



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Implementación de una plataforma interoperable de alertas tempranas basada en cap 1.2 y cell broadcast para garantizar la difusión oportuna de mensajes preventivos a población en riesgo del sector gubernamental

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

AUTOR

Jeferson Santos CAYO ORTEGA

ASESOR

Carlos Ernesto CHÁVEZ HERRERA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cayo, J. (2026). *Implementación de una plataforma interoperable de alertas tempranas basada en cap 1.2 y cell broadcast para garantizar la difusión oportuna de mensajes preventivos a población en riesgo del sector gubernamental*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jeferson Santos Cayo Ortega
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45608935
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-8176-8140
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Ernesto Chávez Herrera
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40788722
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4687-2667
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Ciro Rodríguez Rodríguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06020241
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luis Soto Soto
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	22409532
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento

Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima
	Distrito: Cercado de Lima Jr. Carlos Amezaga No. 375 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Latitud: -12.0564232 Longitud: -77.0843327
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2025
URL de disciplinas OCDE	2.02.04 -- Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Acta Virtual de Sustentación
del Trabajo de Suficiencia Profesional

Siendo las 14:02 horas del día 01 de abril del año 2026, se reunieron virtualmente los docentes designados como Miembros de Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional, presidido por el Dr. Rodríguez Rodríguez Ciro (Presidente), Dr. Soto Soto Luis (Miembro) y el Mg. Chávez Herrera Carlos Ernesto (Miembro Asesor), usando la plataforma Meet (<http://meet.google.com/wcc-jfha-tms>), para la sustentación virtual del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA INTEROPERABLE DE ALERTAS TEMPRANAS BASADA EN CAP 1.2 Y CELL BROADCAST PARA GARANTIZAR LA DIFUSIÓN OPORTUNA DE MENSAJES PREVENTIVOS A POBLACIÓN EN RIESGO DEL SECTOR GUBERNAMENTAL”**, por el Bachiller Cayo Ortega Jeferson Santos; para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas.

Acto seguido de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, el Presidente invitó al Bachiller a dar las respuestas a las preguntas establecidas por los miembros del Jurado.

El Bachiller en el curso de sus intervenciones demostró pleno dominio del tema, al responder con acierto y fluidez a las observaciones y preguntas formuladas por los señores miembros del Jurado.

Finalmente habiéndose efectuado la calificación correspondiente por los miembros del Jurado, el Bachiller obtuvo la nota de **18 (DIECIOCHO)**.

A continuación el Presidente de Jurados el Dr. Rodríguez Rodríguez Ciro, declara al Bachiller **Ingeniero de Sistemas**.

Siendo las 14:48 horas, se levantó la sesión.

Presidente

Dr. Rodriguez Rodriguez Ciro

Miembro

Dr. Soto Soto Luis

Miembro Asesor

Mg. Chávez Herrera Carlos Ernesto

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Carlos Ernesto Chavez Herrera en mi condición de asesor acreditado mediante Resolución Decanal N° 001268-2025-D-FISI/UNMSM y OFICIO N° 0010-PTTSP-FISI-2025 del Trabajo de Suficiencia Profesional, cuyo título es Implementación de una Plataforma Interoperable de Alertas Tempranas Basada en CAP 1.2 y Cell Broadcast para Garantizar la Difusión Oportuna de Mensajes Preventivos a Población en Riesgo del Sector Gubernamental, presentado por el bachiller Cayo Ortega Jeferson Santos para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 14% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS.**

Lima, 4 de junio de 2026

Firma del Asesor:



Nombres y Apellidos del asesor: Carlos Ernesto Chavez Herrera

DNI: 40788722

FICHA CATALOGRÁFICA

IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA INTEROPERABLE DE ALERTAS TEMPRANAS BASADA EN CAP 1.2 Y CELL BROADCAST PARA GARANTIZAR LA DIFUSIÓN OPORTUNA DE MENSAJES PREVENTIVOS A POBLACIÓN EN RIESGO DEL SECTOR GUBERNAMENTAL

AUTOR: CAYO ORTEGA, JEFERSON SANTOS.

ASESOR: CHÁVEZ HERRERA, CARLOS ERNESTO.

LIMA – PERÚ, 2025

TÍTULO PROFESIONAL: Título Profesional de Ingeniero de Sistemas.

ÁREA / PROGRAMA / LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ingenierías / Tecnología de Información y Comunicación / Ingeniería de Software

PREGRADO: Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática - Escuela profesional de Ingeniería de Sistemas

Formato 21 x 29.7 cm

Páginas: xi, 73

DEDICATORIA

A mis padres, Santos y Magda, cuyo amor y sacrificio me guiaron hasta este logro; a mi querida Abril, por su apoyo constante, su compañía y su amor en cada paso de este camino; y con el más profundo cariño, a Dante y Melissa, quienes llenan mi vida de inspiración y motivos para seguir adelante.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLATAFORMA INTEROPERABLE DE
ALERTAS TEMPRANAS BASADA EN CAP 1.2 Y CELL BROADCAST PARA
GARANTIZAR LA DIFUSIÓN OPORTUNA DE MENSAJES PREVENTIVOS A
POBLACIÓN EN RIESGO DEL SECTOR GUBERNAMENTAL**

Autor: Jeferson Santos Cayo Ortega
Asesor: Carlos Ernesto Chávez Herrera
Título: Trabajo de Suficiencia Profesional para obtener el Título Profesional de
Ingeniero de Sistemas
Fecha: Diciembre 2025

RESUMEN

Este trabajo responde a la insuficiente capacidad para la difusión masiva y oportuna de alertas de emergencia en el sector gubernamental, lo que amplifica aún más la vulnerabilidad de la población ante eventos críticos. En consecuencia, se desarrolló y desplegó un Sistema de Alerta Temprana según el estándar internacional Common Alerting Protocol versión 1.2 (CAP 1.2), para facilitar la interoperabilidad en el intercambio de notificaciones. La plataforma permite recibir datos de los Centros Colectores (centralizan eventos de sensores), además de generar alertas manualmente junto con la tecnología de Cell Broadcast para la distribución de mensajes. A diferencia de los enfoques tradicionales, Cell Broadcast permite una difusión intrusiva, geolocalizada y resistente a la congestión a través de redes móviles. El desarrollo se implementó utilizando Scrum, lo que permite una arquitectura modular, escalabilidad y validación continua de requisitos. En conclusión, el proyecto muestra que, en el sector gubernamental, combinar estándares abiertos con tecnologías de difusión celular puede mejorar sustancialmente los tiempos de respuesta y la gestión de crisis.

Palabras clave: Sistema de Alerta Temprana, CAP, Cell Broadcast, Gestión de Emergencias, Interoperabilidad.

MAJOR NATIONAL UNIVERSITY OF SAN MARCOS
FACULTY OF SYSTEMS AND INFORMATICS ENGINEERING
PROFESSIONAL SCHOOL OF SYSTEMS ENGINEERING

**IMPLEMENTATION OF AN INTEROPERABLE EARLY WARNING
PLATFORM BASED ON CAP 1.2 AND CELL BROADCAST TO ENSURE THE
TIMELY DISSEMINATION OF PREVENTIVE MESSAGES TO AT-RISK
POPULATIONS IN THE GOVERNMENT SECTOR**

Author: Jeferson Santos Cayo Ortega
Advisor: Carlos Ernesto Chávez Herrera
Title: Professional Sufficiency Work to opt for the Professional Title of Systems Engineer
Date: December 2025

ABSTRACT

This work addresses the insufficient capacity for the timely and large-scale dissemination of emergency alerts in the governmental sector, which further amplifies the vulnerability of the population to critical events. Consequently, an Early Warning System was developed and deployed in accordance with the international Common Alerting Protocol version 1.2 (CAP 1.2), in order to facilitate interoperability in the exchange of notifications. The platform enables the reception of data from Collector Centers (centralize sensor events), as well as the manual generation of alerts, integrated with Cell Broadcast technology for message dissemination. Unlike traditional approaches, Cell Broadcast allows intrusive, geolocated, and congestion-resilient dissemination through mobile networks. The development was carried out using the Scrum methodology, enabling a modular architecture, scalability, and continuous validation of requirements. In conclusion, the project demonstrates that, within the governmental sector, the combination of open standards with cellular broadcasting technologies can substantially improve response times and crisis management.

Keywords: Early Warning System, CAP, Cell Broadcast, Emergency Management, Interoperability.

TABLA DE CONTENIDO

FICHA CATALOGRÁFICA.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
CAPITULO I – TRAYECTORIA PROFESIONAL	1
CAPITULO II – CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA EXPERIENCIA ..	5
2.1. Empresa – Actividad que realiza.....	5
2.2. Visión	9
2.3. Misión	9
2.4. Organización de la empresa	9
2.4.1 Gestión del Talento y Comunicación Interna	9
2.4.2 Planificación Financiera y Administración	10
2.4.3 Tecnología, Desarrollo e Innovación	10
2.4.4 Operaciones y Servicios Técnicos	10
2.4.5 Ingeniería de Sistemas y Proyectos	10
2.4.6 Gestión de Proyectos Estratégicos y Servicios	11
2.4.7 Comercio y Asesoría Tecnológica	11
2.5. Área, cargo y funciones desempeñadas.....	11
2.6. Experiencia profesional realizada en la organización	12
CAPITULO III – ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	14
3.1. Situación problemática.....	14
3.1.1. Definición del problema	14

3.2. Solución.....	16
3.2.1. Objetivo general	16
3.2.2. Objetivos específicos.....	16
3.2.3. Alcance	17
3.2.4. Etapas y metodología.....	17
3.2.5. Fundamentos utilizados	19
3.2.5.1. Sistema de Alerta Temprana.....	19
3.2.5.2. Estándar CAP 1.2.....	21
3.2.5.3. Cell Broadcast.....	24
3.2.5.4. Scrum.....	26
3.2.5.5. Angular	28
3.2.5.6. Spring Boot.....	29
3.2.5.7. Mongo DB	31
3.2.5.8. Docker	32
3.2.5.9. Linux.....	34
3.2.6. Implementación de las áreas, procesos, sistemas y buenas prácticas	35
3.2.6.1. Áreas gubernamentales y no gubernamentales involucradas en la gestión y difusión de alertas	35
3.2.6.2. Proceso de gestión y difusión de alertas tempranas	36
3.2.6.3. Implementación de la Plataforma de Alerta Temprana e7link_SAT	38
3.2.6.3.1. Iniciación.....	39
3.2.6.3.2. Planificación	42
3.2.6.3.3. Implementación	46
3.2.6.3.3.1. Sprint 1	47
3.2.6.3.3.2. Sprint 2	48

3.2.6.3.3.3. Sprint 3	49
3.2.6.3.3.4. Sprint 4	50
3.2.6.3.3.5. Sprint 5	51
3.2.6.3.3.6. Sprint 6	51
3.2.6.3.3.7. Sprint 7	52
3.2.6.3.3.8. Sprint 8	53
3.2.6.3.3.9. Sprint 9	54
3.2.6.3.3.10. Sprint 10	55
3.2.6.3.3.11. Sprint 11	55
3.2.6.3.4. Revisión	56
3.2.6.3.5. Retrospectiva	57
3.2.6.3.6. Lanzamiento	57
3.3. Evaluación.....	58
3.3.1. Evaluación económica	58
3.3.1.1. Costos del proyecto	59
3.3.1.2. Beneficios económicos del proyecto	59
3.3.1.3. Flujo de caja del proyecto	60
3.3.2. Interpretación del VAN y TIR	60
CAPITULO IV – REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA.....	62
CAPITULO V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. Conclusiones alineadas con los objetivos planteados.....	63
5.2. Recomendaciones para futuros desarrollos o ampliaciones del sistema	64
5.2. Fuentes de Información.....	65
ANEXOS	67
ANEXO 1	67
ANEXO 2	67
ANEXO 3	68

ANEXO 4.....	68
ANEXO 5.....	69
ANEXO 6.....	69
ANEXO 7.....	70
ANEXO 8.....	70
ANEXO 9.....	71
ANEXO 10.....	71
ANEXO 11.....	72
ANEXO 12.....	72
ANEXO 13.....	73
ANEXO 14.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama extraído del estándar Common Alerting Protocol v1.2	23
FIGURA 2: Ejemplo de mensaje CAP	24
FIGURA 3: Ejemplo de mensaje de alerta recibido mediante tecnología Cell Broadcast	26
FIGURA 4: Diagrama de flujo para la generación automática de alertas	37
FIGURA 5: Diagrama de flujo para la generación manual de alertas	38
FIGURA 6: Arquitectura general y componentes de e7link_SAT	41

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Experiencias laborales	2
TABLA 2: Educación Académica	4
TABLA 3: Cursos realizados.....	4
TABLA 4: Aplicación de la metodología Scrum en el proyecto	18
TABLA 5: Primera versión de Product Backlog	40
TABLA 6: Funciones de cada componente implementado para el cliente	42
TABLA 7: Versión final del Product Backlog.....	43
TABLA 8: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 1.....	47
TABLA 9: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 2.....	49
TABLA 10: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 3.....	49
TABLA 11: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 4.....	50
TABLA 12: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 5.....	51
TABLA 13: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 6.....	52
TABLA 14: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 7.....	53
TABLA 15: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 8.....	53
TABLA 16: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 9.....	54
TABLA 17: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 10.....	55
TABLA 18: Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 11.....	56
TABLA 19: Tiempos de implementación de e7link_SAT	58
TABLA 21: Inversión inicial del proyecto	59
TABLA 22: Costos de operación anual	59
TABLA 23: Estimación anual de beneficios sociales.....	60
TABLA 24: Flujo de caja neto proyectado (2 años).....	60
TABLA 25: Indicadores de rentabilidad económica.....	61

CAPITULO I

TRAYECTORIA PROFESIONAL

El autor de este trabajo, labora como Desarrollador Full-Stack Senior con una sólida experiencia en diseño de arquitectura de software, desarrollo de ecosistemas backend y frontend, gestión de datos y administración avanzada de sistemas de bases de datos.

En el campo del desarrollo de aplicaciones backend, cuenta con dominio en la construcción de servicios escalables utilizando frameworks como Spring Boot, FastAPI y NestJS. En el campo del desarrollo de aplicaciones frontend, es muy competente en la creación de buenos componentes utilizando frameworks como Angular y librerías como React. Su experiencia laboral abarca diferentes disciplinas, incluyendo análisis y gestión de datos, y sus habilidades analíticas también incluyen experiencia con motores relacionales (Oracle, SQL Server, MySQL) y no relacionales (MongoDB) para la integridad, fiabilidad y alta disponibilidad de la información.

Su experiencia profesional también cubre patrones arquitectónicos de diversas índoles, incluyendo arquitecturas en capas, modulares, hexagonales y de microservicios. Implementando estas soluciones en el contexto de los estándares modernos de contenedorización, estas soluciones también han implicado la integración de modelos de procesamiento de lenguaje natural (NLP) al integrarlos en la empresa tanto en instalaciones locales como en la nube.

Actualmente es Ingeniero de Desarrollo en Hacom Technologies, una empresa del sector de telecomunicaciones que proporciona plataformas de software de telecomunicaciones a proveedores de servicios y entidades gubernamentales. Previamente, su trayectoria en los sectores de banca y gobierno le ha permitido consolidar un conocimiento avanzado en el ciclo de vida de desarrollo de software bajo entornos de alta exigencia. Las experiencias laborales más significativas, incluyendo cargos, periodos y responsabilidades principales, se detallan en la **Tabla 1**:

Tabla 1*Experiencias laborales*

Empresa/Periodo	Descripción de actividades realizadas
Hacom Technologies (AGO 2023 - Actualidad) Cargo: Ingeniero de desarrollo	- Diseñar y desarrollar aplicaciones backend con Java y Spring Boot, bajo diferentes arquitecturas, como capas, modular, microservicios, hexagonal y otras requeridas según necesidades del proyecto. - Administración de bases de datos relacionales como PostgreSQL y MySQL, y no relacionales como MongoDB. - Diseñar e implementar soluciones de intercambio de mensajes basados en tecnología USSD, geolocalización y sistemas de alertas para el sector de telecomunicaciones, integrando servicios en entornos locales. - Implementar procesos de despliegue continuo con GitLab CI/CD y contenedores en Linux. - Coordinar técnicamente con equipos ágiles bajo la metodología Scrum, asegurando calidad y cumplimiento de entregables. - Coordinar técnicamente con equipos ágiles para asegurar la calidad y el cumplimiento de entregables.

Interbank
(AGO 2021 – SEP 2023)
Cargo: Full Stack Developer

- Diseñar y desarrollar aplicaciones frontend con React y Angular, y backend con Spring Boot, NodeJS y Python (Django).
- Administrar bases de datos relacionales como MySQL.
- Desarrollar chatbots con NLP (Natural Language Processing) para WhatsApp, utilizando NodeJS.
- Implementar despliegues en Google Cloud Platform (App Engine, Compute Engine, IAM).
- Analizar comportamiento de usuarios mediante Hotjar y Google Analytics.

