

# AQUA: Sistema de administración y gestión documental de emergencias para cuarteles de bomberos

Ana Carolina Martínez Saucedo, Facundo Connell, Benjamín Ríos, y Jonathan Perrotta

Universidad Argentina de la Empresa,  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, Buenos Aires, Argentina  
{anmartinez, fconnell, laurios, jperrotta}@uade.edu.ar

**Resumen.** Es ampliamente conocida la labor que realizan los bomberos voluntarios de todo el mundo, arriesgando sus vidas cada vez que se presentan emergencias y ayudando diariamente al bien de la sociedad. Tal es así que a nivel nacional la organización del Sistema Nacional de Bomberos Voluntarios y su vinculación con el Estado nacional están reguladas por la Ley Nacional N°25.054, promulgada en 1998. Sin embargo, la labor de los bomberos no termina en la atención de emergencias: los bomberos voluntarios de Pinamar dedican numerosas horas en tareas administrativas. Esto se debe a la cantidad de información que deben recolectar y generar antes, durante y después de atender una emergencia. Teniendo presente esta problemática se desarrolló AQUA: un sistema que da soporte a los bomberos voluntarios de Pinamar en todas las etapas de un incendio: desde que se produce la llamada de emergencia y se prepara la salida hasta que se registra formalmente el parte correspondiente, reduciendo el tiempo insumido en registrar, localizar y procesar información sobre incendios.

**Palabras claves:** medio ambiente, incendios, gestión documental, bomberos.

## 1 Introducción

En Argentina existen más de 1011 cuarteles de bomberos, aunque la primera asociación de bomberos voluntarios fue formada en 1884 a raíz de un incendio producido en el barrio porteño de La Boca. A partir de ese entonces la cantidad de sociedades creció notablemente, hasta que en 1998 se sancionó la Ley N° 25.054 [1] que regula la misión y organización del Sistema Nacional de Bomberos Voluntarios en todo el país.

La labor de los bomberos se hace visible cada vez que combaten incendios o atienden emergencias. Sin embargo, los bomberos de Pinamar dedican más de 40 horas mensuales a tareas que se realizan puertas adentro del cuartel. Para comprender cómo funciona un cuartel de bomberos y cuál es el trabajo que se realiza se entrevistó a Patricio Silva, jefe del Cuerpo Activo de Bomberos Voluntarios de Pinamar.

Internamente un cuartel de bomberos tiene dos líneas de trabajo: la atención a emergencias y la administración interna. Entre las emergencias atendidas por los Bomberos Voluntarios de Pinamar se incluyen incendios forestales, incendios estructurales, accidentes y rescates. Por otro lado, la administración interna en el cuartel involucra el control de inventario, mantenimiento de equipos y móviles, registro de gastos, capacitaciones, administración de legajos y documentos y seguimiento de trámites administrativos.

Los Bomberos Voluntarios de Pinamar, así como la mayoría de los cuarteles del país, trabajan los documentos que se generan como resultado de la administración interna en soporte papel, lo que implica que su confección es una tarea ardua que requiere muchas horas. Sin embargo, la atención a emergencias también tiene un fuerte componente administrativo: el cuartelero, encargado de recibir llamadas de emergencia las 24 horas del día, debe registrar al momento de accionar la sirena la ubicación de la emergencia, el tipo de emergencia, los datos del solicitante y cualquier otra información que sea de utilidad para los bomberos que minutos después se dirigen al siniestro o emergencia.

Si bien los bomberos de Pinamar tardan menos de dos minutos en llegar al cuartel una vez notificados de la emergencia, al menos un minuto se dedicaba a determinar la ubicación exacta de la emergencia a través de un mapa del partido instalado en la cochera del cuartel. Además, como consecuencia del aumento en la apertura de nuevas calles y barrios en distintas zonas del Partido de Pinamar [2], el mapa físico quedó rápidamente desactualizado, teniendo que recurrir al conocimiento que cada chofer pueda tener con respecto a la forma más rápida de llegar a la ubicación en cuestión.

