemplo, en el caso de fuego deben asistir todos los Carros Bomba que sean necesarios y/o estén próximos a la emergencia, todos los Comandantes de Incidente, el Carro de Comando y Comunicaciones, entre otros.
Salvamento	Es la nomenclatura que se refiere a poner a salvo a personas o animales que estén en peligro (no necesariamente una emergencia). Por ejemplo una persona que se pudo haber olvidado las llaves de su departamento y que tiene su hijo encerrado.
Rescate	Es la nomenclatura de Rescate de personas atrapadas y en peligro (en ascensores, en vehículos, etc.). Por ejemplo en caso de un accidente de tránsito, puede haber personas atrapadas que requieran ser atendidas urgentemente.
Exploración	Es la nomenclatura de eventos que requieren ser indagados pero que no asiste ningún peligro.
Otros Servicios	Asistencia a otro tipo de eventos, por ejemplo un evento artístico y de carácter público en el Estadio Nacional.

Anexo 4 - Modelo físico de la base de datos para emergencias cotidianas.

```
# ----- #
# Script generated with: DeZign for Databases v6.3.4 #
# Target DBMS: MySQL 5 #
# Project file: BD_Emergencias.dez #
# Project name: #
# Author: #
# Script type: Database creation script #
# Created on: 2011-11-09 03:33 #
# ----- #

# ----- #
# Add table "Clave" #
# ----- #

CREATE TABLE `Clave` (
  `CodClave` VARCHAR(40) NOT NULL,
  `Descripcion` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_Clave` PRIMARY KEY (`CodClave`)
);

# ----- #
# Add table "Compania" #
# ----- #

CREATE TABLE `Compania` (
  `CodCia` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `Descripcion` VARCHAR(40),
  `Direccion` VARCHAR(40),
  `Telefono` VARCHAR(40),
  `Correo` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_Compania` PRIMARY KEY (`CodCia`)
);

# ----- #
# Add table "Comuna" #
# ----- #

CREATE TABLE `Comuna` (
  `CodComuna` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `Descripcion` VARCHAR(40),
  `Poblacion` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_Comuna` PRIMARY KEY (`CodComuna`)
);

# ----- #
# Add table "Acto" #
# ----- #

CREATE TABLE `Acto` (
  `CodActo` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `Descripcion` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_Acto` PRIMARY KEY (`CodActo`)
);
```

```

# ----- #
# Add table "OperadoraCentral" #
# ----- #

CREATE TABLE `OperadoraCentral` (
  `CodOper` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `Nombre` VARCHAR(40),
  `Apellido` VARCHAR(40),
  `Telefono` VARCHAR(40),
  `Correo` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_OperadoraCentral` PRIMARY KEY (`CodOper`)
);

```

```

# ----- #
# Add table "Personal" #
# ----- #

```

```

CREATE TABLE `Personal` (
  `CodPerso` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodCia` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `Nombre` VARCHAR(40),
  `Apellido` VARCHAR(40),
  `Telefono` VARCHAR(40),
  `Correo` VARCHAR(40),
  `Tipo` VARCHAR(40),
  PRIMARY KEY (`CodPerso`)
);

```

```

# ----- #
# Add table "Emergencia" #
# ----- #

```

```

CREATE TABLE `Emergencia` (
  `CodEmer` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodActo` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodOper` VARCHAR(8),
  `CodComuna` VARCHAR(8),
  `CodClave` VARCHAR(40),
  `CodPerso` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `FechaLlamado` DATE,
  `HoraLlamado` TIME,
  `Direccion` VARCHAR(40),
  `Esquina` VARCHAR(40),
  `Latitud` FLOAT,
  `Longitud` FLOAT,
  CONSTRAINT `PK_Emergencia` PRIMARY KEY (`CodEmer`)
);

```

```

# ----- #
# Add table "Imagen" #
# ----- #

```

```

CREATE TABLE `Imagen` (
  `FechaHora` DATETIME NOT NULL,
  `CodEmer` VARCHAR(8),
  `Carpeta` VARCHAR(40),

```

```

`Nombre` VARCHAR(40),
`Latitud` FLOAT,
`Longitud` FLOAT,
`Descripcion` VARCHAR(40),
CONSTRAINT `PK_Imagen` PRIMARY KEY (`FechaHora`)
);

```

```

# ----- #
# Add table "GrabacionAudio" #
# ----- #

```

```

CREATE TABLE `GrabacionAudio` (
  `CodEmer` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `FechaHora` DATETIME NOT NULL,
  `Archivo` VARCHAR(40),
  `Ruta` VARCHAR(40),
  `Mes` VARCHAR(40),
  `Dia` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_GrabacionAudio` PRIMARY KEY (`CodEmer`, `FechaHora`)
);