Dirección Nacional de
Inteligencia
(NOV 2019 – DIC 2021)
Cargo: Técnico desarrollador de
Sistemas I

- Diseñar y desarrollar aplicaciones backend con Java (Spring Boot) y Python (Django, Django Rest Framework).
 - Administrar bases de datos relacionales (SQL Server, PostgreSQL) y no relacionales (MongoDB).
 - Implementar scrapers para recolección de información, utilizando Python y técnicas de NLP.
 - Construir plataformas de monitoreo con Angular, desplegadas en entornos locales con Docker y Kubernetes.
 - Automatizar procesos de extracción y análisis de datos, generando reportes en CSV, XLSX y PDF
-

Con una formación en Ingeniería de Sistemas, el autor tiene una preparación integral para resolver los complejos técnicos de hoy en día. A continuación, en la Tabla 2, se describen los logros alcanzados en educación superior, que se resumen cronológicamente:

Tabla 2

Educación Académica

Periodo	Educación Académica
2015-2020	Grado Académico de Bachiller en Ingeniería de Sistemas
	Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas
	Facultad de Ingeniería de Sistemas de Informática
	Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Además de su formación académica, el autor ha recibido formación en el ámbito académico a través varios cursos de especialización técnica dirigidos a perfeccionar sus habilidades, con el fin de brindar trabajos de vanguardia, utilizando arquitecturas escalables y tecnologías emergentes. Dicha preparación ha sido fundamental para el desarrollo de la plataforma, permitiendo la implementación de estándares de alta disponibilidad y el procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos. Las certificaciones y cursos de especialización se muestran en la **Tabla 3**:

Tabla 3

Cursos realizados

Institución	Curso
Udemy	Master en IA Generativa
Tecylab	Senior en programación con Spring Boot en multicloud
CETI	Especialista en el desarrollo frontend con Angular y React
SDC Learning	Programa de especialización en Python for data science

CAPITULO II

CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA EXPERIENCIA

2.1. Empresa – Actividad que realiza

La organización en la que el autor desarrollo su experiencia profesional es Hacom Technologies, una empresa privada dedicada al desarrollo de soluciones tecnológicas para telecomunicaciones.

Hacom Technologies es una empresa de telecomunicaciones que proporciona plataformas de software de telecomunicaciones a proveedores de servicios de comunicaciones (CSP) y gobiernos. Las soluciones de software de Hacom permiten a los proveedores de servicios móviles ofrecer servicios comerciales a sus suscriptores y servicios policiales a entidades gubernamentales. Los productos de Hacom incluyen plataformas de mensajería (SMSC, CBC, USSD, RCS), plataformas de localización en tiempo real (LBS, AGPS) y plataformas para fuerzas del orden (portabilidad, e-911, PWS), entre otras. Nuestros servicios “carrier class” incluyen mantenimiento y soporte, servicios de atención, servicios profesionales y servicios de integración de sistemas.

En soluciones de telecomunicaciones, Hacom Technologies ofrece servicios diseñados para Operadores de Red Móvil (MNO) y se centran en el cumplimiento regulatorio, la seguridad y la monetización de Servicios de Valor Agregado (SVA):

- e7Link Location Based Services (LBS): Nuestra Plataforma de Localización LBS, está construida bajo los estándares que norman 3GPP y OMA para este tipo de tecnología. Permite habilitar diferentes métodos de localización según los diferentes casos de uso en el proceso de Transformación Digital de las Operadoras. La Plataforma cuenta con features exclusivos e innovadores que dotan a la red de una capa más de información inteligente para la toma de decisiones de negocio y analítica digital.
- e7Link AGPS Location Based Services: Nuestra Plataforma carrier class posee los servicios de ubicación AGPS más precisos de la industria. Con capacidades de despliegue en User Plane (SUPL) y Control Plane, el motor de posicionamiento utilizado permite servicios de localización precisa y sofisticada en cualquiera de las redes en operación ya sean 2G, 3G o 4G e incluso accesos Wi-fi (non 3GPP).
- LIS: Lawful Interception Suite: LIS, nuestra plataforma de Lawful Interception, es una solución probada para operadores de telefonía que permite automatizar las funciones administrativas y operativas de las tareas relacionadas con la

interceptación legal. El sistema está basado íntegramente en estándares regidos por la 3GPP, documentación técnica de la ETSI y protocolos ANSI, con el fin de garantizar la interoperabilidad de sus módulos con los nodos en la red móvil donde se precise interconectar la solución.

- e7Link USSD Suite: Nuestra Suite de Unstructured Supplementary Service Data (USSD/USSI) alberga capacidades de sesiones en línea para redes GSM, UMTS y LTE y está construida bajo los estándares que norma 3GPP. Esta tecnología de las redes móviles es usada para el intercambio de información online entre los terminales conectados a la red y aplicaciones que mediante códigos de servicios (i.e. *123#) están disponibles en las redes de la telefonía móvil. La Plataforma e7Link USSD de Hacom esta robustecida con features y APIs que les otorgan a las aplicaciones potentes funcionalidades “Inteligentes” y Geoespaciales que le permiten a las operadoras y proveedores de contenidos ofertar servicios de innovación para la generación de revenue y de valor agregado. La Suite de USSD forma parte de las tecnologías eMessaging ofrecidas por Hacom que combinando con los nodos SMSC (Short Message Service Center) y CBC (Cell Broadcast Center) permiten construir exclusivos e innovadores servicios que dotan a los clientes de aplicaciones inteligentes y datos con analítica disponible para la mejor toma de decisiones.
- e7Link SMSC Suite: La Suite e7Link SMSC de Hacom provee una plataforma completa y de competitivos costos operacionales permitiéndole a la Operadora maximizar los beneficios en la gestión del tráfico SMS en su red móvil. La plataforma esta íntegramente desarrollada en cumplimiento de los estándares 3GPP para Short Messaging Service e incluye un potente GATEWAY con funcionalidades de protección ANTI-SPAM, ANTI-SMISHING, ANTI-FRAUDE y Soporta interfaces para Intervención Judicial.
- e7Link Cell Broadcast Center (CBC): Cell Broadcast es un servicio de la red móvil basado en ubicación, que entrega mensajes de texto o binarios de forma masiva a todos los teléfonos dentro del rango de cobertura de una celda o un grupo de celdas, pudiendo incluso incluir a toda la red en su conjunto. Está definido por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) y está incorporado a los estándares 3GPP. Este tipo de transmisión celular no está limitado por la saturación de tráfico, estando preparado el sistema para funcionar durante un desastre (terremoto o tsunami, por ejemplo), cuando los picos de carga pueden

congestionar las redes móviles. Esto asegura la entrega de mensajes a cientos de millones de personas en momentos críticos. En este contexto, la plataforma e7Link incorpora las capacidades estándares de la industria para llevar a cabo una difusión vía Cell Broadcast y permite entregar contenido inmediato en los dispositivos móviles.

También tiene una cartera de soluciones SVA y de Bussiness Intelligence, estas soluciones transforman los datos crudos de la red móvil en información estratégica mediante el análisis en tiempo real y la automatización de decisiones:

- Real-Time Location Based Campaigns: Nuestra solución de Real-Time Location Based Campaigns le permitirá definir áreas objetivo y trabajar en base a ubicación instantánea para campañas de marketing en tiempo real. La solución está diseñada especialmente para que disminuya porcentajes de churn y retenga suscriptores prepago y postpago.
- Location based Mobile Marketing: Nuestra solución de Location based Mobile Marketing les permite a las operadoras monetizar cada llamada establecida por sus abonados, es decir, generar nuevas Fuentes de ingresos en su red móvil. Location based Mobile Marketing es principalmente una solución de publicidad usando un IVR como su canal de comunicación principal.
- Real-Time Big Data Location Streaming: Nuestra solución permite capturar datos de localización en tiempo real para que alimente sus plataformas de Big Data con información valiosa que le permitirá analizar market insights y generar nuevas fuentes de ingresos
- Secure City: Jail Call Controlling: Con nuestra solución de Jail Call Controlling podrá dotar a su red de inteligencia basada en la localización para controlar las llamadas provenientes de las cárceles y cumplir con las leyes vigentes y regulaciones del territorio donde opere. Además, la solución permite que siempre que una llamada provenga de la cárcel, se alerte al abonado al respecto mediante un anuncio en CAMEL dándole la opción de tomar la llamada o rechazarla. Al finalizar la llamada, sea cual sea el caso, un mensaje con los números de emergencia será enviado al abonado.
- Automated Call Location: Combine la poderosa fórmula de localización, voz y mensajería. Localice automáticamente las llamadas en su red y tome acciones de negocio que generen nuevos ingresos mientras mantiene un Capex y Opex óptimo.

Hacom también cuenta con soluciones empresariales, servicios enfocados en la eficiencia operativa de las organizaciones y el aprovechamiento de la movilidad para la toma de decisiones estratégicas:

- Plataforma Web para Gestión Operacional de Campo: El objetivo de toda empresa es optimizar el tiempo, es por ello que en Hacom hemos desarrollado la plataforma OfficeTrack - Localizador GPS y Gestión Móvil Empresarial, que le permite al personal de campo aprovechar el tiempo al máximo en todas sus operaciones, de forma amigable, sencilla y de fácil manejo.
- Plataforma M2M para Gestión de Flotas y Activos (Livetrack): Livetrack es una plataforma de Gestión Vehicular que proporciona visibilidad en tiempo real de los vehículos de su flota. Le permite saber dónde se encuentran en este momento y conocer el histórico de las ubicaciones de sus unidades. Genera reportes con todas las posiciones obtenidas de los vehículos y permite, utilizar la funcionalidad de corte de energía del motor del vehículo para inactivarlo en caso de robo o siniestro.
- Servicios B2C (Business to Consumer): Servicios móviles directos al consumidor final que facilitan la interacción entre las empresas y sus clientes. Engloba herramientas de comunicación, suscripciones y servicios de información personalizados entregados a través de la red del operador.
- Servicios de Geomarketing: El Geomarketing es el uso del conocimiento de ubicación para enmarcar los esfuerzos de marketing, el uso de la cartografía digital para organizar y mostrar datos para la revisión y toma de decisiones. Complementa de manera adecuada las estrategias de marketing. Somos la primera empresa en el mercado peruano en ofrecer estudios de mercado no tradicionales de Geomarketing en tiempo real mediante la localización vía móviles, segmentando por grupo de personas con características similares en cuanto a edad, género y nivel socio-económico.

Finalmente, para completar el portafolio de Hacom Technologies, cuenta con un Sistema de Ayuda a la Explotación – SAE, diseñada para la gestión inteligente de flotas de transporte público, integrando tecnologías de comunicación, localización y procesamiento de datos para optimizar la movilidad urbana:

- Matrix – SAE: Matrix es un nuevo sistema de optimización para empresas de transporte urbano, tiene por finalidad automatizar el buen desempeño de las flotas, generando así: Orden, eficiencia y rentabilidad en el trabajo de las unidades de transporte urbano. Matrix ha sido desarrollado con tecnología de punta y acorde

a nuestra realidad, dado que somos una empresa peruana, tenemos el conocimiento de la problemática nacional en el transporte público, de esta manera queremos contribuir con el crecimiento sostenible del sistema de transporte urbano. Nuestro principal objetivo es la calidad, por ello en HACOM brindamos el soporte técnico e informático a cada uno de nuestros servicios y Matrix no es la excepción, para eso contamos con un equipo de ingenieros y profesionales dedicados a la mejora continua, de esta manera respaldar nuestros productos. Así mismo capacitamos a cada uno de nuestros clientes y usuarios de acuerdo a su necesidad, minimizando posibles errores o inconvenientes.

La experiencia de la empresa se basa en varios despliegues realizados en diferentes países de América Latina, lo que le permitió consolidar un grupo de profesionales con experiencia técnica, comercial y regulatoria en telecomunicaciones.

2.2. Visión

Ser un referente nacional en soluciones tecnológicas aplicadas a diversos sectores del mercado.

2.3. Misión

Creamos soluciones tecnológicas de categoría para generar innovación y productividad en el mercado con el respaldo de un equipo comprometido.

2.4. Organización de la empresa

Hacom Technologies es una organización ágil y de alto rendimiento que cuenta con una variedad de departamentos que ayudan a impulsar una alta productividad y prestación de servicios a sus usuarios. La infraestructura es tal que todos los elementos de la estructura deben estar integrados y tener sus respectivas funciones, para de esta forma responder rápidamente a las necesidades de los sectores privado y público que dependen de servicios personalizados de telecomunicaciones y TI.

2.4.1 Gestión del Talento y Comunicación Interna

El departamento de Gestión del Talento y Comunicación Interna se centra en la identificación, reclutamiento y retención de talento con habilidades esenciales para el desarrollo de proyectos. También tiene la tarea de gestionar los procedimientos

administrativos del personal y proporcionar un entorno de trabajo fructífero que mantenga la identidad y los principios institucionales.

2.4.2 Planificación Financiera y Administración

Económicamente, en el ámbito de la Planificación Financiera y Administración, todos los esfuerzos están dirigidos hacia el logro de información contable y gerencial oportuna y relevante que apoye la toma de decisiones. Garantiza que se protejan los recursos financieros de la empresa, se gestionen los presupuestos con precisión y se cumplan las regulaciones de las autoridades internas y externas para asegurar la sostenibilidad de la empresa.

2.4.3 Tecnología, Desarrollo e Innovación

El área de Tecnología, Desarrollo e Innovación es un eje central en la estructura porque impulsa el desarrollo de plataformas tecnológicas, ya sean locales o en la nube. El rango de sus tareas puede ser muy amplio, desde la gestión de sistemas y servidores hasta el manejo de fallos técnicos y el desarrollo de productos. Se solicita el uso de nuevas herramientas y métodos que aporten ventajas competitivas y mantengan a la organización en conformidad con los estándares internacionales.

2.4.4 Operaciones y Servicios Técnicos

El área de Operaciones y Servicios Técnicos tiene como propósito la continuidad de los servicios a nuestros clientes. Supervisa la correcta implementación de acuerdos, reacciona rápidamente a los incidentes y ofrece asistencia personalizada según el proyecto. Esta es una forma efectiva de validar los compromisos de nivel de servicio acordados y generar confianza con los clientes hacia su organización.

2.4.5 Ingeniería de Sistemas y Proyectos

El área de Ingeniería de Sistemas y Proyectos, por su parte, ofrece apoyo especializado de plataformas tecnológicas que ofrece Hacom Technologies. Como parte de sus funciones se encuentra el dar soporte a las diferentes solicitudes, atención de las cuentas estratégicas y/o participar en actividades de soporte, tanto anteriores como posteriores a la venta.

2.4.6 Gestión de Proyectos Estratégicos y Servicios

El área de Gestión de Proyectos Estratégicos y Servicios debe coordinar y planificar los recursos asignados a cada iniciativa de manera eficiente, de modo que se cumplan tanto sus objetivos como los plazos establecidos. También es la forma de reducir costos, maximizar el uso de recursos y aumentar las ganancias operativas para las empresas.

2.4.7 Comercio y Asesoría Tecnológica

Finalmente, el área de Comercio y Asesoría Tecnológica facilita el contacto con los clientes y lidera la comercialización de productos y servicios. Fortalece las relaciones comerciales que existen en la red de marcas del clúster del mercado. Proporciona orientación técnico-comercial para la evaluación de nuevas oportunidades y proposiciones de valor.

Mediante esta estructura organizativa, la empresa logra combinar las operaciones administrativas o de gestión técnica que se realizan con las funciones comerciales; esto le permite ser percibida como una organización capaz de ofrecer soluciones tecnológicas consistentes, versátiles y adaptables con respecto a los requisitos del entorno actual.

2.5. Área, cargo y funciones desempeñadas

El autor es desarrollador de software consumado que ha madurado su carrera en el área de Tecnología, Desarrollo e Innovación. Tiene experiencia en el diseño, construcción y mejora de software de telecomunicaciones fundamental; principalmente con diseño backend con Spring Boot y diseño frontend con Angular, así como tecnología recién integrada para servicios remotos. Las principales responsabilidades fueron:

- Desarrollo y mantenimiento de aplicaciones backend en Java utilizando Spring Boot, añadiendo nuevos módulos o actualizando los existentes en diferentes proyectos, y manteniendo su estabilidad, escalabilidad, así como la mantenibilidad.
- Diseño y desarrollo de aplicaciones frontend utilizando Angular.
- Integración de herramientas de ubicación como Google Maps API y mapas interactivos.
- Gestión de diferentes bases de datos relacionales y no relacionales como PostgreSQL, MySQL y MongoDB para ofrecer un rendimiento efectivo y confiable.

- Despliegue de aplicaciones en entornos locales.
- Participación en la planificación, monitoreo y supervisión de acciones utilizando metodologías ágiles, como Scrum, para cumplir con los objetivos y plazos y lograrlo en los períodos de tiempo programados.
- Liderar la modernización del portafolio de productos introduciendo e integrando nueva tecnología, así como las mejores prácticas de ingeniería de software que fomentan la innovación.
- Dirección directa del grupo de desarrollo trabajando en proyectos tecnológicos (dirección técnica, delegar, solucionar problemas y asegurar que el producto entregado tenga un entregable satisfactorio, liderar la implementación tecnológica y el proceso de prueba, fomentando alta calidad y compromiso).

Con estos roles, el autor también tuvo la oportunidad de contribuir a la actualización del proceso de transformación tecnológica, y, por lo tanto, entender el aspecto operativo de la toma de decisiones técnicas de sistemas esenciales para la misión en Hacom Technologies.

2.6. Experiencia profesional realizada en la organización

Durante su labor en el área de Tecnología, Desarrollo e Innovación, el autor tuvo la oportunidad de trabajar en proyectos estratégicos, desempeñando un papel activo en mejorar el nivel de la tecnología de la organización y en utilizar las habilidades adquiridas en su educación.

Uno de sus primeros trabajos fue desarrollar una plataforma USSD (Unstructured Supplementary Service Data) que sirve para la interacción, ya sea en línea o fuera de línea, para los usuarios del teléfono celular. Para este ejercicio, el autor trabajó en la arquitectura de los flujos de comunicación entre los usuarios y la red móvil. También trabajó en los módulos de backend y frontend para construir la estos flujos desde una aplicación basada en la web. También ha trabajado en la integración con los sistemas de los operadores móviles, la gestión de sesiones y la optimización del rendimiento de la plataforma. Este es un trabajo que le dio exposición a estos productos esenciales de telecomunicaciones y los hizo muy disponibles y confiables en operaciones de alta carga.