Una vez atendida la emergencia y de regreso al cuartel, los bomberos deben registrar en el llamado parte de servicio accidental distintos datos sobre el siniestro: además de la información recolectada inicialmente por el cuartelero se deben anexar todos los bomberos presentes, el código de servicio (o tipo de emergencia atendida), la duración, cantidad de horas hombre dedicadas, los móviles que intervinieron, hectáreas quemadas (en caso de tratarse de incendios forestales), víctimas y heridos. Estos partes, junto con estadísticas calculadas a partir de la información que estos proveen, deben ser luego enviados a tanto entidades públicas como privadas.

Considerando únicamente este proceso interno resulta evidente el esfuerzo que los bomberos deben realizar para no sólo crear los partes de forma completa y precisa, sino también en los plazos requeridos por las entidades oficiales. Por otro lado, se constata la duplicación de información a través de los documentos generados en las distintas etapas de atención de emergencias, dificultando aún más la tarea de recopilación de información para su posterior procesamiento.

## 2 Propuesta

Ante la realidad que atraviesa no sólo al cuartel de bomberos de Pinamar sino también numerosos cuarteles de todo el país con respecto a la gestión de la información y agilización de procesos administrativos, nace AQUA: un sistema

de administración y gestión documental que busca reducir al máximo el tiempo dedicado a recopilar y procesar información en todas las etapas de una emergencia.

El objetivo de AQUA es dar soporte a los bomberos en los distintos procesos internos que se producen en cuartel. Como objetivos específicos AQUA busca:

- Unificar la información generada en las distintas etapas de una emergencia, evitando la duplicación de información y aliviando la carga de datos por parte de los bomberos a la hora de crear documentación.
- Generar de manera automática estadísticas de emergencias presentadas en informes, mapas de calor y gráficos. Estos distintos formatos les permiten a los bomberos no solo generar documentación lista para ser enviada a entes oficiales, sino que gracias a ellos es posible detectar patrones y tendencias rápidamente sin tener que procesar manualmente gran cantidad de documentos físicos.
- Posibilitar la creación de roles, permisos, códigos de servicio, móviles y usuarios, reflejando y respetando la organización y administración interna propias de cada cuartel.

### 3 Diseño de la aplicación

Luego del relevamiento inicial llevado a cabo mediante entrevistas y focus groups con el Jefe de Bomberos, cuarteros y ayudantes para comprender el dominio del problema, la terminología y los procesos que se dan en cuartel, se comenzó a desarrollar incrementalmente los distintos módulos de AQUA respetando las dos líneas de trabajo que se dan en un cuartel.

Por un lado, dentro de la línea de atención a emergencias se incluyen los módulos de siniestros y estadísticas de siniestros. Por el lado de la administración interna, actualmente están disponibles los módulos de generación de partes, guardias, reuniones, puntajes y licencias.

Como metodología de desarrollo se utilizó Scrum, permitiendo así validar los requerimientos periódicamente, entender cada proceso y ajustar las funcionalidades [3] con los bomberos para que la adaptación de procesos administrativos a un sistema sea la menor posible.

AQUA es una aplicación web que puede ser accedida por cualquier navegador tanto desde computadoras como dispositivos móviles. Esta decisión se tomó teniendo en cuenta la disponibilidad de computadoras de escritorio en el cuartel y la posibilidad de adquisición de tablets para trabajar manifestada por Silva en la primera entrevista.

Entre las tecnologías utilizadas se encuentran el framework Spring para el desarrollo backend (utilizando el lenguaje de programación Java), MySQL como base de datos, y el motor de plantillas XHTML Thymeleaf para implementar las vistas del modelo MVC (Modelo Vista Controlador o Model View Controller por sus siglas en inglés) adoptado. Todas las tecnologías utilizadas para el desarrollo de AQUA son de código abierto y libre, ahorrando costos de inversión en tecnologías pagas.

Conforme se avanzó en el desarrollo y entendimiento del dominio, se produjeron cambios en el modelo de datos y posteriormente en la base de datos. Para gestionar estas actualizaciones a lo largo del proceso de desarrollo se utilizó la librería Liquibase en conjunto con la herramienta de mapeo objeto-funcional (ORM) Hibernate.