```

```

# ----- #
# Add table "Carro" #
# ----- #

```

```

CREATE TABLE `Carro` (
  `CodCar` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodCia` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `Descripcion` VARCHAR(40),
  `Patente` VARCHAR(40),
  `Color` VARCHAR(40),
  `Capacidad` VARCHAR(40),
  `Observacion` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_Carro` PRIMARY KEY (`CodCar`, `CodCia`)
);

```

```

# ----- #
# Add table "DetalleEmergencia" #
# ----- #

```

```

CREATE TABLE `DetalleEmergencia` (
  `CodEmer` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodCia` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodCar` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `FechaDespacho` DATE,
  `HoraDespacho` TIME,
  `FechaLlegada` DATE,
  `HoraLlegada` TIME,
  `FechaRetirada` DATE,
  `HoraRetirada` TIME,
  `FechaCuartel` DATE,
  `HoraCuartel` TIME,
  `NroTripulantes` INTEGER,
  PRIMARY KEY (`CodEmer`, `CodCia`, `CodCar`)
);

```



```
# ----- #
# Add table "Trayectoria" #
# ----- #
```

```
CREATE TABLE `Trayectoria` (
  `CodCar` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `CodCia` VARCHAR(8) NOT NULL,
  `FechaHora` DATETIME NOT NULL,
  `Latitud` FLOAT,
  `Longitud` FLOAT,
  `Conductor` VARCHAR(40),
  CONSTRAINT `PK_Trayectoria` PRIMARY KEY (`CodCar`, `CodCia`, `FechaHora`)
);
```

```
# ----- #
# Foreign key constraints #
# ----- #
```

```
ALTER TABLE `Carro` ADD CONSTRAINT `Compania_Carro`
  FOREIGN KEY (`CodCia`) REFERENCES `Compania` (`CodCia`);
```

```
ALTER TABLE `Personal` ADD CONSTRAINT `Compania_Personal`
  FOREIGN KEY (`CodCia`) REFERENCES `Compania` (`CodCia`);
```

```
ALTER TABLE `Emergencia` ADD CONSTRAINT `Acto_Emergencia`
  FOREIGN KEY (`CodActo`) REFERENCES `Acto` (`CodActo`);
```

```
ALTER TABLE `Emergencia` ADD CONSTRAINT `OperadoraCentral_Emergencia`
  FOREIGN KEY (`CodOper`) REFERENCES `OperadoraCentral` (`CodOper`);
```

```
ALTER TABLE `Emergencia` ADD CONSTRAINT `Comuna_Emergencia`
  FOREIGN KEY (`CodComuna`) REFERENCES `Comuna` (`CodComuna`);
```

```
ALTER TABLE `Emergencia` ADD CONSTRAINT `Clave_Emergencia`
  FOREIGN KEY (`CodClave`) REFERENCES `Clave` (`CodClave`);
```

```
ALTER TABLE `Emergencia` ADD CONSTRAINT `Personal_Emergencia`
  FOREIGN KEY (`CodPerso`) REFERENCES `Personal` (`CodPerso`);
```

```
ALTER TABLE `DetalleEmergencia` ADD CONSTRAINT `Emergencia_DetalleEmergencia`
  FOREIGN KEY (`CodEmer`) REFERENCES `Emergencia` (`CodEmer`);
```

```
ALTER TABLE `DetalleEmergencia` ADD CONSTRAINT `Carro_DetalleEmergencia`
  FOREIGN KEY (`CodCar`, `CodCia`) REFERENCES `Carro` (`CodCar`, `CodCia`);
```

```
ALTER TABLE `Imagen` ADD CONSTRAINT `Emergencia_Imagen`
  FOREIGN KEY (`CodEmer`) REFERENCES `Emergencia` (`CodEmer`);
```

```
ALTER TABLE `GrabacionAudio` ADD CONSTRAINT `Emergencia_GrabacionAudio`
  FOREIGN KEY (`CodEmer`) REFERENCES `Emergencia` (`CodEmer`);
```

```
ALTER TABLE `Trayectoria` ADD CONSTRAINT `Carro_Trayectoria`
  FOREIGN KEY (`CodCar`, `CodCia`) REFERENCES `Carro` (`CodCar`, `CodCia`);
```

Anexo 5 - Resultados cuantitativos de los audios escuchados.