Anteriormente, su otra contribución fue desarrollar un Sistema de Alerta Temprana denominada e7link_SAT, que alertaba al público en general en caso de emergencia a través de tecnología Cell Broadcast, de las operadoras de telefonía móvil. En este proyecto, el autor no solo contribuyó a entregar el servicio para recibir, generar,

procesar y difundir la alerta en el entorno, sino que también trabajó conjuntamente en la construcción de un módulo web donde se podía visualizar los diferentes eventos en un mapa interactivo. La plataforma también permitía la generación de alertas que no era asociadas a eventos naturales, sino que eran considerados antropogénicas, sociales, químicas, etc., ampliando así el alcance de eventos con los que alertas a la ciudadanía. El sistema fue diseñado con la interoperabilidad de referencia internacional CAP 1.2.

Mientras tanto, el autor trabajó en nuevas iniciativas tecnológicas que se introdujeron como nuevas herramientas en las diferentes plataformas, todo bajo la metodología ágil SCRUM en la gestión de proyectos o la mejora continua de los trabajos de desarrollo. Tales experiencias contribuyeron al desarrollo y mejora de habilidades técnicas para abordar sistemas arquitectónicos, integración y gestión de proyectos, que son de relevancia directa para su desarrollo profesional y para lograr su competencia laboral actual.

CAPITULO III

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1 Situación problemática

3.1.1 Definición del problema

América y el área del Caribe están altamente expuestas a varios peligros naturales, incluidos terremotos, tsunamis, huracanes, inundaciones, incendios forestales, erupciones volcánicas, entre otras más. Esta situación de riesgo se ve agravada por factores estructurales que incluyen la urbanización rápida y sin control, la planificación territorial deficiente, la limitada institucionalidad en materia de reducción de riesgos y la insuficiente cobertura de tecnologías de monitoreo y comunicación.

Si bien es cierto los Sistemas de Alerta Temprana son reconocidos como herramientas para mitigar riesgos, preparar a las comunidades y salvar vidas, estos presentan serias deficiencias en la mayor parte del continente, las cuales se manifiestan en tres niveles:

- Detección: insuficiente y deficiente cobertura de sensores, así como limitaciones para la integración de datos proveniente de diversas fuentes gubernamentales.
- Procesamiento: no se cuenta con plataformas unificadas que analicen y procesen los datos para convertirla en información estandarizada para su difusión bajo estándares internacionales
- Difusión: se tienen canales de gran alcance como radio, televisión o redes sociales, pero estos no se encuentran integrados por lo que suelen presentar retrasos o no logran alcanzar a toda la población.

Basado en las deficiencias mencionadas, se mencionarán algunos eventos que se han dado en la región de América y el Caribe, eventos que han causado una gran cantidad de muertes, infraestructura arruinada, daños sociales y económicos que han provocado un desastre humanitario:

- Incendios Forestales en Valparaíso, Chile (2024): Aunque Chile cuenta con el Sistema de Alerta de Emergencia basado en Cell Broadcast, este evento evidenció deficiencias en la integración y procesamiento oportuno de la información entre las brigadas forestales y los centros de despacho. Estas limitaciones generaron retrasos en la emisión de alertas hacia la población, reduciendo los tiempos de respuesta y demostrando la necesidad de plataformas interoperables que

estandaricen, procesen y difundan la información de emergencia de manera inmediata.

- Terremoto en Les Cayes, Haití (2021): Este terremoto de magnitud 7.2 demostró la escasa cobertura e inclusión de redes de monitoreo sísmico en todo el Caribe que obstaculizaron el desarrollo y procesamiento oportuno de alertas tempranas. La comunicación a la población, especialmente en aquellas áreas de comunidades rurales, no se realizó predominantemente a través de modos centralizados de difusión, sino a través de radio local y medios informales, lo que llevó a importantes brechas de acceso para que grandes áreas recibieran información preventiva a tiempo. Esto necesitaría estar respaldado por una plataforma interoperable para la estandarización y difusión masiva intrusiva de alertas a través de infraestructuras de telecomunicaciones.
- Avalancha en Mocoa, Colombia (2017): El deslizamiento de tierra e inundación en la ciudad de Mocoa expusieron serias barreras a la interoperabilidad y rápida difusión de alertas tempranas. A pesar de que los informes meteorológicos y el monitoreo hidrológico indicaban condiciones de riesgo extremo, esta información no fue procesada ni difundida al público mediante mecanismos de alerta masiva o intrusiva de manera oportuna. La única forma fue a través de un enfoque fragmentado de comunicación entre los diversos componentes gubernamentales y a través de rutas tradicionales con cobertura muy limitada, lo que limitó la capacidad de la población para recibir mensajes preventivos antes del evento. Este caso muestra la falta de una plataforma unificada para orquestar, estandarizar y difundir alertas rápidamente a las personas susceptibles.

Además, las situaciones de emergencia no se limitan a desastres naturales, también existen amenazas antropogénicas, como disturbios sociales, incidentes químicos, accidentes industriales o situaciones de seguridad en ciertos lugares. Estos eventos, caracterizados por tener una alta densidad en áreas urbanas con un gran número de personas, requieren un sistema de comunicación instantáneo que active los planes de prevención y respuesta adecuados.

Por consiguiente, el principal problema es que, a pesar de la alta exposición y vulnerabilidad a la que se enfrentan América y el Caribe, los Sistemas de Alerta Temprana aún no tienen una forma armonizada e integradora multicanal para garantizar la difusión oportuna de mensajes preventivos dirigidos a cada individuo, es decir, no existe un

eslabón de orquestación técnica que funcione como nexo entre los sistemas de monitoreo y las redes de telecomunicaciones. Esto resulta en:

- Alertas que no alcanzan a toda la población expuesta por falta de una vía de difusión intrusiva y resistente a la saturación de redes.
- Latencia excesiva en la entrega del mensaje, reduciendo los tiempos de evacuación.
- Incompatibilidad de formatos entre el ente de gobierno que administra los sensores y las infraestructuras de las operadoras móviles.

Por lo tanto, se requiere una solución integral que permita la gestión híbrida de alertas: por un lado, la capacidad de recibir e integrar datos automáticos de redes de sensores existentes; y por otro, la facultad de generar alertas razonadas mediante una interfaz web centralizada, con el fin de alertar sobre eventos que no son naturales, sino por el contrario son considerados antropogénicos, sociales u otros. Esta plataforma debe procesar ambos flujos bajo el estándar CAP 1.2, asegurando que tanto los eventos naturales detectados automáticamente como los eventos antropogénicos reportados manualmente, sean difundidos con la misma prioridad y eficacia a través de la infraestructura de Cell Broadcast.

3.2 Solución

3.2.1 Objetivo general

Implementar una plataforma interoperable de alertas tempranas basada en CAP 1.2 y Cell Broadcast para garantizar la difusión oportuna de mensajes preventivos a población en riesgo del Sector Gubernamental.

3.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar y desarrollar una plataforma interoperable, con capacidades de integración geoespacial, que permita la generación, gestión y visualización de alertas tempranas georreferenciadas en tiempo real, articulándose con sistemas externos de monitoreo y notificación.
- Implementar dentro de la plataforma un motor de procesamiento de alertas basado en el estándar CAP 1.2, capaz de recibir e integrar flujos de datos provenientes de diversas fuentes gubernamentales, normalizando la información para asegurar su consistencia, integridad e interoperabilidad.

- Implementar dentro de la plataforma un módulo de integración para la difusión masiva de alertas, que permita la interconexión de la plataforma con los Cell Broadcast Center (CBC) de las operadoras de telecomunicaciones, facilitando la entrega intrusiva y simultánea de mensajes preventivos a los dispositivos móviles de la población en riesgo.
- Implementar dentro de la plataforma un modelo de datos escalable, orientado a garantizar alta disponibilidad, baja latencia y confiabilidad en el almacenamiento, procesamiento y difusión de alertas críticas.

2.2.3 Alcance

El sistema se desarrolló en el área de Tecnología, Desarrollo e Innovación de Hacom Technologies, una empresa del sector telecomunicaciones, en la ciudad de Lima, durante el periodo 2023 – 2025. El sistema abarcó:

- Ingesta de datos: Recepción de tramas de información desde redes de sensores y/o centros colectores y formularios de registro manual.
- Orquestación y Normalización: Procesamiento de la información bajo la sintaxis y reglas del estándar CAP 1.2.
- Capa de Difusión: Integración lógica con las pasarelas de las operadoras móviles para el envío de alertas vía Cell Broadcast.
- Interfaz de Monitoreo: Visualización georreferenciada del estado y alcance de las alertas mediante una aplicación web profesional.

Quedaron fuera del alcance:

- La provisión e instalación física de sensores de monitoreo ambiental o sísmico.
- La configuración física y mantenimiento de la infraestructura de red de los operadores móviles.

Este alcance garantizó que el proyecto se concentrara en la construcción del software, sus mecanismos de integración y la interoperabilidad con sistemas de terceros.

3.2.4 Etapas y metodología

Al igual que la gran mayoría de proyectos de software en la compañía, se utilizó Scrum como marco de trabajo para su desarrollo, aprovechando así sus grandes ventajas como la adaptabilidad, entregas iterativas y desarrollo colaborativo.

Antes del primer Sprint, se llevó a cabo la fase de iniciación en la cual se identificaron los objetivos del proyecto, se conformó el equipo de desarrollo del proyecto

y con ayuda del Product Owner se pudo establecer una primera versión del Product Backlog.

Posteriormente se desarrollaron los Sprints teniendo fases de planificación, implementación, revisión y retrospectiva en cada una de las iteraciones, para finalmente concluir con una fase de despliegue a producción.

En la Tabla 4 se presenta a manera de resumen las fases que llevo a cabo el proyecto, así como sus actividades y entregables en cada una de ellas.

Tabla 4

Aplicación de la metodología Scrum en el proyecto

Fases	Actividades	Entregable
Iniciación	Revisión técnica.	
	Crear visión del proyecto.	Objetivos del proyecto.
	Identificar Stakeholders.	Equipo Scrum.
	Formar el equipo Scrum.	Versión inicial del Product Backlog
	Crear versión inicial del Product Backlog.	Backlog
Planificación	Crear Historias de Usuario (HU).	Objetivo del Sprint.
	Análisis de HU.	Sprint Backlog.
	Priorización de HU.	HU refinadas con criterios de aceptación
	Estimación de HU.	
Implementación	Desarrollo de las HU.	Código fuente actualizado en los repositorios Git.
	Pruebas de certificación de HU.	Bugs reportados.
	Reuniones diarias de 15 minutos.	Actualización del Sprint Backlog.
	Remover impedimentos.	
Revisión	Demostración del Sprint	Actualización del Product Backlog con el feedback de los stakeholders.
Retrospectiva	Reunión de retrospectiva	Acciones de mejora
Lanzamiento	Pase a producción	Aprobación de pase a producción.

Repositorios Git con código fuente en versión estable.

Paquetes para pase a ambiente de producción.

Despliegue.

3.2.5 Fundamentos Utilizados

3.2.5.1 Sistema de Alerta Temprana

Los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) son la agrupación organizada de capacidades sociales, institucionales y técnicas que pretenden prever la ocurrencia de eventos peligrosos, verificar su posible impacto y difundir la alerta de manera adecuada, oportuna y eficiente, para disminuir la probabilidad de que existan muertes humanas, afectaciones a la infraestructura y efectos sobre la sociedad (World Meteorological Organization [WMO], 2018). En la gestión del riesgo de desastres, los SAT constituyen uno de los elementos clave que se consideran para la dimensión de la prevención, la preparación y la respuesta ante amenazas naturales o antropogénicas.

De acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), un SAT efectivo no está limitado a la emisión de mensajes de advertencia, sino que éste también debe integrar de manera coherente otros procesos de detección, análisis, comunicación y respuesta, de forma que se asegure que la información llegue a las personas expuestas al riesgo con la suficiente anticipación para tomar decisiones informadas (United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR] & World Meteorological Organization [WMO], 2023). En este sentido, que un SAT logre alcanzar eficacia depende tanto de la solidez tecnológica del sistema como de la coordinación institucional entre los diferentes actores involucrados.

Desde una perspectiva estructural, los SAT se componen de cuatro pilares fundamentales (WMO, 2018).

- El primero es el conocimiento del riesgo, que implica la identificación de amenazas, vulnerabilidades y exposición de la población. Este componente permite comprender el contexto en el cual se desarrolla el sistema y definir los escenarios de riesgo prioritarios.
- El segundo pilar es la actividad de detección y monitoreo, la que se ocupa del uso de sensores, estaciones de medición y sistemas de observación con la capacidad

de recoger toda la información en tiempo real sobre las variables físicas, ambientales o sociales asociadas a un evento peligroso.

- El tercer pilar es el procesamiento y análisis de la información, que ocurre en el momento en el que los datos recogidos son evaluados, interpretados y transformados en información comprensible, estandarizada. Esta es una etapa que es crítica, ya que un fallo en el análisis, o en la integración de datos de diferentes fuentes podría generar demoras importantes o alertas incorrectas, disminuyendo la efectividad del sistema.
- Finalmente, el cuarto pilar es la actividad de difusión y comunicación de alertas, informando en la necesidad de que lleguen mensajes de advertencia de forma clara, rápida y fiable a la población en riesgo y a las organizaciones que tienen que ver con el tratamiento (WMO, 2018).

En el contexto de América y el Caribe, la implementación de SAT enfrenta desafíos estructurales importantes. La alta exposición a amenazas naturales como terremotos, huracanes, inundaciones, incendios forestales y erupciones volcánicas se ve agravada por factores como el crecimiento urbano no planificado, la limitada cobertura de sensores, la fragmentación institucional y la falta de interoperabilidad entre los sistemas de monitoreo y los canales de comunicación. Según la UNDRR, estas debilidades han contribuido a que numerosos eventos recientes deriven en pérdidas humanas evitables, pese a la existencia de tecnologías capaces de mejorar la alerta y la preparación de la población (UNDRR & WMO, 2023).

Un aspecto crítico identificado en la mayoría de los SAT tradicionales es la desarticulación entre las fases de procesamiento y difusión. En muchos países, los organismos encargados del monitoreo generan información técnica que no puede ser difundida de forma inmediata debido a incompatibilidades de formato, ausencia de estándares comunes o dependencia de canales de comunicación no intrusivos, como redes sociales o medios tradicionales. Esta situación genera latencias elevadas en la entrega del mensaje, reduciendo los tiempos de reacción de la población y comprometiendo la efectividad del sistema (UNDRR & WMO, 2023).

Como respuesta a estas limitaciones, los organismos internacionales han promovido la adopción, como mejores prácticas, de una serie de enfoques interoperables y multicanal, que permiten combinar datos provenientes de diferentes fuentes y disseminar alertas mediante infraestructuras de telecomunicaciones robustas y resistentes a la congestión de la red. En este sentido, la combinación de los estándares internacionales de

mensajería, como el Common Alerting Protocol (CAP), con tecnologías de difusión masiva, como Cell Broadcast, emergen como una solución clave para poder mejorar los SAT y conseguir que los mensajes de alerta lleguen a la población expuesta, independientemente de su localización o del estado de las redes de datos convencionales (WMO, 2025).

En el sector gubernamental, los SAT cumplen un rol estratégico como herramientas de protección civil y gestión de emergencias. Su correcta implementación permite a las diferentes autoridades el coordinar acciones de prevención, evacuación y respuesta, así como mejorar la confianza de la población en las instituciones responsables de la seguridad pública (UNDRR & WMO, 2023). En este contexto, el desarrollo de plataformas interoperables que funcionen como nexo entre los sistemas de monitoreo y las redes de telecomunicaciones resulta fundamental para superar las limitaciones actuales y garantizar una comunicación preventiva oportuna y efectiva.

3.2.5.2 Estándar CAP 1.2

El Common Alerting Protocol (CAP) es un mecanismo internacional para el intercambio de mensajes de alerta o advertencia pública que hace posible la interoperabilidad a través de diferentes sistemas de alerta temprana en diferentes vías de difusión de alertas. El desarrollo del estándar CAP fue diseñado y elaborado por OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards), siendo desde la fecha de su concepción, así como el paso de los años, adoptado por muchos organismos gubernamentales y de gestión de emergencias de todo el mundo como un estándar común para que los mensajes de alerta sean generados, procesados y difundidos por organismos responsables de la gestión de emergencias ante un evento crítico.

El objetivo fundamental consiste en armonizar el formato de los mensajes de alerta, de modo que una alerta pueda generarse exactamente una vez y pueda posteriormente ser distribuida simultáneamente a través de la diversidad de canales de emisión, por ejemplo, a través de sistemas de radiodifusión, plataformas web, aplicaciones móviles, sirenas, plataformas de redes sociales y tecnologías de difusión celular como Cell Broadcast, reduciendo la complejidad operativa de los Sistemas de Alerta Temprana y disminuyendo los potenciales errores derivados de la duplicación de un mismo mensaje en diferentes formatos. (OASIS Open, 2010).

Desde la perspectiva de la ingeniería informática, CAP se basa en XML (Extensible Markup Language), un formato que permite estructurar la información de

forma jerárquica, lo que facilita su integración con sistemas informáticos ya establecidos. Un mensaje CAP está compuesto de elementos claramente definidos que contienen la información, como son el tipo de amenaza, la severidad, la urgencia, el área geográfica, la validez temporal y las instrucciones recomendadas para la población. Esta estructura de forma estandarizada permite que los sistemas que reciben el mensaje lo interpreten adecuadamente (es decir, adquieran la posibilidad de trabajar con el contenido del mensaje en función de sus capacidades de difusión y visualización).