Si bien AQUA fue diseñada para resolver la problemática particular de los Bomberos Voluntarios de Pinamar, se permite a cada cuartel configurar la mayor cantidad de parámetros posibles. Entre ellos se encuentran las funciones de creación de:

- Cargos jerárquicos o grados.
- Móviles.
- Códigos de servicio.
- Roles y permisos de sistema para acceder a los distintos módulos.
- Planillas de asistencia y asistentes obligatorios.

En primera instancia se definió un esquema de roles y privilegios personalizable en el que la máxima autoridad del cuartel puede definir los módulos y operaciones (creación, modificación, eliminación y visualización) que un rol tiene. Para ello se utilizó el framework de autenticación y control de acceso Spring Security. Este esquema se desarrolló con el objetivo de reflejar la jerarquía de los responsables de cada tarea que se realiza en el cuartel, y respetar el escalafón jerárquico establecido por el Consejo de Federaciones de Bomberos Voluntarios de la República Argentina [4] en conformidad con la Ley N° 26.987 [5].

La primera funcionalidad implementada -respetando el orden en que se genera información sobre emergencias- fue la del registro de siniestros. Al recibir una llamada el cuartelero puede registrar toda la información brindada por la persona que se comunicó al cuartel. Para esta y otras funcionalidades que involucran el uso de mapas y geolocalización se utilizaron diversas APIs de Google, como la API para JavaScript de Maps y las APIs Directions (para obtener rutas) y Geocoding (para convertir la dirección que ingresa el cuartelero en coordenadas geográficas).

**Fig. 1.** Registro de siniestro. Cuando el cuartelero ingresa la dirección y localidad de la emergencia se agrega un marcador en la ubicación exacta del siniestro.

Una vez registrado el siniestro, AQUA brinda la posibilidad de imprimir el mapa junto con los datos registrados u obtener el recorrido a realizar para llegar a la ubicación. El cuartelero puede luego entregar esta información a los bomberos que atenderán la emergencia.

**Fig. 2.** Luego de la carga exitosa, AQUA provee una alerta para tanto imprimir el mapa u obtener la ruta más corta a la ubicación del siniestro.

Cuando los bomberos atienden la emergencia y regresan al cuartel se debe generar el parte de servicio accidental, donde se deja asentada toda la información concerniente a la emergencia que luego se folia y archiva.

Manualmente la confección del parte de servicio accidental requería de mucho tiempo, pero con AQUA la cantidad de información a cargar se reduce notablemente, ya que se libera al bombero de realizar cálculos manuales y reintroducir información previamente generada por el cuartelero. Además, gracias al módulo de guardias (donde se asienta la asistencia de los bomberos a las guardias) tampoco es necesario reingresar los presentes en el servicio. Una vez

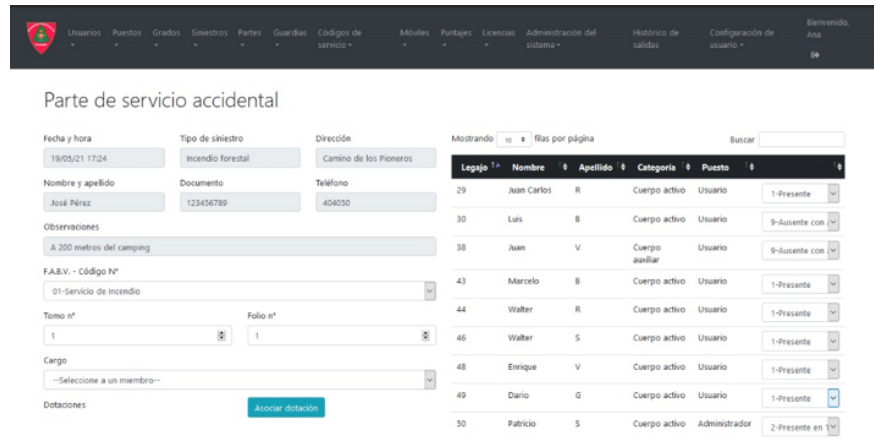


Fig. 3. Carga de parte de servicio accidental.