Nro	Clave/Acto (Tipo)	Duración (Horas)	Número Carros	Uso Radio (Segundos)	Uso Evitable (Segundos)	Reducción	Total Emergencias
1	10-0 Cc	2:50	6	1847	480	26,0%	32
2	10-0 Cc	1:06	3	497	108	21,7%	
3	10-0 Cc	2:52	4	2658	716	26,9%	
4	10-0 Cc	1:11	7	3086	928	30,1%	
5	10-0 Cc	1:04	7	4534	822	18,1%	
6	10-0 Cc	2:31	6	2608	518	19,9%	
7	10-0 Cc	1:56	6	1683	267	15,9%	
8	10-0 Cc	0:48	5	700	199	28,4%	
9	10-0 Cc	1:29	6	1451	308	21,2%	
10	10-0 Cc	1:52	6	1340	309	23,1%	
11	10-0 Incendio	1:45	7	1219	311	25,5%	
12	10-0 Incendio	1:38	7	1532	269	17,6%	
13	10-0 Incendio	2:22	9	4008	1372	34,2%	
14	10-0 Incendio	4:34	13	5220	1908	36,6%	
15	10-0 Incendio	1:51	8	2774	702	25,3%	
16	10-0 Incendio	1:46	9	2832	818	28,9%	
17	10-0 Incendio	1:13	9	4580	1288	28,1%	
18	10-0 Incendio	2:46	10	3754	1078	28,7%	
19	10-0 Incendio	2:17	11	5674	1446	25,5%	
20	10-0 Incendio	1:23	11	2962	868	29,3%	
21	10-0 Incendio	1:40	8	1753	523	29,8%	
22	10-0 Incendio	1:22	9	1286	445	34,6%	
23	10-0 Incendio	1:43	7	1361	453	33,3%	
24	10-0 Incendio	1:58	9	1599	514	32,1%	
25	10-0 Incendio	2:24	7	1784	403	22,6%	
26	10-0 Incendio	1:44	10	1614	578	35,8%	
27	10-0 Incendio	1:26	8	1109	371	33,5%	
28	10-0 Incendio	1:07	8	1199	257	21,4%	
29	10-0 Incendio	1:12	10	1518	508	33,5%	
30	10-0 Incendio	1:29	7	1032	209	20,3%	
31	10-0 Incendio	1:30	9	1673	542	32,4%	
32	10-0 LL Cdcia	1:20	2	342	64	18,7%	
33	10-1 LL Cdcia	2:00	3	802	228	28,4%	
34	10-1 LL Cdcia	0:13	1	146	24	16,4%	
35	10-1 LL Cdcia	0:25	2	249	67	26,9%	
36	10-1 LL Cdcia	0:29	2	306	45	14,7%	
37	10-1 LL Cdcia	0:13	2	377	58	15,4%	

38	10-10 LL Cdcia	1:20	3	790	101	12,8%	3
39	10-10 LL Cdcia	1:34	2	220	27	12,3%	
40	10-10 LL Cdcia	0:48	2	253	46	18,2%	
41	10-12 LL Cdcia	5:40	6	413	55	13,3%	3
42	10-12 LL Cdcia	3:18	1	37	2	5,4%	
43	10-12 LL Cdcia	5:10	1	43	3	7,0%	
44	10-2 Cc	2:54	4	708	197	27,8%	22
45	10-2 Incendio	5:53	16	4801	1220	25,4%	
46	10-2 Incendio	3:27	10	1863	489	26,2%	
47	10-2 Incendio	2:02	7	1570	444	28,3%	
48	10-2 Incendio	2:20	8	2312	672	29,1%	
49	10-2 Incendio	3:12	9	3445	830	24,1%	
50	10-2 Incendio	3:16	9	1839	475	25,8%	
51	10-2 Incendio	4:59	11	2868	775	27,0%	
52	10-2 LL Cdcia	0:00	3	753	132	17,5%	
53	10-2 LL Cdcia	1:20	2	650	175	26,9%	
54	10-2 LL Cdcia	1:36	2	824	138	16,7%	
55	10-2 LL Cdcia	1:10	2	467	114	24,4%	
56	10-2 LL Cdcia	0:57	2	336	95	28,3%	
57	10-2 LL Cdcia	2:04	2	617	73	11,8%	
58	10-2 LL Cdcia	0:13	1	109	27	24,8%	
59	10-2 LL Cdcia	0:31	1	150	35	23,3%	
60	10-2 LL Cdcia	0:44	1	115	29	25,2%	
61	10-2 LL Cdcia	1:12	2	672	138	20,5%	
62	10-2 LL Cdcia	0:53	1	186	40	21,5%	
63	10-2 LL Cdcia	4:44	3	542	149	27,5%	
64	10-2 LL Cdcia	3:13	2	932	68	7,3%	
65	10-2 LL Cdcia	0:30	2	196	42	21,4%	
66	10-3 Salvamento	0:19	3	279	48	17,2%	9
67	10-3 Salvamento	0:19	2	311	73	23,5%	
68	10-3 Salvamento	0:21	2	334	39	11,7%	
69	10-3 Salvamento	0:44	3	677	163	24,1%	
70	10-3 Salvamento	0:50	3	458	103	22,5%	
71	10-3 Salvamento	0:16	2	203	46	22,7%	
72	10-3 Salvamento	0:08	3	240	52	21,7%	
73	10-3 Salvamento	0:05	2	188	52	27,7%	
74	10-3 Salvamento	0:08	2	211	32	15,2%	
75	10-4 Rescate	0:49	2	476	55	11,6%	19
76	10-4 Rescate	1:52	2	944	117	12,4%	
77	10-4 Rescate	2:48	3	669	87	13,0%	
78	10-4 Rescate	0:37	1	539	38	7,1%	