Una de las características más destacadas del standard CAP 1.2 es su atención hacia la interoperabilidad: en la administración pública, los sistemas de monitoreo deben ser desarrollados por entidades gubernamentales distintas y por los distintos proveedores que trabajan con tecnologías y formatos propios. CAP es un lenguaje que permite integrar estos sistemas sin necesidad de sustituirlos y funciona como una capa de abstracción que armoniza la información de alerta con la cual es ya compatible muchas de las infraestructuras de comunicación que existen (FEMA, s.f.).

De igual modo, CAP permite una georreferenciación exacta de las alertas, mediante el uso de polígonos, círculos o geotags normalizados. Esta posibilidad es indispensable para las tecnologías de aviso selectivas como Cell Broadcast, pues permite la delimitación exacta de las zonas que deben recibir la alerta, de forma que el riesgo de dar más aviso a poblaciones no expuestas al riesgo queda reducido. Mediante esta función, CAP permite mejorar la funcionalidad de la comunicación preventiva y evitar situaciones de sobreinformación de las personas en situaciones de emergencia.

El estándar CAP 1.2 además contempla la gestión de alertas multilingües, la actualización o la cancelación de mensajes ya emitidos y la asignación de identificadores únicos para asegurar el seguimiento del ciclo de vida de cada alerta emitida. Todas estas características son especialmente relevantes en escenarios de evolución rápida de los eventos, en los cuales la información debe ser actualizada de manera constante y comunicada de forma coherente a través de todos los canales (OASIS, 2010).

A nivel de las organizaciones internacionales, organizaciones como la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (FEMA), la Organización Meteorológica Mundial (WMO) o la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR) efectúan campañas a favor del uso de CAP como estándar para la puesta en marcha de sistemas de alerta temprana multi amenaza, siendo la iniciativa denominada “Early warnings for all” un ejemplo que impulsaría la adopción de CAP como uno de los componentes que contribuyan a cerrar el espacio entre la

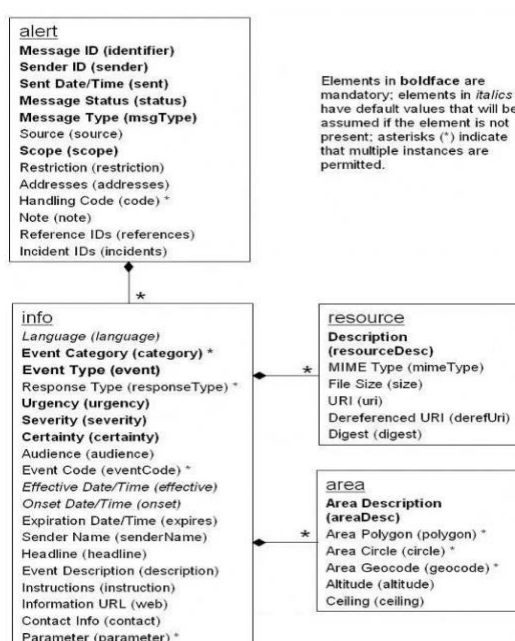
detección de una amenaza y los mecanismos de difusión hacia la población (WMO, 2023).

Por su parte, la incorporación del estándar CAP 1.2 en el sector público facilitaría la mejora de la coordinación entre las distintas administraciones, la reducción de la dependencia hacia formatos propietarios, permitiendo asegurar que las alertas pueden ser procesadas y difundidas de manera consistente, aun en intervenciones de múltiples actores, como los centros de vigilancia, las plataformas intermediarias y las operadoras de telecomunicaciones. En este escenario emerge el estándar CAP como el elemento que permitiría la vinculación técnica entre los sistemas de gestión de emergencias y la infraestructura de difusión.

En el contexto del presente trabajo de suficiencia profesional, el estándar CAP 1.2 es el pilar que da sustento al diseño de una plataforma interoperable de alertas tempranas, ya que permite que las alertas generadas automáticamente a partir de sistemas de monitoreo y las que sean producidas manualmente por los operadores gubernamentales sean procesadas con un formato común y difundidas con la misma prioridad y eficacia. De hecho, el estándar CAP 1.2 se convierte en el elemento articulador que garantiza la coherencia, la oportunidad y la interoperabilidad de los mensajes de alerta en usuarios expuestos.

Figura 1

Diagrama extraído del estándar Common Alerting Protocol v1.2.



Nota. Extraído de Common Alerting Protocol Version 1.2 (OASIS Open, 2010).

Figura 2

Ejemplo de mensaje CAP

```
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
<alert xmlns = "urn:oasis:names:tc:emergency:cap:1.2">
  <identifier>KSTO1055887203</identifier>
  <sender>KSTO@NWS.NOAA.GOV</sender>
  <sent>2003-06-17T14:57:00</sent>
  <status>Actual</status>
  <msgType>Alert</msgType>
  <scope>Public</scope>
  <info>
    <category>Met</category>
    <event>SEVERE THUNDERSTORM</event>
    <responseType>Shelter</responseType>
    <urgency>Immediate</urgency>
    <severity>Severe</severity>
    <certainty>Observed</certainty>
    <eventCode>
      <valueName>SAME</valueName>
      <value>SVR</value>
    </eventCode>
    <expires>2003-06-17T16:00:00-07:00</expires>
    <senderName>NATIONAL WEATHER SERVICE SACRAMENTO CA</senderName>
    <headline>SEVERE THUNDERSTORM WARNING</headline>
    <description> AT 254 PM PDT...NATIONAL WEATHER SERVICE DOPPLER RADAR INDICATED A SEVERE THUNDERSTORM OVER SOUTH CENTRAL ALPINE COUNTY...OR ABOUT 18 MILES SOUTHEAST OF KIRKWOOD...MOVING SOUTHWEST AT 5 MPH. HAIL...INTENSE RAIN AND STRONG DAMAGING WINDS ARE LIKELY WITH THIS STORM.</description>
    <instruction>TAKE COVER IN A SUBSTANTIAL SHELTER UNTIL THE STORM PASSES.</instruction>
    <contact>BARUFFALDI/JUSKIE</contact>
    <area>
      <areaDesc>EXTREME NORTH CENTRAL TUOLUMNE COUNTY IN CALIFORNIA, EXTREME NORTHEASTERN CALAVERAS COUNTY IN CALIFORNIA, SOUTHWESTERN ALPINE COUNTY IN CALIFORNIA</areaDesc>
      <polygon>38.47,-120.14 38.34,-119.95 38.52,-119.74 38.62,-119.89 38.47,-120.14</polygon>
      <geocode>
        <valueName>SAME</valueName>
        <value>006109</value>
      </geocode>
      <geocode>
        <valueName>SAME</valueName>
        <value>006009</value>
      </geocode>
      <geocode>
        <valueName>SAME</valueName>
        <value>006003</value>
      </geocode>
    </area>
  </info>
</alert>
```

Nota. Extraído de Common Alerting Protocol Version 1.2 (OASIS Open, 2010).

3.2.5.3 Cell Broadcast

El Cell Broadcast (CB) es una tecnología de difusión de mensajes, previamente definida en los estándares de redes móviles, que permite transmitir en un área geográfica concreta mensajes a todos los terminales móviles que se encuentren en dicha área determinada, todo ello sin la necesidad de tener que suscribirse ni tener que insertar información de carácter personal por parte de los usuarios. Este mecanismo, que en la especificación técnica se encuentra dentro de la 3GPP TS 23.041, se encuentra caracterizado por ser uno-a-muchos, lo cual permite el envío de mensajes a gran escala y con muy baja latencia en situaciones de congestión de red, características fundamentales en situaciones de emergencia y alerta temprana.

Distinto respecto a los tradicionales servicios de mensajería entre dos puntos como por ejemplo el SMS, el Cell Broadcast envía un único mensaje a una o varias celdas de la red móvil, los cuales son recibidos instantáneamente por todos los teléfonos móviles que se encuentren dentro de dicha zona. La distribución del mensaje se hace desde la infraestructura del operador móvil que, haciendo uso de las estaciones base en las que existan celdas, se dedica a volver a enviar el mensaje de manera muy rápida a todos los

equipos que se encuentren bajo un determinado nivel de cobertura, sin necesidad de hacer una sesión individual con cada uno de los equipos. Esta forma de transmisión permite reducir enormemente la carga de la red, manteniendo la entrega del mensaje enviado aún en situaciones donde hay saturación de la red debido al tráfico de voz o de datos común en situaciones de desastre o en situaciones críticas.

Esta característica hace que el Cell Broadcast sea especialmente idóneo para su utilización en los Sistemas de Alerta Temprana (SAT), siendo la rapidez y el rango de la difusión en tales sistemas factores determinantes para salvar vidas o minimizar daños. Esta capacidad de CB es respaldada por múltiples estudios y experiencias en varios países donde el emplear el CB permite enviar alertas a grandes porciones de la población en segundos, independientemente de contar, o no, con consumidores o datos habilitados y siempre que el terminal esté encendido y sea compatible con el servicio.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), mediante su propuesta Early Warnings for All, subraya la conveniencia de utilizar las redes móviles como un mecanismo estratégico en su transformación en “líneas de vida” y poder así acceder a poblaciones vulnerables (en las que se justifican las alertas) con alertas fiables y a tiempo. Para la UIT, las redes móviles, junto con tecnologías específicas como Cell Broadcast y servicios basados en la localización pueden asegurar que los mensajes de advertencia coetáneos a los eventos peligrosos, y su publicación de adscripción geográfica, se sigan en la dirección correcta para poder llegar a aquellas personas que estén en esa situación de riesgo, mejorando así los mecanismos de respuesta y la seguridad pública.

Entre las características técnicas relevantes del Cell Broadcast se encuentran:

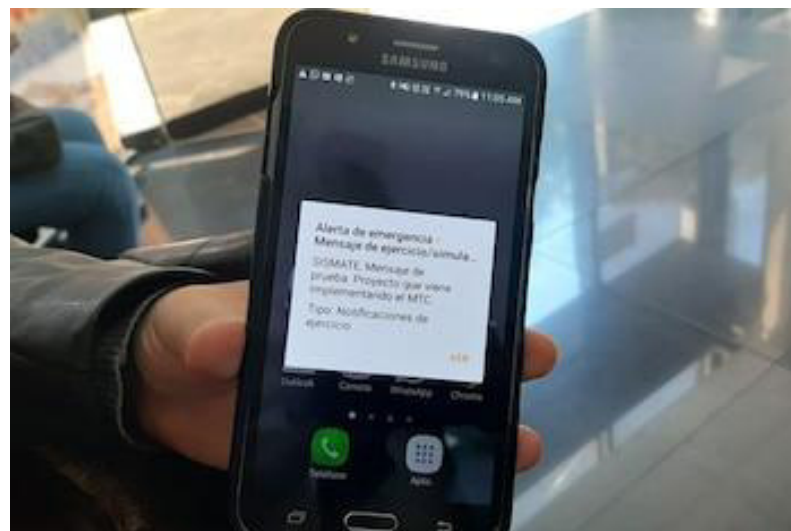
- Cobertura geolocalizada: Las alertas se transmiten solo a dispositivos ubicados dentro de la zona de riesgo definida, lo cual evita alarmas innecesarias y enfoca la comunicación preventiva en quienes realmente están expuestos.
- Alta escalabilidad y baja latencia: La transmisión simultánea a múltiples dispositivos sin establecimiento de sesiones individuales permite una difusión casi instantánea, incluso bajo condiciones de sobrecarga de la red.
- No requiere datos o suscripción: El servicio no depende de aplicaciones ni de información personal del usuario, lo que facilita que la mayoría de los teléfonos compatibles reciban las alertas sin configuraciones adicionales.
- Resiliencia operativa: Al usar la infraestructura base de la red móvil, el CB puede funcionar eficientemente incluso en escenarios donde otros servicios de datos se degradan o se vuelven inestables.

Por estas razones, el Cell Broadcast ha sido adoptado en diversos países como parte de los sistemas nacionales de alerta temprana, integrándose con plataformas de gestión de riesgos y coordinándose con autoridades gubernamentales y operadores de telecomunicaciones para garantizar la difusión oportuna de mensajes preventivos a la población en riesgo.

En la **Figura 3** podemos observar un ejemplo de como se recibe un mensaje de Alerta en los dispositivos móviles utilizando Cell Broadcast.

Figura 3

Ejemplo de mensaje de alerta recibido mediante tecnología Cell Broadcast.



Nota. Extraído de Alerta de emergencia MTC: cómo saber si mi celular tiene Cell Broadcast (Infobae, 2022).

3.2.5.4 Scrum

Scrum da nombre a lo que se conoce por una metodología ágil, que persigue la gestión de proyectos complejos, especialmente proyectos de desarrollo de software. Se centra principalmente en la entrega de forma incremental y continua de valor, fomentando la adaptación a un cambio, la colaboración entre equipos y la mejora continua tanto del producto como del proceso. Es una metodología que, a diferencia de las tradiciones de desarrollo, no introduce un proceso impositivo, sino un conjunto de roles, eventos y artefactos que ayudan a los equipos a la autoorganización y a la respuesta a requisitos cambiantes (Schwaber & Sutherland, 2020).

El marco Scrum está fundamentado en los pilares del empirismo, es decir, la transparencia, la inspección y la adaptación. La transparencia hace que sean visibles para quienes participan todos los aspectos relevantes del proceso y del producto; la inspección permite hacer una evaluación periódica del avance y detectar cualquier tipo de desviación; y la adaptación permite hacer los ajustes correspondientes para conseguir el mejor resultado final posible. Estos principios son muy propicios para los proyectos tecnológicos donde la incertidumbre, la constante evolución de los requerimientos y la necesidad de dar respuestas rápidas son características inherentes al trabajo realizado, tal como sucede con el desarrollo de plataformas de alertas tempranas e interoperables.

Scrum contempla tres roles fundamentales cuyas atribuciones quedan perfectamente delimitadas. El Product Owner se encarga de maximizar el valor del producto y de gestionar el Product Backlog, priorizando las funcionalidades de acuerdo con las necesidades del negocio y las necesidades de los usuarios finales. El Scrum Master actúa como facilitador del marco Scrum que asegura que este se entienda y se aplique adecuadamente, eliminando además todos los impedimentos que bloqueen al equipo. Por su parte, el Equipo de Desarrollo está constituido por profesionales con habilidades diversas que diseñan, desarrollan, prueban y entregan los incrementos funcionales del producto, hecho que corresponde la responsabilidad colectiva del resultado.

En lo que concierne a los eventos, Scrum organiza el trabajo en iteraciones denominadas Sprints, que tienen una duración corta y fija, que oscila entre una semana y cuatro. Cada Sprint comienza con la Sprint Planning, donde se establece el objetivo del Sprint y las tareas a llevar a cabo. Durante el Sprint se aplica el Daily Scrum, una reunión muy breve que sirve para sincronizar el trabajo a nivel del equipo; al final de este, se producen la Sprint Review (inspeccionar el incremento del producto) y la Sprint Retrospective (girar en torno a la mejora del propio proceso). Esa cadencia regular permite facilitar el control del avance y la entrega de funcionamiento del software.

Los artefactos de Scrum —Product Backlog, Sprint Backlog e Incremento— proporcionan una visión clara del estado del proyecto y del trabajo pendiente. El Product Backlog representa la lista priorizada de requisitos del sistema; el Sprint Backlog detalla las tareas comprometidas para el Sprint en curso; y el Incremento corresponde a la suma de funcionalidades completadas que cumplen con la definición de terminado (Definition of Done). Estos artefactos contribuyen a una gestión estructurada y trazable del desarrollo del sistema.

Scrum, en el contexto del presente trabajo, se utiliza como la estructura de trabajo metodológica para organizar y gestionar el desarrollo de la plataforma interoperable de alertas tempranas, de manera que pueda ir implementando de manera progresiva algunas funcionalidades, como la recepción de las alertas, su procesamiento bajo el estándar CAP 1.2, la generación de mensajes georreferenciados y la integración con los sistemas de difusión de los operadores móviles. Scrum permite atender cambios en los requisitos técnicos, normativos y operativos, así como validar de forma anticipada el sistema con los intervinientes del sector de las telecomunicaciones y en el sector gubernamental.

3.2.5.5 Angular

Angular es un framework de desarrollo frontend mantenido por Google, orientado a la construcción de aplicaciones web de una sola página (Single Page Applications – SPA) altamente escalables, mantenibles y estructuradas. Se basa en el paradigma de arquitectura Model–View–View-Model (MVVM) y en el uso de componentes reutilizables, lo que permite separar claramente la lógica de presentación, la lógica de negocio y la gestión del estado de la aplicación (Google, 2024).

Una de las principales cualidades de Angular es su enfoque en componentes, donde cada uno de ellos encapsula su vista, sus estilos y su comportamiento. La modularidad desarrollada por Angular permite el desarrollo de aplicaciones complejas, pues permite dividir el sistema (complementario a los objetos) en realizaciones independientes y, además, favorece la utilización del código y el mantenimiento evolutivo. En sistemas críticos, como las plataformas de alertas tempranas, nos permite el desarrollo de sistemas estables, escalables y cuya funcionalidad pueda ser evolucionada de una forma sencilla.

Angular hace uso del lenguaje TypeScript como lengua base, lo que incorpora el tipado estático, interfaces y una serie de aspectos de la programación orientada a objetos, contribuyendo así a la calidad del desarrollo frontend, reduciendo los errores de programación en tiempo de desarrollo; facilitando el trabajo con arquitecturas backend basadas en servicio REST. En la misma línea, Angular posee un potente sistema de inyección de dependencias, permitiendo así desacoplar componentes y servicios, favoreciendo las pruebas a realizar, así como la mantenibilidad del desarrollo.