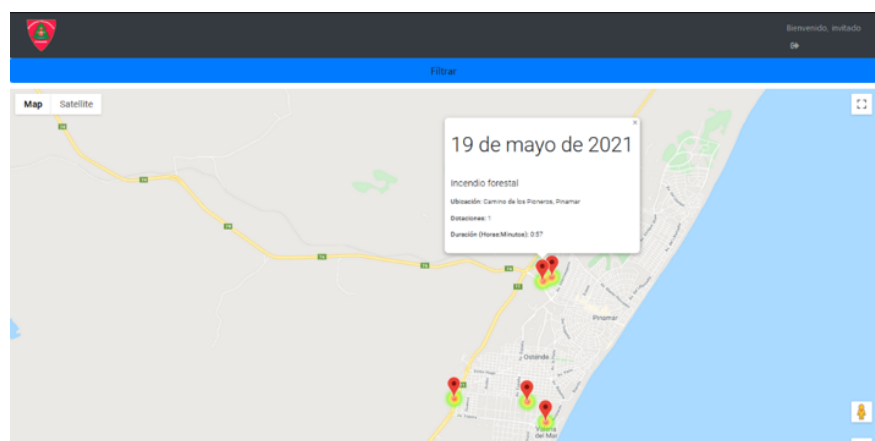
creado el parte, AQUA permite exportarlo a PDF para ser impreso, firmado, foliado y finalmente archivado. Como se puede observar en la Figura 4, el formato del archivo generado es idéntico al utilizado en soporte papel.



Fig. 4. Parte de servicio accidental exportado en el formato utilizado por la Asociación de Bomberos Voluntarios de Pinamar.

Para la implementación de exportación de archivos a diversos formatos según lo requerido por diversas entidades oficiales (Excel para las planillas de estadísticas, Word para planillas de asistencia y puntajes, y PDF para partes de servicio) se utilizaron las librerías de Apache PDFBox y POI.

La información que se genera en estas partes es posteriormente utilizada para generar estadísticas en diversos formatos. En particular, la funcionalidad de mapa de calor de emergencias históricas (Figura 5) les permite a los bomberos detectar patrones rápidamente sin necesidad de revisar cientos de partes en papel.



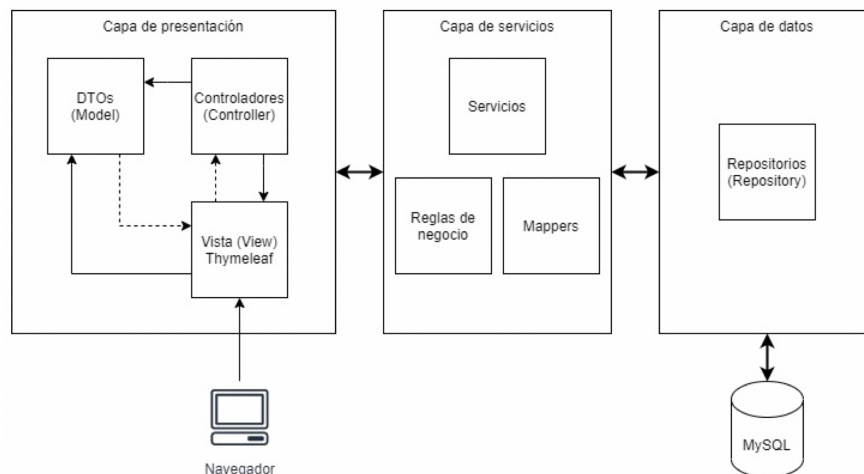
**Fig. 5.** Mapa de siniestros históricos junto con información relevante, tomada de los partes posteriormente generados.

## 4 Arquitectura

A nivel arquitectónico, AQUA es una aplicación monolítica que se empaqueta y despliega en un solo archivo WAR. Esto significa que la aplicación está concebida para trabajar como una unidad autocontenida [6].