79	10-4 Rescate	0:30	1	280	43	15,4%	
80	10-4 Rescate	0:58	3	366	54	14,8%	
81	10-4 Rescate	0:25	3	266	53	19,9%	
82	10-4 Rescate	0:41	3	332	59	17,8%	
83	10-4 Rescate	0:22	3	271	35	12,9%	
84	10-4 Rescate	0:32	3	473	88	18,6%	
85	10-4 Rescate	0:33	3	530	75	14,2%	
86	10-4 Rescate	0:45	2	649	57	8,8%	
87	10-4 Rescate	0:47	2	353	53	15,0%	
88	10-4 Rescate	0:29	2	253	52	20,6%	
89	10-4 Rescate	0:19	2	213	34	16,0%	
90	10-4 Rescate	1:19	4	990	129	13,0%	
91	10-4 Rescate	0:24	4	359	85	23,7%	
92	10-4 Rescate	0:44	3	532	121	22,7%	
93	10-4 Rescate	1:03	4	728	83	11,4%	
94	10-5 LL Cdcia	2:37	3	583	88	15,1%	3
95	10-5 LL Cdcia	3:10	4	485	112	23,1%	
96	10-5 LL Cdcia	3:33	3	608	114	18,8%	
97	10-6 LL Cdcia	1:35	2	261	34	13,0%	13
98	10-6 LL Cdcia	0:37	3	377	89	23,6%	
99	10-6 LL Cdcia	1:10	4	441	105	23,8%	
100	10-6 LL Cdcia	1:17	2	322	31	9,6%	
101	10-6 LL Cdcia	0:30	3	296	64	21,6%	
102	10-6 LL Cdcia	1:05	3	519	62	11,9%	
103	10-6 LL Cdcia	0:22	2	235	41	17,4%	
104	10-6 LL Cdcia	2:19	4	845	69	8,2%	
105	10-6 LL Cdcia	0:49	3	341	50	14,7%	
106	10-6 LL Cdcia	0:54	3	254	38	15,0%	
107	10-6 LL Cdcia	0:40	3	364	65	17,9%	
108	10-6 LL Cdcia	0:27	2	229	47	20,5%	
109	10-6 LL Cdcia	0:09	1	88	14	15,9%	
110	10-7 LL Cdcia	2:12	2	629	130	20,7%	4
111	10-7 LL Cdcia	1:28	1	237	46	19,4%	
112	10-7 LL Cdcia	1:35	2	288	71	24,7%	
113	10-7 LL Cdcia	0:37	3	417	90	21,6%	
114	10-8 LL Cdcia	0:51	1	191	23	12,0%	3
115	10-8 LL Cdcia	1:02	1	185	22	11,9%	
116	10-8 LL Cdcia	2:02	2	530	99	18,7%	
117	10-9 Otros Servicios	0:43	2	151	28	18,5%	14
118	10-9 Otros Servicios	3:22	3	584	61	10,4%	
119	10-9 Otros Servicios	0:30	1	239	28	11,7%	

120	10-9 Otros Servicios	1:05	1	119	28	23,5%	
121	10-9 Otros Servicios	4:51	1	123	14	11,4%	
122	10-9 Otros Servicios	1:31	1	104	17	16,3%	
123	10-9 Otros Servicios	0:29	1	75	11	14,7%	
124	10-9 Otros Servicios	7:40	3	297	68	22,9%	
125	10-9 Otros Servicios	0:49	1	109	16	14,7%	
126	10-9 Otros Servicios	0:40	2	233	37	15,9%	
127	10-9 Otros Servicios	1:57	2	910	45	4,9%	
128	10-9 Otros Servicios	1:21	1	25	5	20,0%	
129	10-9 Otros Servicios	9:36	1	109	18	16,5%	
130	10-9 Otros Servicios	4:44	3	245	47	19,2%	
Total						20,3%	130