Además, hay que tener presente que Angular cuenta con un soporte nativo para poder consumir una API RESTful a través del módulo HttpClient, que permite realizar peticiones HTTP de forma fiable y reactiva. Tal funcionalidad es esencial en plataformas

interoperables, puesto que es importante que el frontend se esté comunicando incesantemente con los servicios backend para que se puedan recibir, mostrar y monitorizar las alertas en tiempo de ejecución. Angular también permite de forma íntegra la utilización de RxJS, una librería que está basada en programación reactiva y que sirve también para gestionar flujos de datos asíncronos, eventos y así sucesivamente, con el fin de obtener actualizaciones en tiempo real.

Con relación a la experiencia de usuario, Angular, ofrece herramientas de soporte para el desarrollo de interfaces que permiten la construcción de las mismas en modo dinámico y responsivo, en diferentes dispositivos y tamaños de pantalla. La integración a las librerías de mapas (Google Maps API) permite visualizar información georreferenciada, lo que tiene interés en sistemas de alertas tempranas, los cuales tienen necesidades de representar zonas de riesgo, polígonos de afectación y áreas de cobertura de difusión de alertas. El soporte visual permite conseguir una mejor toma de decisiones de los operadores en el sistema.

Desde la óptica del ciclo de vida del desarrollo, Angular proporciona un ecosistema completo, pues contiene las herramientas de testing, compilación, optimización y despliegue necesarias para que la adopción de buenas prácticas de la ingeniería de software sea sencilla; el uso de Angular CLI permite estandarizar la creación de componentes, servicios y módulos; dicho uso es seguro y garantiza consistencia en la estructura del proyecto, disminuyendo de este modo la dificultad operativa del desarrollo.

En el marco de esta tesis, Angular se utiliza como tecnología de desarrollo para la interfaz web de la plataforma interoperable de alertas tempranas, un sistema que permite realizar, una vez construida la interfaz web, el envío manual de alertas, la visualización georreferenciada de eventos críticos y la interacción en tiempo real con los servicios backend. Angular, gracias a su enfoque modular y su capacidad de integración con servicios externos, es una opción adecuada para aplicaciones de gobierno que requieran robustez, escalabilidad y una experiencia de usuario clara y eficaz.

3.2.5.6 Spring Boot

Spring Boot es un marco de trabajo para el desarrollo del lado del servidor que pertenece al ecosistema Spring. Su cometido es simplificar el desarrollo de las aplicaciones empresariales Java, especialmente las que están orientadas a arquitecturas modernas (microservicios, APIs RESTful, etc.), y su objetivo es la reducción de la

configuración y la aceleración de los tiempos de desarrollo mediante la teoría de las convenciones, la autoconfiguración y el denominado arranque rápido (Walls, 2020).

Una de las características que lo diferencian es su filosofía de “convenir en lugar de configurar”, que permite reducir la necesidad de configuraciones manuales extensivas. Vía auto configuración, Spring Boot tiene la capacidad de detectar dependencias del proyecto y de autoconfigurar los componentes necesarios como servidores embebidos, conectividades de bases de datos y los manejos de servicios web. Esto permite a los desarrolladores centrarse en la lógica del negocio más que en tareas repetitivas relacionadas con la infraestructura.

Spring Boot facilita de la forma más natural la elaboración de servicios REST, pudiendo construir APIs mediante el uso de anotaciones como: `@RestController`, `@RequestMapping`, `@PostMapping`, etc. Esta habilidad resulta fundamental en plataformas interoperables que deben exponer y consumir servicios para la recepción, procesamiento y difusión de información entre sistemas relacionados (centros de monitorización gubernamentales, operadores de telecomunicaciones, etc....). También permite el tratamiento de un intercambio de datos a través de formatos estándar como son JSON o XML, siendo el XML un punto clave de soporte para la gestión del estándar CAP 1.2.

El framework también cuenta con un potente modelo de inyección de dependencias tomado del corazón de Spring, que no puede sino beneficiar el diseño desacoplado, modular y esto mejora la mantenibilidad, la escalabilidad y la testabilidad del sistema, cosas muy importantes en este tipo de aplicaciones que deben funcionar de continuo, sin interrupción, como en los sistemas de alertas tempranas. Spring Boot también facilita el trabajo con otros módulos del ecosistema Spring, como podría ser Spring Security para el control de acceso o Spring Data para la persistencia.

Otra interesante ventaja de Spring Boot son sus posibilidades de compatibilidad arquitectural en cuanto a arquitecturas reactivas y de alto rendimiento a partir de proyectos como Spring WebFlux, lo que permite un eficiente procesamiento de peticiones concurrentes para reducir la latencia a la hora de entregar información crucial. En contextos de emergencia, donde el tiempo de respuesta es crítico, tal capacidad es clave para asegurar la difusión en tiempo útil de mensajes preventivos a la población potencialmente afectada.

Desde una perspectiva operativa, Spring Boot simplifica el despliegue y la portabilidad de las aplicaciones mediante la emisión de artefactos ejecutables que

incluyen un servidor web embebido, esto hace posible desplegar la plataforma en diferentes entornos - locales, servidores institucionales o infraestructuras virtualizadas - sin tener que realizar configuraciones complejas adicionales y su integración con herramientas para el manejo de contenedores como Docker ayuda a tener una gestión más eficiente del ciclo de vida de la aplicación.

En el contexto de esta tesis, Spring Boot se utiliza como la tecnología central del backend de la plataforma interoperable de alertas tempranas, la misma que se encarga de la recepción de alertas procedentes de sistemas externos, el procesamiento de éstas bajo el estándar CAP 1.2, y la integración con los sistemas de difusión Cell Broadcast de las operadoras de telecomunicaciones. Su robustez, flexibilidad y alineación a los estándares empresariales lo convierten en una adecuada solución orientada a aplicaciones del ámbito gubernamental que requieren alta disponibilidad y confiabilidad.

3.2.5.7 Mongo DB

MongoDB es un sistema de bases de datos NoSQL, orientado a documentos, que permite gestionar grandes volúmenes de datos de forma flexible, escalable y con alto rendimiento. A diferencia de las bases de datos relacionales tradicionales, MongoDB almacena la información en documentos en formato BSON (Binary JSON), dado que permite definir datos complejos y jerárquicos sin la restricción de esquemas predefinidos, lo cual resulta de gran utilidad para aplicaciones de procesamiento de datos heterogéneos y en continuo cambio, como los sistemas de avisos y alertas tempranas (Chodorow, 2013).

Una de las principales ventajas de MongoDB es su modelo de datos flexible, que facilita la adaptación a los cambios en la estructura de la información evitando las migraciones complejas. En lo que a plataformas interoperables se refiere, en un contexto donde se reciben alertas de varias fuentes y en distintos formatos, esta flexibilidad permite almacenar y procesar datos estandarizados como pueden ser los mensajes CAP 1.2, manteniendo la integridad de la información de los datos y facilitando la interoperabilidad entre sistemas del ámbito gubernamental y operadores de telecomunicaciones.

MongoDB está diseñado para la alta disponibilidad y escalabilidad horizontal mediante mecanismos como la replicación y el sharding. La replicación mediante réplica sets permite mantener múltiples copias de los datos, garantizando de esta forma la tolerancia a fallos y continuidad del servicio para un servicio disponible en caso de sufrir la caída de alguno de los nodos. El sharding, por su parte, permite almacenar los datos en varios servidores, lo que permite distribuir la carga de trabajo para gestionar grandes

volúmenes de trabajo y reducir la latencia en las operaciones de lectura y escritura. Las capacidades para operar de forma continua y responder rápidamente a posibles sucesos extraordinarios son claves en aplicaciones críticas. El rendimiento de MongoDB está optimizado para proporcionar buenos tiempos de respuesta de las operaciones de inserción y consulta, siendo esto clave en aplicaciones que procesan alertas en tiempo real. Asimismo, incorpora un framework de agregación que permite realizar operaciones de análisis y transformación de los datos en la base de datos, eliminando así la carga sobre la capa de aplicación, apoyando la generación de reportes, estadísticas y el estado de las alertas procesadas por la plataforma.

MongoDB se integra eficazmente con aplicaciones Java y Spring Boot a través de proyectos como Spring Data MongoDB que permiten el acceso a datos en forma sencilla y fomentan el diseño desacoplado entre la lógica de negocio y la capa de persistencia, así como la posibilidad de implementar repositorios reactivos o tradicionales que mejoran la mantenibilidad y la escalabilidad del sistema. También, MongoDB presenta soporte para realizar transacciones sobre múltiples documentos, incrementando la consistencia de los datos en las operaciones críticas.

MongoDB es, entonces, el sistema de persistencia de la plataforma interoperable de alertas tempranas en el contexto de esta tesis, la que almacena información sobre eventos críticos, mensajes CAP 1.2, áreas georreferenciadas y el estado de difusión de las alertas. MongoDB es una solución adecuada para aplicaciones del sector gubernamental que requiere confiabilidad, rendimiento y flexibilidad en el tratamiento de información crítica, gracias a que maneja datos no estructurados, es escalable y se caracteriza por su alta disponibilidad.

3.2.5.8 Docker

Docker es una plataforma de virtualización a nivel del sistema operativo que ofrece la posibilidad de desarrollar, empaquetar, distribuir y ejecutar aplicaciones mediante contenedores portátiles y livianos. Al contrario de las arquitecturas de virtualización, basadas en máquinas virtuales, usando Docker se utiliza el kernel del sistema operativo hospedador para poder aislar las aplicaciones y sus dependencias, lo que permite que se reduzca notablemente el uso de recursos y que se acelere el arranque y el despliegado (Merkel, 2014).

El núcleo del funcionamiento de Docker es el contenedor, que es un mecanismo que permite encapsular una aplicación y todas las bibliotecas, configuraciones y

dependencias necesarias para ejecutarla. Gracias a esta encapsulación, se puede garantizar que una aplicación acabe ejecutándose igual en entornos diferentes, eliminando problemas comunes derivados de diferencias existentes entre los distintos ambientes de desarrollo, prueba o producción. En proyectos de software que son críticos, por ejemplo, plataformas de alertas tempranas del ámbito gubernamental, esta propiedad es muy importante para garantizar la estabilidad y reproducibilidad del sistema. En esencia, Docker se fundamenta en una arquitectura cliente-servidor, siendo el Docker Engine el cual se encarga de asignar la zona de memoria necesaria para los contenedores, y las imágenes Docker actúan como plantillas que describen de forma inalterable cómo se han de construir los contenedores a partir de las propias imágenes, que son a su vez construidas según los archivos de configuración, conocidos como Dockerfile, que describen de forma declarativa cómo se preparan los entornos de ejecución de las propias aplicaciones. Es decir, facilita la automatización de implantaciones y la estandarización de la infraestructura.

Otra de las ventajas interesantes de Docker es que permite orquestar aplicaciones compuestas mediante su propia orquestadora Docker Compose, que permite orquestar aplicaciones compuestas por frontend, backend, base de datos, etc. De esta forma es posible poder definir y ejecutar entornos completos para las aplicaciones de forma coherente y controlada, lo que viene a resultar especialmente eficaz para sistemas que sean distribuidos e interoperables. De esta forma y en el contexto del trabajo que hemos denominado plataforma de alertas tempranas, permite la interconexión entre los servicios desarrollados en Angular, Spring Boot y MongoDB asegurando su correcta comunicación y la puesta en marcha de formas cohesivas.

Desde la óptica de la operativa de Docker, podemos decir que favorece la portabilidad, la escalabilidad y el mantenimiento de las aplicaciones. Los contenedores podrán ser ejecutados sobre servidores locales, centros de datos institucionales, o bien sobre infraestructuras de tipo cloud (en la nube) de una forma rápida, permitiendo dar respuesta ante un incremento de carga y/o necesidad de servicio (en caso de una situación de emergencia, por ejemplo). También permite implantar prácticas modernas como la integración continua (CI) y el despliegue continuo (CD), limitando los riesgos que comporta el factor humano y mejorando la calidad del software entregado.

En el ámbito de la presente tesis, Docker es una herramienta de soporte para el despliegue y la gestión de la plataforma interoperable de alertas tempranas, permitiendo encerrar los distintos componentes del sistema y garantizar su correcta ejecución en

distintos entornos. Su uso permite conseguir una mejora en la disponibilidad, la mantenibilidad y la fiabilidad del sistema, aspectos más que demostrados en aplicaciones orientadas a la gestión de eventos críticos y la difusión de mensajes preventivos a la población en riesgo.

3.2.5.9 Linux

Linux es un sistema operativo libre de código abierto basado en un núcleo desarrollado originalmente por Linus Torvalds, que se utiliza especialmente en servidores, infraestructura crítica y sistemas de altas prestaciones. Está diseñado sobre la base de los principios de estabilidad, seguridad, facilidad de administración, eficiencia y escalabilidad, lo que lo convierte en el sistema operativo apropiado para el despliegue de aplicaciones típicamente empresariales y gubernamentales que precisan de una operatividad continua y fiable (Nemeth et al., 2017).

Un rasgo esencial de Linux es la modularidad de su arquitectura que permite ajustar el sistema operativo a diferentes requisitos con la inclusión o exclusión de ciertos elementos, de tal forma que se optimizan los recursos y se personaliza el entorno de ejecución, aspectos muy importantes en sistemas que requieren de respuestas rápidas ante eventos esenciales, en el caso particular de plataformas de alerta temprana. Por otro lado, Linux proporciona soporte para diversas distribuciones con orientación a servidores, como Ubuntu Server, Red Hat Enterprise Linux y CentOS, las cuales son ampliamente utilizadas a nivel de infraestructuras institucionales.

Linux ha sido ampliamente comentado por su estabilidad y disponibilidad, pudiendo operar durante mucho tiempo sin necesidad de reinicios. El sistema operativo Linux destaca también por su característica de alta disponibilidad, la cual resulta ser imprescindible para aquellas plataformas que deben funcionar de manera ininterrumpida, como en el caso de los sistemas de procesamiento y difusión de alertas tempranas. Además, el sistema operativo también proporciona un gran soporte para redes, concurrencia y procesamiento paralelo, que contribuyen a la reducción de la latencia en aplicaciones que deben manejar múltiples solicitudes simultáneas.

Otra de las características interesantes de Linux radica en que interopera con tecnologías de contenedorización como Docker, el cual permite la implementación de arquitecturas modernas basadas en microservicios y de despliegues reproducibles. Linux funciona como la capa base sobre la que se ejecutan los contenedores y proporciona el aislamiento y la eficiencia que son necesarios para la ejecución simultánea y controlada

de múltiples servicios. Esta propiedad resulta ser algo fundamental para el funcionamiento coordinado de los distintos componentes que forman parte de la plataforma interoperable desarrollada en esta tesis.

En el marco de este trabajo, Linux funciona como el sistema operativo base para el despliegue de la plataforma interoperable de alertas tempranas y soporta la ejecución de los servicios de backend desarrollados en Spring Boot, la base de datos MongoDB y los contenedores Docker. La estabilidad, seguridad y aceptabilidad en entornos de misión crítica hacen de Linux una excelente opción para aplicaciones orientadas a la gestión de riesgos y para la difusión oportuna de mensajes preventivos hacia la población en riesgo.

3.2.6 Implementación de las áreas, procesos, sistemas y buenas prácticas

En esta sección se describe la implementación de las áreas organizacionales, los procesos operativos, los sistemas de información y las buenas prácticas adoptadas para el desarrollo de la Plataforma Interoperable de Alertas Tempranas denominada e7link_SAT. Esta descripción se encuentra alineada con las etapas definidas en el punto 3.2.3 Etapas y Metodología, haciendo especial énfasis en las fases de Planificación e Implementación, en las cuales el autor tuvo una participación directa y activa.

Para efectos académicos y de confidencialidad institucional, se plantea un modelo organizacional ficticio, basado en estructuras y flujos utilizados en países de América Latina, el cual permite ilustrar de manera clara y coherente el funcionamiento integral de un sistema de alertas tempranas orientado a la protección de la población.

3.2.6.1 Áreas gubernamentales y no gubernamentales involucradas en la gestión y difusión de alertas

El modelo propuesto incluye la intervención coordinada de varios actores del ámbito público y privado, con funciones perfectamente definidas dentro del ciclo de gestión de eventos críticos de difusión de alertas a la población.

- Entidades técnico-científicas especializadas: son entidades que tienen a su cargo el seguimiento permanente de amenazas naturales o provocadas por el ser humano, por medio de sensores, estaciones de observación y de sistemas técnicos especializados. Obtienen y procesan datos en tiempo real sobre episodios tales como sismos, lluvias intensas, inundaciones o deslizamientos, y retransmiten la información al Instituto Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias como insumo técnico primario.

- Instituto Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (INGRE): es la entidad que está encargada de la gestión integral de los riesgos y toma de decisiones para la difusión de las alertas. Evalúa la información técnica recibida. Genera el mensaje de alerta bajo un formato estructurado, el que asegura claridad, precisión y orientación a la acción preventiva de la población.
- Entidad de telecomunicaciones: proporciona y opera los ambientes tecnológicos donde se encuentra desplegada la Plataforma Interoperable de Alertas e7link_SAT. Permite la correcta recepción, validación técnica y procesamiento y transformación del mensaje de alerta al estándar CAP, garantizando intercambiabilidad e integridad del contenido. También permite la generación manual la alerta desde la plataforma.
- Operadoras de telecomunicaciones: realizan la difusión de la alerta a la población a través de sus redes móviles, utilizando tecnologías tales como Cell Broadcast, de manera que la alerta en forma concentrada y geográficamente segmentada a los terminales que se encuentren en el área del riesgo.