La arquitectura de la lógica de negocio es en capas, siendo las mismas:

- **Datos:** La responsabilidad de esta capa es la de realizar operaciones de creación, obtención, modificación y eliminación (o CRUD por sus siglas en inglés Create, Read, Update and Delete) de datos en la base de datos. En esta capa se implementa el patrón Repository, que permite la mediación entre el dominio y el mapeo de datos [7].
- **Servicios:** Es la capa en donde se realizan cálculos, procesos, transformaciones y se aplican las reglas de negocio.
- **Presentación:** En esta capa se implementa el patrón Model View Controller (MVC), en donde se reciben, validan y devuelven datos en sus respectivos objetos Model. De esta manera se logra separar las responsabilidades y lograr la independencia entre la lógica de negocio y la interfaz gráfica [7]. En esta capa también se implementa el patrón Data Transfer Object (o DTO por sus siglas en inglés).



**Fig. 6.** Diagrama de arquitectura de AQUA.

## 5 Conclusiones

El trabajo de los bomberos no sólo consiste en combatir incendios y colaborar en accidentes y rescates, sino que involucra también tareas administrativas que consumen mucho más tiempo del empleado en las emergencias propiamente dichas. La organización interna de un cuartel de bomberos también es compleja, y aunque cada cuartel sigue un reglamento común a todos los cuarteles del país, algunos procesos internos son gestionados de distintas maneras.

Si bien todavía queda un gran camino por recorrer, AQUA logró unificar la información del cuartel y reducir el tiempo que los bomberos deben emplear en tareas administrativas. Según indicaron los bomberos en pruebas tempranas, la confección de documentos que antes suponía horas de trabajo se redujo a minutos. Por otro lado, gracias a la validación frecuente con bomberos de diferentes jerarquías y ocupaciones, AQUA se pudo ajustar a las distintas formas de trabajo para que la adaptación al nuevo sistema sea la menor posible.

Además, AQUA brinda la posibilidad de configurar distintos parámetros para adaptarlo a la jerarquía, roles, procesos y sistema de códigos de servicio que se utilizan, permitiendo así su implementación en otros cuarteles del país.

## 6 Trabajos futuros

La riqueza de información que existe en un cuartel de bomberos y la cantidad de trabajo que se realiza internamente hace que existan numerosas funcionalidades a implementar. Sin embargo, durante el desarrollo de AQUA se consideraron como oportunidades de mejora:



- La implementación de funcionalidades que den soporte al resto de los procesos dentro de la administración interna: capacitaciones, control de inventario y gastos, procesos relacionados al cumplimiento con lo estipulado en la legislación nacional, provincial y local con respecto a la rendición de subsidios.
- La creación de una aplicación móvil que pueda ser utilizada al momento de dirigirse a una emergencia para brindar la ruta más rápida al destino, la información recopilada previamente por el cuartelero y la posibilidad de recolección de datos una vez atendida la emergencia.
- La creación de modelos de Machine Learning para predecir incendios forestales en la zona a través de la información sobre emergencias que AQUA recopila y procesa.

## Referencias

1. Historia, Bomberos Voluntarios de Argentina. <https://www.bomberosra.org.ar/snbv-historia>. [Accedido 22-05-2021]
2. Desarrollos y Loteos, Pinamar S.A. <https://www.pinamar.com.ar/desarrollos-y-loteos/>. [Accedido 22-05-2021]
3. Schwaber, K., Beedle, M.: Agile Software Development with Scrum. Prentice Hall, 2002.
4. Escalafón Jerárquico, Consejo de Federaciones de Bomberos Voluntarios de la República Argentina <https://www.bomberosra.org.ar/wp-content/uploads/2018/01/Reglamento-Escalafon-Jerarquico-SNBV.pdf>. [Accedido 22-05-2021]
5. Ley N° 26.987. Modificación de la Ley N° 25.054 de Bomberos Voluntarios. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/235000-239999/237624/norma.htm>. [Accedido 22-05-2021]
6. Ingenio, J.: Software Architect's Handbook. 2018.
7. Fowler, M.: Patterns of Enterprise Application Architecture. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.
8. Yener, M., Theedom, A.: Model View Controller Pattern, en Professional Java® EE Design Patterns, John Wiley & Sons, Ltd, 2014, pp. 183-193. <https://doi.org/10.1002/9781119209393.ch14>