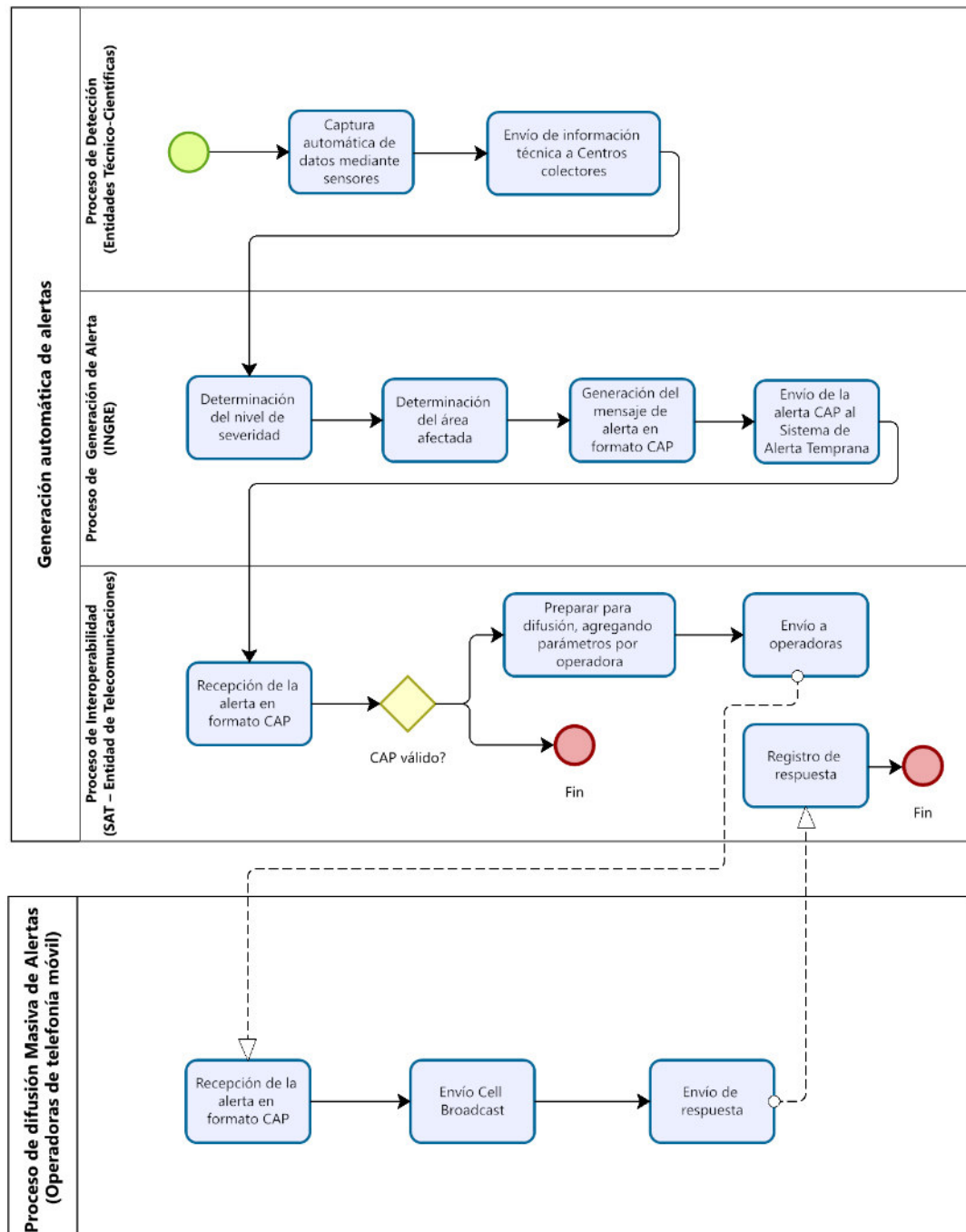
3.2.6.2 Proceso de gestión y difusión de alertas tempranas

El proceso se articula en forma secuencial y jerárquica, teniendo cada subproceso asignado a los respectivos actores, asegurando la eficiencia, la trazabilidad y la consistencia de los mensajes, diferenciándose en dos modalidades de inicio:

Generación automática de alertas - activación automática por sensores: se inicia la alerta a partir de los datos técnicos procedentes de las entidades técnico-científicas, siguiendo su camino por los Centros colectores, por la Plataforma interoperable e7link_SAT y, para finalizar, por las Operadoras de Telefonía móvil. Este flujo se puede visualizar a continuación en la **Figura 4**.

Figura 4

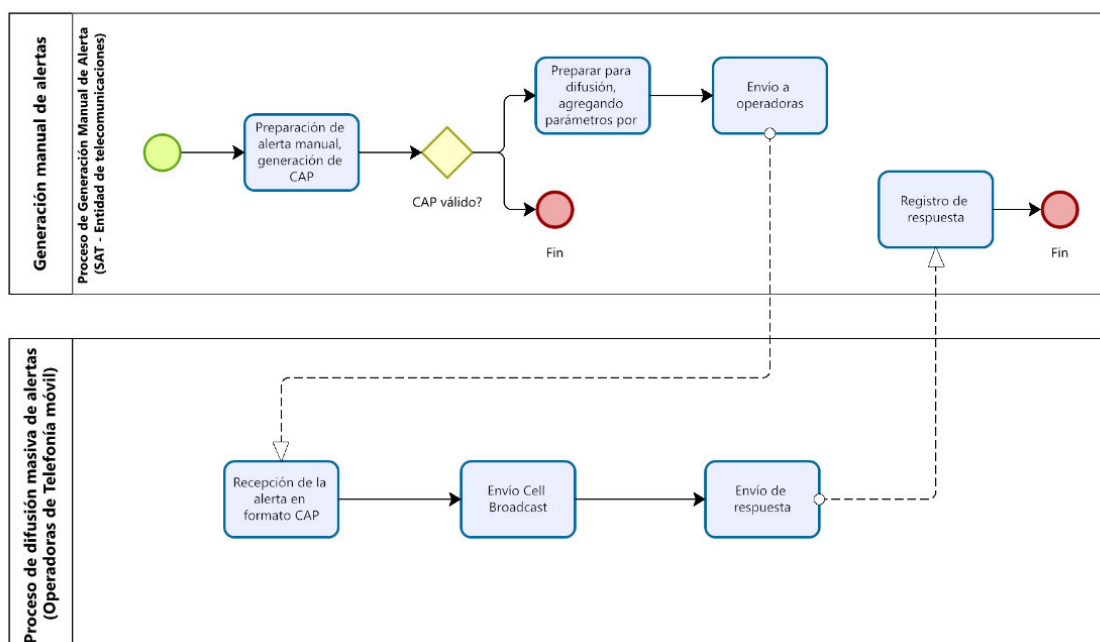
Diagrama de flujo para la generación automática de alertas



Generación manual de alertas – Activación manual desde e7link_SAT: la alerta se genera directamente desde la plataforma por Entidad de Telecomunicaciones para su envío hacia las Operadoras de Telefonía móvil. Este flujo se puede visualizar a continuación en la **Figura 5**.

Figura 5

Diagrama de flujo para la generación manual de alertas



3.2.6.3 Implementación de la Plataforma de Alerta Temprana e7link_SAT

La Plataforma Interoperable de Alertas Tempranas, denominada e7link_SAT por Hacom Technologies, desarrollada en el presente trabajo se integra dentro del proceso descrito como el sistema central de soporte tecnológico, permitiendo:

- La recepción de información proveniente de múltiples fuentes externas.
- El procesamiento estandarizado de alertas bajo CAP 1.2.
- La gestión georreferenciada de eventos críticos.
- La interoperabilidad con los centros de mensajería Cell Broadcast de los operadores de telecomunicaciones.
- La visualización y control de alertas mediante una plataforma web especializada.

Este sistema actúa como el nexo tecnológico entre las áreas gubernamentales, los procesos de gestión del riesgo y los mecanismos de difusión masiva, asegurando tiempos de respuesta reducidos y mayor efectividad en la comunicación preventiva.

En esta sección se detallará cada una de las fases de la metodología explicada en el punto 3.2.3 Etapas y Metodología, mostrando énfasis en las fases de Planificación e Implementación, en las cuales el autor tuvo mayor participación.

3.2.6.3.1 Iniciación

La meta de esta fase fue trabajar para llegar a una visión compartida del proyecto que definiese cuáles son las pautas organizativas y pautas técnicas que definirán su desarrollo. Para ello, se organizaron reuniones de coordinación entre los representantes de las entidades gubernamentales responsables de la gestión de emergencias, los representantes de Hacom Technologies, entidad encargada del desarrollo de e7link_SAT y los representantes de las principales operadoras de telecomunicaciones.

Estas reuniones han permitido identificar los objetivos estratégicos del sistema, las restricciones normativas, las necesidades de interoperabilidad y las expectativas de cada uno de los actores. A partir de estas reuniones se consolidó la visión del proyecto: implementar una plataforma integral que permita recibir, procesar y difundir, de acuerdo con el estándar CAP 1.2, las alertas tempranas bajo el canal Cell Broadcast como principal canal de la comunicación con la ciudadanía.

Durante esta fase también se pudo llevar a cabo la identificación formal de los stakeholders y se consideró como actores clave las áreas técnicas del gobierno encargadas de la administración de sensores, los expertos de las operadoras que son responsables de los Cell Broadcast Centers y el equipo de desarrollo encargado de construir la plataforma e7link_SAT. La participación temprana de los stakeholders clave sirvió para anticipar riesgos, definir responsabilidades y alinear expectativas desde el inicio del proyecto.

Seguidamente, se conformó el equipo Scrum que sería el encargado de la implementación técnica. En el lado de la empresa desarrolladora, el equipo estuvo formado por un Arquitecto de Software y tres Desarrolladores full stack que asumieron las responsabilidades de diseño, codificación, integración y pruebas del sistema. Este equipo trabajó en colaboración con el Product Owner, en representación de los intereses operativos del ente gubernamental, y con el Scrum Master, a cargo de facilitar el proceso y eliminar impedimentos.

A raíz del trabajo colaborativo se elaboró la primera versión del Product Backlog, donde se documentaron las historias de usuario iniciales relacionadas con la recepción de alertas CAP, la difusión mediante Cell Broadcast, la creación dinámica y manual de alertas, la gestión de usuarios y la auditoría del sistema. El Product Backlog fue concebido como un artefacto vivo, susceptible de revisión y priorización a medida que el proyecto avanzaba y obtenía nueva retroalimentación técnica y funcional.

Esta fase fue capaz de proporcionar una visión clara del alcance del sistema, un equipo técnico estructurado y un conjunto inicial de requerimientos priorizados, generando una sólida base sobre la que iniciar el desarrollo iterativo del proyecto.

Para visualizar todas las Historias de Usuario identificadas como parte de la primera versión del Producto Backlog se puede optar por observar la **Tabla 5**.

Tabla 5

Primera versión de Product Backlog

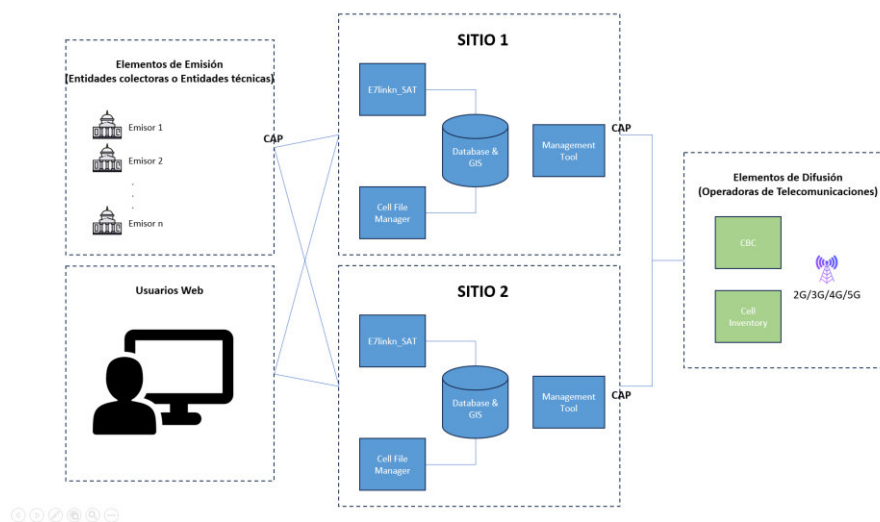
ID	Historia de Usuario	Prioridad
PB-001	Como entidad emisora, quiero enviar alertas en formato CAP 1.2 para que el sistema las reciba correctamente.	Alta
PB-002	Como administrador, quiero validar la estructura CAP para garantizar cumplimiento del estándar.	Alta
PB-003	Como operador, quiero registrar cada alerta recibida para disponer de trazabilidad.	Alta
PB-004	Como operador, quiero recibir notificaciones de alertas indirectas en tiempo real.	Alta
PB-005	Como operador, quiero aprobar o rechazar alertas indirectas antes de su difusión.	Alta
PB-006	Como operador, quiero enviar alertas para su difusión por operadoras.	Alta
PB-007	Como operador, quiero registrar respuestas del Cell Broadcast Center para análisis posterior.	Media
PB-008	Como operador, quiero crear alertas manuales desde el portal.	Alta
PB-009	Como operador, quiero seleccionar ciudades y polígonos en el mapa para delimitar el área afectada.	Alta
PB-010	Como operador, quiero cargar plantillas CAP para agilizar la emisión.	Media
PB-011	Como operador, quiero ver una línea de tiempo de alertas emitidas.	Media
PB-012	Como operador, quiero consultar detalle de una alerta para modificarla o cancelarla.	Alta

PB-013	Como operador autorizado, quiero enviar actualizaciones (msgType=Update).	Alta
PB-014	Como operador autorizado, quiero cancelar una alerta (msgType=Cancel).	Alta
PB-015	Como administrador, quiero gestionar usuarios y roles.	Alta
PB-016	Como administrador, quiero registrar instituciones emisoras.	Media
PB-017	Como administrador, quiero registrar operadoras receptoras.	Media
PB-018	Como administrador, quiero registrar todas las acciones del sistema.	Alta
PB-019	Como operador, quiero buscar eventos por filtros.	Media
PB-020	Como operador, quiero generar reportes por rango de fechas y parámetros CAP.	Media

De los puntos analizados, consideramos que el análisis de la arquitectura de e7link_SAT tuvo también una gran importancia. La solución tiene diferentes componentes que se unen codo a codo para dar el flujo de notificación. Cada componente está desarrollado como una plataforma y ejecutado como un servicio. Las características de cada uno de los componentes son mostradas en el siguiente diagrama:

Figura 6

Arquitectura general y componentes de e7link_SAT.



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 6 se puede visualizar las funciones o responsabilidades de cada componente.

Tabla 6

Funciones de cada componente implementado para el cliente

ID	Nombre de la aplicación	Descripción
1	E7link_SAT	Aplicación encargada de la recepción, generación y difusión de alertas.
2	Base de datos & GIS	Motor de Base de Datos de las Aplicaciones y de Almacenamiento de Información Geoespacial.
3	Cell File Manager	Recurso que gestiona el inventario de celdas de las operadoras, si es aprobado por las mismas
4	Management Tool	Gestor de Plataforma, Estadísticas y KPIs.

3.2.6.3.2 Planificación

Cuando Scrum es el marco de trabajo del proyecto, la etapa de planificación se basa principalmente en llevar a cabo la ceremonia de Sprint Planning, donde se le asignan tareas al equipo para que las realice durante el Sprint.

Esta reunión se realizaba al comienzo de cada uno de los Sprints, con la asistencia del Product Owner y el Development Team, y en ella se llevaban a cabo las actividades siguientes:

- El Product Owner inicia describiendo la meta que se desea alcanzar al término del Sprint.
- El dueño del producto presenta y explica las Historias de Usuario que tienen prioridad para alcanzar la meta del Sprint.
- El Development Team comprende las Historias de Usuario y, si tiene dudas, formula preguntas al Product Owner; en caso de ser necesario, el equipo complementa la Historia de Usuario con más detalles.
- El equipo de desarrollo lleva a cabo la estimación de las historias de usuario.

Se genera el Sprint Backlog al término de la planificación del sprint, que contiene las historias de usuario que serán desarrolladas por el equipo.

El Product Backlog tuvo una versión inicial que fue perfeccionada de manera continua durante el proyecto. No obstante, para fines prácticos, la **Tabla 7** presenta a

continuación la versión final con todas las historias creadas en los once sprints, cada uno con un lapso de cuatro semanas.

Tabla 7

Versión final del Product Backlog

ID	Historia de Usuario	Rol	Prioridad	Criterio de aceptación
PB-001	Como ente emisor, quiero enviar alertas CAP 1.2 al sistema para que sean procesadas correctamente.	Emisor	Alta	El endpoint recibe CAP, valida el XML y lo almacena.
PB-002	Como sistema, necesito validar el esquema CAP 1.2 para rechazar mensajes incorrectos.	—	Alta	CAP inválido → rechazo + registro del error.
PB-003	Como sistema, quiero clasificar alertas en directas e indirectas para definir su flujo.	—	Alta	Directas → CBE / Indirectas → Backend.
PB-004	Como operador, quiero ver registro de todas las alertas recibidas para auditoría.	Operador	Media	Se guarda fecha, origen, tipo y estado.
PB-005	Como sistema, quiero configurar parámetros adicionales cuando el envío sea directo a operadoras.	—	Alta	Se completan campos requeridos para CBC.
PB-006	Como sistema, quiero enviar alertas formateadas al Cell Broadcast Center para difusión masiva.	—	Alta	Operadoras reciben correctamente el mensaje.

PB-007	Como operador, quiero visualizar respuestas del Cell Broadcast Center para conocer estados de entrega.	Operador	Alta	Respuestas almacenadas con hora y código.
PB-008	Como sistema, quiero soportar msgType Alert, Update y Cancel.	—	Alta	Se gestiona correctamente ciclo de vida del CAP.
PB-009	Como operador, quiero consultar el historial de envíos por alerta.	Operador	Alta	Visualización clara del flujo CBE.
PB-010	Como sistema, quiero recibir alertas indirectas y notificar al portal vía WebSocket.	—	Alta	Operador recibe notificación inmediata.
PB-011	Como operador, quiero aprobar alertas indirectas antes de que se difundan.	Operador	Alta	Solo alertas aprobadas llegan a las operadoras.
PB-012	Como sistema, quiero asignar un identificador único a cada alerta generada en el portal.	—	Media	Identificador persistente y trazable.
PB-013	Como administrador, quiero centralizar reglas del flujo de alertas.	Admin	Alta	Cambios aplican sin modificar microservicios.
PB-014	Como operador, quiero crear alertas CAP manualmente.	Operador	Alta	Validación CAP antes de enviar.
PB-015	Como operador, quiero seleccionar ciudades y polígonos en mapa.	Operador	Alta	Coordenadas se insertan en XML CAP.

PB-016	Como operador, quiero cargar una plantilla CAP para agilizar la emisión.	Operador	Media	Campos se completan automáticamente.
PB-017	Como operador, quiero enviar alertas indirectas aprobadas al backend.	Operador	Alta	Flujo indirecto completo.
PB-018	Como operador, quiero ver las alertas en una línea de tiempo.	Operador	Media	Orden cronológico, estado visible.
PB-019	Como operador, quiero diferenciar alertas portal / sensores / indirectas.	Operador	Media	Etiquetas claras por origen.
PB-020	Como operador, quiero modificar una alerta con msgType=Update.	Operador	Alta	Se genera nuevo CAP vinculado.
PB-021	Como operador, quiero cancelar una alerta (msgType=Cancel).	Operador	Alta	Se genera nuevo CAP vinculado.
PB-022	Como administrador, quiero registrar instituciones emisoras.	Admin	Media	Asociadas al origen CAP.
PB-023	Como administrador, quiero registrar operadoras receptoras.	Admin	Media	Configuración de CBC centralizada.
PB-024	Como operador, quiero generar reportes por rango de fechas.	Operador	Media	Exportable, filtrable.
PB-025	Como operador, quiero reportes por tipo CAP, usuario y operadora.	Operador	Media	Datos verificados con auditoría.
PB-026	Como administrador, quiero crear usuarios.	Admin	Alta	Registro seguro.

PB-027	Como administrador, quiero asignar roles: Operador / Administrador / Ente Emisor.	Admin	Alta	Permisos correctos por rol.
PB-028	Como administrador, quiero consultar todas las acciones del sistema.	Admin	Alta	Log completo.
PB-029	Como administrador, quiero filtrar auditoría por usuario, acción y fecha.	Admin	Media	Resultados rápidos y exportables.

3.2.6.3.3 Implementación

La etapa de implementación se refiere al desarrollo de las Historias de Usuario en cada Sprint, durante la cual se realizaron las siguientes tareas:

- Diseño: se desarrollaron diagramas de arquitectura, prototipos, especificaciones de API y casos de prueba para cada historia de usuario, entre otros elementos, con la finalidad de que sirvieran como documentación de la aplicación y ayudaran en el desarrollo del trabajo.
- Implementación: desarrollo de las tareas, pruebas unitarias por parte del equipo de desarrollo, control de versiones del código y despliegue automático en el entorno de pruebas para su revisión posterior.
- Control de calidad: examen de las acciones basadas en los estándares de aceptación y ejecución de casos de prueba en el entorno de pruebas.

Se realizaban reuniones diarias, denominadas Daily Meeting, que duraban entre 15 y 30 minutos, donde cada miembro del equipo respondía a las cuestiones siguientes:

- ¿Qué trabajo hice ayer?
- ¿Qué tengo planeado hacer hoy?
- ¿Hay algún obstáculo o limitación en mi trabajo?

Asimismo, el Product Owner tenía la oportunidad de brindar alguna noticia o novedad relevante sobre el proyecto en esta reunión.

El progreso de las Historias de Usuario ocurrió a medida que se avanzaba con los distintos Sprints. Se describirán a continuación los Sprints, incluyendo su propósito, las Historias de Usuario resueltas y las tareas ejecutadas.

3.2.6.3.3.1 Sprint 1

El objetivo del Development Team durante el Sprint 1 fue el de construir la infraestructura de partida del sistema, con la capacidad de recibir alertas en formato CAP con las validaciones correspondientes, así como su registro ante un formato correcto enviado por parte de las entidades emisoras de alertas. También se consideró iniciar con la gestión de usuarios y roles, así como los mecanismos de autenticación de los mismos ante el sistema. En la **Tabla 8** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 1.

Tabla 8

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 1.

Objetivo	Construir la infraestructura mínima del sistema.
HU	• PB-001 — Recepción básica CAP • PB-002 — Validación CAP • PB-003 — Registro de alertas • PB-026 — Creación de usuarios • PB-027 — Asignación de roles básicos
	Arquitectura y configuración
	• Definición del diseño base de microservicios. • Configuración de proyecto Spring Boot. • Configuración de MongoDB (colecciones iniciales). • Creación de módulos comunes (logs, excepciones, utilitarios).
	Persistencia
	• Diseño de documentos Mongo para alertas CAP. • Creación de repositorios reactivos. • Índices para consultas rápidas.
Actividades	Seguridad
	• Implementación inicial de Spring Security + JWT. • Modelado de usuarios y roles.

Control de versiones	
• Creación del repositorio en GitLab. • Estándares de ramas.	
Contenedores	
• Creación de Dockerfile para backend.	
Pruebas	
• Pruebas unitarias básicas. • Validación de conexión a Mongo.	
Resultado	Microservicio CAP funcionando y autenticación inicial lista.

En los Anexos 1, 2 y 3 se presentan, respectivamente, la Interfaz de inicio de sesión, la Interfaz de gestión de usuarios y la Interfaz para el registro de nuevos usuarios de e7link_SAT.

3.2.6.3.3.2 Sprint 2

El propósito del Development Team durante el Sprint 2 fue llevar a cabo la lógica que permite la categorización de las alertas que emiten las instituciones correspondientes, separándolas en alertas de tipo directo o indirecto, es decir, las alertas de tipo directo son aquellas que recibe el sistema y posteriormente, las envía de forma inmediata a las operadoras de telecomunicaciones, para que se difundan a través de la tecnología Cell Broadcast, mientras que las alertas de tipo indirecto son aquellas que son recibidas por el sistema y del cual requiere que un operador confirme o apruebe la misma antes de enviarlas a las operadoras de telefonía móvil.

La configuración que define el hecho de que una alerta sea de tipo directo o indirecto se encuentra dada por la combinación de ciertos valores que se encuentran dentro de campos del formato estándar CAP y que han sido establecidos en función de los parámetros y necesidades del cliente.

Por otro lado, a nivel de interfaz de usuario se comenzó el desarrollo de las pantallas de visualización y gestión de alertas de tipo directo o indirecto y de la correspondiente aprobación necesaria para proceder a la difusión de las alertas de tipo indirecto. En la **Tabla 9** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 2.

Tabla 9*Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 2.*

Objetivo	Diferenciar alertas directas e indirectas y asegurar su registro correcto.
HU	• PB-004 — Registro visible de alertas recibidas • PB-005 — Parámetros para envío directo • PB-003 — Reforzar trazabilidad • PB-013 — Reglas iniciales en backend (flujo)
Actividades	• Implementación de reglas de clasificación (directa/indirecta). • Validaciones adicionales CAP. • Creación de endpoints REST. • Logs estructurados para seguimiento. • Ajuste de esquemas Mongo con flags de estado. • Documentación en Swagger/OpenAPI. • Revisión de código en GitLab. • Dockerización de nuevas versiones.
Resultado	Flujo CAP correctamente identificado y trazable.

3.2.6.3.3.3 Sprint 3

La finalidad del Development Team durante el Sprint 3 es continuar con el desarrollo de funcionalidades relacionadas con la gestión de alertas directas e indirectas, poniendo atención en la implementación de mecanismos de notificación en tiempo real mediante WebSocket cuando se recibe una alerta indirecta para su posterior aprobación o rechazo.

En la **Tabla 10** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 3.

Tabla 10*Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 3.*

Objetivo	Habilitar el flujo indirecto.
HU	• PB-010 — Notificación WebSocket • PB-011 — Aprobación de alertas indirectas • PB-012 — Asignación de identificador único

Actividades	• Implementación de WebSocket en backend. • Publicación de eventos de alerta indirecta. • UI Angular para notificaciones. • DTOs para mensajes WebSocket. • Generación del identificador único. • Persistencia de notificaciones. • Pruebas de concurrencia. • Dockerización de nuevas versiones.
Resultado	Operador recibe alertas indirectas en tiempo real.

En el Anexo 4, se puede visualizar la Interfaz de listado de Alertas Indirectas, las que requieren aprobación para su envío, dentro de e7link_SAT.

3.2.6.3.3.4 Sprint 4

El objetivo del Development Team durante el Sprint 4 fue iniciar el desarrollo de las pantallas y la lógica necesarias para la creación de alertas desde el portal web, ya sea mediante el ingreso manual de todos los campos requeridos o a través del uso de plantillas en formato CAP (archivos con extensión .cap). Asimismo, durante este sprint se concluyeron todas las actividades relacionadas con la gestión de alertas indirectas.

En la **Tabla 11** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 4.

Tabla 11

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 4.

Objetivo	Permitir emisión manual desde portal.
HU	• PB-014 — Crear alertas CAP manuales • PB-016 — Plantillas CAP • PB-017 — Envío de indirectas aprobadas
Actividades	• Formulario Angular para creación CAP. • Validaciones visuales. • Carga de plantillas CAP. • Conversión de formulario → XML CAP.

	• Integración con backend y auditoría. • Versionado del código y revisiones en GitLab. • Pruebas funcionales.
Resultado	Portal web genera alertas reales.

3.2.6.3.3.5 Sprint 5

El objetivo del Development Team durante el Sprint 5 fue finalizar la funcionalidad de generación de alertas desde el portal web, incorporando la integración con la API de Google Maps para la gestión de coordenadas geográficas personalizadas. En la **Tabla 12** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 5.

Tabla 12

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 5.

Objetivo	Soporte Google Maps para delimitar áreas.
HU	• PB-015 — Selección de ciudades y polígonos
Actividades	• Integración Angular + Google Maps. • Dibujar polígonos y zonas. • Serialización de coordenadas. • Inclusión de áreas en XML CAP. • Revisión UX. • Pruebas con distintos navegadores.
Resultado	Alertas precisas con coordenadas en el XML.

En el Anexo 5 se puede visualizar la Interfaz de creación de Alerta dentro de e7link_SAT.

3.2.6.3.3.6 Sprint 6

El objetivo del Development Team durante el Sprint 6 fue desarrollar la lógica de envío de alertas hacia las operadoras de telecomunicaciones, considerando los estándares de comunicación establecidos, la inclusión de parámetros adicionales específicos para cada operadora cuando fuese necesario, así como el registro de las respuestas de los envíos para su posterior análisis y generación de reportes.

En la **Tabla 13** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 6.

Tabla 13

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 6.

Objetivo	Enviar alertas a operadoras.
HU	• PB-006 — Envío de Alertas a los Cell Broadcast Centers • PB-007 — Registro de respuestas • PB-008 — Manejo Alert / Update / Cancel
	• Implementación del módulo de envío de Alertas a los Cell Broadcast Center con Spring Boot. • Adaptadores para mensajes hacia los Cell Broadcast Centers. • Manejo de msgType (Alert/Update/Cancel). • Guardado de respuestas de los Cell Broadcast Centers en Mongo. • Manejo de errores y reintentos. • Dockerización del microservicio.
Actividades	
Resultado	Operadoras reciben alertas y responden.

En los Anexos 6 y 7 se presentan, respectivamente, la Interfaz de visualización de los resultados del envío de alertas y la Interfaz de visualización del CAP remitido a los Cell Broadcast Centers.

3.2.6.3.3.7 Sprint 7

El objetivo del Development Team durante el Sprint 7 fue desarrollar una línea de tiempo para la visualización de las distintas alertas, permitiendo acceder posteriormente al detalle de cada alerta enviada, así como realizar su modificación o proceder con su cancelación cuando corresponda.

En la **Tabla 14** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 7.

Tabla 14*Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 7.*

Objetivo	Trazabilidad completa de las Alertas.
HU	• PB-018 — Línea de tiempo • PB-019 — Diferenciar origen de alertas • PB-020 — Update • PB-021 — Cancel
Actividades	• Línea de tiempo en Angular. • Endpoints de consulta histórica. • Actualización y cancelación. • Notificaciones por cambios. • Auditoría de acciones. • Optimización de consultas Mongo.
Resultado	Operador controla el ciclo completo.

En el Anexo 8 se puede visualizar la Interfaz de Monitoreo de Alertas dentro de e7link_SAT.

3.2.6.3.3.8 Sprint 8

El objetivo del Development Team durante el Sprint 8 fue desarrollar las pantallas destinadas a la gestión de las instituciones emisoras de alertas y de las operadoras receptoras de alertas.

En la **Tabla 15** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 8.

Tabla 15*Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 8.*

Objetivo	Parametrización operativa.
HU	• PB-22 — Instituciones emisoras • PB-23 — Operadoras receptoras • PB-15 — Afinación de permisos
Actividades	• CRUD de instituciones emisoras.

	• CRUD de operadoras CBC. • Validaciones referenciales. • Roles y restricciones de acceso. • Migraciones de datos. • Documentación de configuración.
Resultado	Sistema configurable sin alterar código.

En los Anexos 9, 10, 11 y 12 se presentan, respectivamente, la Interfaz de Gestión de Entidades Emisoras de Alertas, la Interfaz de registro de Entidad Emisoras de Alertas, la Interfaz de Gestión de Entidades Difusoras de Alertas (Cell Broadcast Center), la Interfaz de registro de Entidad Difusoras de Alertas.

3.2.6.3.3.9 Sprint 9

La finalidad del Development Team, dentro del Sprint 9 fue el desarrollo de las pantallas y la lógica para la generación de reportes avanzados tal como fueron los criterios que fueron fijados por el cliente. Dichos reportes permiten filtrar, consolidar y analizar información relativa a las alertas de manera que genera facilidad para obtener indicadores; además apoya los procesos de monitoreo y la toma de decisiones. En la **Tabla 16** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 9

Tabla 16

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 9.

Objetivo	Finalizar reportería
HU	• PB-024 — Reportes por rango • PB-025 — Reportes avanzados CAP / usuario / operadora
Actividades	• Generación de reportes filtrables. • Exportación PDF/Excel. • Agregaciones en Mongo. • Endpoints para reportes. • Optimización para alto volumen.
Resultado	Base sólida para toma de decisiones.

En el Anexo 13 se puede visualizar la Interfaz de reportería dentro de e7link_SAT.

3.2.6.3.3.10 Sprint 10

El objetivo del Development Team durante el Sprint 10 fue cerrar e integrar los flujos de auditoría del sistema. A lo largo de los distintos desarrollos se contempló el registro de eventos de auditoría en todos los procesos; estos registros fueron finalmente centralizados en una pantalla que permite su visualización, filtrado y exportación, de acuerdo con los criterios definidos por el usuario. En la **Tabla 17** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 10.

Tabla 17

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 10.

Objetivo	Finalizar Auditoría
HU	• PB-028 — Auditoría completa • PB-029 — Filtros por usuario, acción, fecha
Actividades	• Registro completo de auditoría. • Filtros por acción/usuario/fecha.
Resultado	Módulo de Auditoría completo.

En el Anexo 14 se puede visualizar la Interfaz de auditoría dentro de e7link_SAT.

3.2.6.3.3.11 Sprint 11

El propósito concreto del equipo de desarrollo correspondiente a la Sprint 11 fue la posibilidad de implementar una capa extra de seguridad en la comunicación entre el S.A.T. y los Cell Broadcast Centers. En este sentido, se realizó la correspondiente configuración de la plataforma para que funcionara bajo un esquema de autenticación mutua de forma que tanto el sistema emisor como los sistemas receptores validaban su identidad durante el intercambio de información. La posibilidad de implementar esta agregación de seguridad permitía reforzar la confidencialidad, integridad y confiabilidad de los mensajes CAP transmitidos en términos de las características de seguridad que se esperaban de la implementación del sistema en un entorno crítico.

En la **Tabla 18** se puede visualizar las Historias de usuario, actividades y resultados obtenidos del Sprint 11.

Tabla 18

Historias de usuario, actividades y resultados del Sprint 11.

Objetivo	calidad, transparencia y cierre.
HU	• Revisión final, pruebas y hardening
Actividades	• Hardening de seguridad. • Pruebas de estrés. • Documentación final. • Imágenes Docker finales listas para producción.
Resultado	Sistema listo para producción con trazabilidad total.

3.2.6.3.4 Revisión

Esta etapa se llevó a cabo al término de cada Sprint, en la que el Product Owner mostraba los resultados de la iteración a los interesados, con el fin de obtener comentarios acerca de lo realizado y saber si lo que se está implementando satisface sus expectativas.

La revisión incluía los pasos siguientes:

- Comienza con el Product Owner, quien les explica a los interesados cuál es la meta del Sprint que se va a mostrar.
- El Product Owner ofrece una descripción concisa de las historias que se han puesto en práctica.
- El Product Owner realiza una demostración de la aplicación desde la perspectiva de un usuario, mostrando cómo se resolvieron los casos de uso.
- Al final, los interesados hacían preguntas y daban sus impresiones sobre lo que se había revisado en la demostración.

Asimismo, era una ocasión para que los interesados pidieran modificaciones o nuevos requisitos, que se incluían en el Product Backlog para ser priorizados y evaluados en Sprints posteriores.

3.2.6.3.5 Retrospectiva

La retrospectiva, como la fase de revisión, es una reunión que se realizaba al final de cada Sprint. En ella, el equipo Scrum examinaba internamente lo que se había hecho bien y lo que podía mejorarse para alcanzar los objetivos.

- Las actividades que se marcaron como "lo que se hizo bien" sirvieron de referencia para los Sprints posteriores, con el objetivo de que estas acciones continúen repitiéndose.
- Los puntos señalados como "lo que se puede mejorar" funcionaban como recomendaciones de trabajo y elementos de mejora continua para los Sprints subsiguientes.

3.2.6.3.6 Lanzamiento

El desplazamiento a producción se llevó a cabo una vez que se finalizaron los once Sprints considerados en la fase de implementación. La implementación de e7link_SAT dio comienzo en el mes de octubre del año 2023 y fue desarrollada bajo criterios de tipo iterativo y de tipo incremental, siendo la duración de cada Sprint de cuatro semanas. Durante los once Sprints se implementaron, de forma incremental, las funcionalidades principales, las cuales incluyen la gestión y categorización de alertas, los mecanismos de aprobación, el envío para las operadoras de telecomunicaciones, la auditoría, la reportería, la administración de entidades y el último de los Sprints: el reforzamiento de la seguridad de las comunicaciones.

Concluida la etapa de desarrollo, el proyecto entró en una fase de pruebas y configuraciones con las operadoras de telefonía móvil. En esta etapa se llevaron a cabo pruebas de conectividad individuales con cada una de las operadoras, en las cuales se validó el funcionamiento correcto entre el envío, recepción y procesamiento de los mensajes CAP que se enviaban a los Cell Broadcast Centers. Gracias a estas actividades fue posible identificar incidencias técnicas, así como variaciones en los requerimientos de integración y particularidades de cada operadora que desembocaron en la realización de ajustes y configuraciones en el sistema.

Después de ello, se llevaron a cabo pruebas integrales con la participación conjunta de todas las operadoras de telecomunicaciones, con el objetivo de validar el funcionamiento del sistema en un entorno operativo real, así como también asegurar su interoperabilidad completa. Las etapas de prueba, ajustes y configuraciones finales, tanto individuales como integradas, duraron un tiempo estimado de seis meses.

Finalmente, una vez superadas satisfactoriamente todas las fases de validación funcional y técnica, se realizó la actividad del desplazamiento del sistema hacia producción. La realización de esta actividad estuvo asegurada por el equipo de Hacom Technologies, que es el que garantizará que el Sistema de Alertamiento Temprano se ponga en marcha como se ha definido.

A continuación, en la **Tabla 19** se muestra el cuadro de resumen de los tiempos obtenidos desde el inicio de desarrollo de la plataforma hasta su puesta en producción.

Tabla 19

Tiempos de implementación de e7link_SAT.

Etapa	Periodo	Duración
Inicio del desarrollo	Octubre 2023	—
Ejecución de Sprint 1 al Sprint 11	Octubre 2023 – agosto 2024	11 meses
Pruebas y configuraciones por operadora	Septiembre 2024 – enero 2025	4 meses
Pruebas integradas con todas las operadoras	Febrero 2025 – marzo 2025	2 meses
Despliegue en producción	Marzo 2025	—

3.3 Evaluación

La presente sección tiene como finalidad evaluar la viabilidad económica del proyecto de implementación de la Plataforma Interoperable de Alertas Tempranas, denominada e7link_SAT, a nivel gubernamental. Dado que el sistema propuesto no tiene fines comerciales, la evaluación se realiza bajo un enfoque socioeconómico, considerando los costos de implementación y operación frente a los beneficios derivados del ahorro por atenciones médicas, mediante la difusión oportuna de mensajes preventivos a la población en riesgo.

3.3.1 Evaluación económica

La evaluación económica contempla los costos asociados a la implementación y operación del servicio, así como a los beneficios sociales estimados en términos de ahorro en atenciones médicas para un horizonte de evaluación de dos (2) años.

3.3.1.1 Costos del proyecto

La inversión del proyecto para lograr una operación a nivel nacional, incluye costos asociados a la infraestructura necesaria para el despliegue de la plataforma e7link_SAT, así como el diseño, desarrollo e integración con protocolos de difusión masiva (Cell Broadcast).

A continuación, en la **Tabla 20** se muestra la inversión inicial requerida del proyecto, mientras que en la **Tabla 21** se muestran los costos de operación y mantenimiento anual que requiere el servicio para su funcionamiento.

Tabla 20

Inversión inicial del proyecto.

Item	Descripción	Monto (USD)
Desarrollo e infraestructura	Diseño, desarrollo, pruebas e implementación de e7link_SAT	5,000,000
Total, inversión inicial (Año 0)		5,000,000

Tabla 21

Costos de operación anual.

Item	Descripción	Monto (USD)
Operación y mantenimiento	Soporte técnico, monitoreo, actualizaciones y mantenimiento de e7link_SAT	1,000,000
Total, operación y mantenimiento anual		1,000,000

3.3.1.2 Beneficios económicos del proyecto

Los beneficios se calculan bajo la premisa de costos evitados al sistema de salud pública, tomando como referente histórico los dos últimos sismos de gran magnitud. En dichos eventos, la Secretaría de Salud reportó la prestación de 226,000 atenciones médicas. El sistema propuesto busca mitigar esta carga financiera mediante la respuesta preventiva en un horizonte de ejecución inmediata.

Además, para el cálculo de los beneficios sociales, se adopta una tasa de efectividad real del 30%. Si bien la tecnología de Cell Broadcast garantiza una difusión técnica superior al 95%, la reducción efectiva de lesiones y fatalidades depende de la capacidad de respuesta del usuario en el último tramo, por ello, un 30% representa un escenario real donde la población cuenta con el tiempo de ventaja suficiente para ejecutar acciones de autoprotección que evitan el ingreso a servicios de urgencias.

En la **Tabla 22** podemos visualizar el beneficio social anual, en estimación, que se pueden obtener con la implementación de e7link_SAT, en materia de atenciones médicas y basándonos en costos por atención médica básica y teniendo una mitigación real del 30%, aunque el alcance de Cell Broadcast es muy superior.

Tabla 22

Estimación anual de beneficios sociales

Item	Descripción	Beneficio anual (USD)
Ahorro en atenciones médicas	Mitigación real (30%) de las 226,000 atenciones médicas de 2017 (\$75 USD por atención básica)	5,085,000
Total, beneficios anuales		5,085,000

Nota. El costo de \$75 USD es el tabulador mínimo para urgencias básicas.

3.3.1.3 Flujo de caja del proyecto

El flujo de caja proyecta la salida de capital inicial frente a los beneficios económicos capturados por el Estado durante los primeros dos (02) años de operación.

Tabla 23

Flujo de caja neto proyectado (2 años)

Año	Inversión	Costos de operación	Beneficios	Flujo neto
0	-5,000,000	0	0	-5,000,000
1	0	-1,000,000	5,085,000	4,085,000
2	0	-1,000,000	5,085,000	4,085,000

3.3.2 Interpretación del VAN y TIR

Según lo analizado en las secciones anteriores, se tiene que el proyecto requiere una inversión inicial de USD 5,000,000 para cubrir el despliegue tecnológico de la plataforma e7link_SAT, además de USD 1,000,000 anuales por costos de operación y mantenimiento para garantizar su correcto funcionamiento. Asimismo, la plataforma generaría beneficios sociales por costos evitados de USD 5,085,000 anuales. Utilizando las fórmulas financieras del VAN y la TIR para determinar la viabilidad del proyecto, bajo una tasa del 10%, se obtienen los resultados mostrados en la **Tabla 24**.

Tabla 24

Indicadores de rentabilidad económica

Indicador	Valor
Tasa de descuento social	10%
Inversión inicial	5,000,000 USD
Beneficio anual estimado	5,085,000 USD
Costo de operación anual	1,000,000 USD
Horizonte de evaluación	2
VAN	2,089,669.42 USD
TIR	40.04%

Un VAN de 2,089,669.42 millones de USD evidencia que el costo de oportunidad de no implementar el sistema es inasumible para el Estado. La magnitud de la TIR refleja que la prevención en salud y la protección de la vida humana en contextos de alta vulnerabilidad demográfica representan la inversión de mayor impacto socioeconómico posible, esto basado en los escenarios mas realistas y de menor ahorro obtenido.

CAPÍTULO IV: REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

La realización del presente trabajo fue importante para afianzar los conocimientos y las capacidades por parte del autor en el desarrollo de la Plataforma de Alerta Temprana e7link_SAT, así como también en el aprovechamiento de tecnologías modernas y en metodologías ágiles para el desarrollo del software. A partir de esta experiencia, podemos rescatar las reflexiones que de manera relevante se desprenden de este trabajo:

- El desarrollo de e7link_SAT se convierte en el precursor de la certificación de que estas soluciones no se agotan en la simple generación y difusión de alertas, sino que requieren de una correcta interconexión entre diversos actores, sistemas y tecnologías. La estandarización utilizando el protocolo CAP fue fundamental para la interoperabilidad, así como para saber que la información de alerta puede ser interpretada y utilizada de la forma correcta con distintos sistemas externos.
- La interoperabilidad fue un elemento crítico en este trabajo, en el sentido que el sistema desarrollado se interconectaba con diversos sistemas internos y externos. Esto pone de manifiesto la necesidad de hacer pruebas de conexiones constantes, de validar formatos y de verificar flujos de comunicación, teniendo en cuenta que cualquier fallo en la interconexión puede comprometer la entrega oportuna de una alerta en un contexto real de emergencia.
- La utilización de la metodología ágil Scrum fue determinante para la evolución de la investigación. La realización permanente de ceremonias tales como reuniones diarias y retrospectivas nos permitió detectar con prontitud impedimentos técnicos, reordenar prioridades y promover la mejora continua, así como también servir para un proyecto que tenía requerimientos cambiantes y restricciones temporales.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones alineadas con los objetivos planteados

El proyecto logró cumplir todos los objetivos que se había planteado, lo que finaliza con las siguientes apreciaciones:

- Se ha desarrollado una plataforma interoperable de alertas tempranas, basada en el estándar CAP 1.2 y la tecnología Cell Broadcast, permitiendo garantizar la difusión rápida de mensajes preventivos emitidos por el sector gubernamental hacia la población en riesgo.
- Se ha diseñado y desarrollado una plataforma interoperable con capacidades de integración geoespacial, permitiendo la generación, gestión y visualización de alertas tempranas georreferenciadas en tiempo real, consiguiendo integrarse con sistemas externos de monitoreo y notificación.
- Se ha ejecutado un motor de procesamiento de alertas basado en el estándar CAP 1.2, capaz de recibir e integrar flujos de datos provenientes de diversas fuentes de gubernamentales, permitiendo asegurar la normalización de la información, así como la consistencia, integridad e interoperabilidad de la misma.
- Se ha ejecutado un módulo de integración para la difusión masiva de alertas, logrando la interconexión de la plataforma con los Cell Broadcast Center (CBC) de las operadoras de telefonía móvil, permitiendo la entrega intrusiva y simultánea hacia los dispositivos móviles situados en las zonas de riesgo.
- Se ha ejecutado un modelo de datos escalable orientado a garantizar alta disponibilidad, baja latencia y confiabilidad en el almacenamiento, procesamiento y difusión de alertas críticas, propio de un sistema de alerta temprana sensible.

5.2. Recomendaciones para futuros desarrollos o ampliaciones del sistema

Para futuras ampliaciones del sistema, se recomienda profundizar en la gestión y visualización del estado de las alertas difundidas a través de Cell Broadcast. Si bien la plataforma actualmente permite conocer el resultado general del envío de las alertas, este nivel de información resulta limitado para evaluar con precisión el alcance real y la efectividad de cada difusión en escenarios operativos y post evento.

En este sentido, sería altamente recomendable fortalecer la integración con los Cell Broadcast Center de las operadoras de telecomunicaciones, a fin de obtener métricas más detalladas sobre la distribución de las alertas, tales como información por antena, zona geográfica, ciudad o región impactada. Contar con este nivel de granularidad permitiría mejorar la trazabilidad de las alertas, facilitar auditorías posteriores y apoyar la toma de decisiones estratégicas por parte de las entidades gubernamentales responsables.

Asimismo, la incorporación de estos datos permitiría enriquecer los módulos de monitoreo y reportes del sistema, proporcionando una visión más clara del comportamiento de la difusión en tiempo real y permitiendo evaluar la efectividad de las alertas emitidas. De esta manera, el sistema no solo cumpliría con la generación y envío de alertas, sino que también se consolidaría como una herramienta de análisis y mejora continua en la gestión de emergencias.

5.3 Fuentes de información

Chodorow, K. (2013). *MongoDB: The definitive guide* (2nd ed.). O'Reilly Media.
<https://www.oreilly.com/library/view/mongodb-the-definitive/9781449344795/>

Docker Inc. (2024). *Docker documentation*. <https://docs.docker.com/>

Federal Emergency Management Agency. (s. f.). *Common Alerting Protocol (CAP)*.
<https://www.fema.gov/emergency-managers/practitioners/integrated-public-alert-warning-system/technology-developers/common-alerting-protocol>

Freeman, A. (2020). *Essential Angular for ASP.NET Core MVC*. Apress.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-6038-8>

Infobae. (2022, 7 mayo). *Alerta de emergencia MTC: ¿Cómo saber si mi celular tiene Cell Broadcast?* <https://www.infobae.com/america/peru/2022/05/07/alerta-de-emergencia-mtc-como-saber-si-mi-celular-tiene-cell-broadcast/>

Google. (2024). *Angular documentation*. <https://angular.io/docs>

International Telecommunication Union. (2025). *Turning mobile networks into lifelines: Early warnings for all reaches more countries in 2025*. ITU-D. <https://www.itu.int/itu-d/sites/digital-impact-unlocked/turning-mobile-networks-into-lifelines-early-warnings-for-all-reaches-more-countries-in-2025/>

Merkel, D. (2014). Docker: Lightweight Linux containers for consistent development and deployment. *Linux Journal*, 2014(239).
<https://www.linuxjournal.com/content/docker-lightweight-linux-containers-consistent-development-and-deployment>

MongoDB Inc. (2024). *MongoDB manual*. <https://www.mongodb.com/docs/manual/>

Nemeth, E., Snyder, G., Hein, T., & Whaley, B. (2017). *UNIX and Linux system administration handbook* (5th ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/unix-and-linux-system-administration-handbook/P200000003295>

OASIS Open. (2010). *Common Alerting Protocol (CAP) version 1.2*. <https://docs.oasis-open.org/emergency/cap/v1.2/CAP-v1.2-os.html>

Project Management Institute. (2017). *Agile practice guide*. PMI. <https://www.pmi.org/learning/library/agile-practice-guide-11140>

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum guide: The definitive guide to Scrum*. Scrum.org. <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>

The Linux Foundation. (2023). *What is Linux?* <https://www.linuxfoundation.org/resources/what-is-linux>

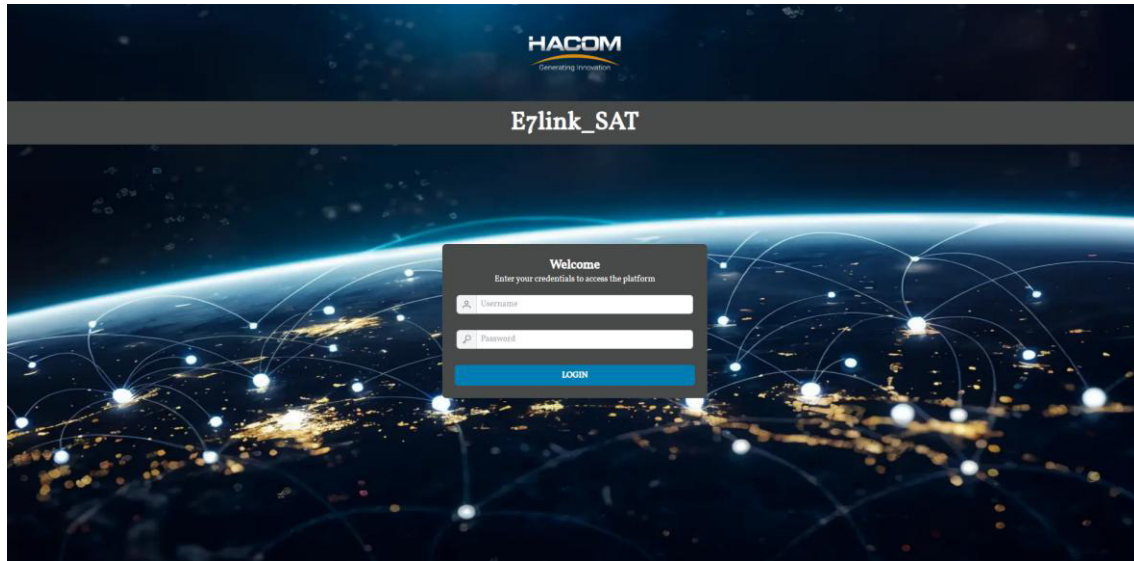
United Nations Office for Disaster Risk Reduction & World Meteorological Organization. (2023). *Global status of multi-hazard early warning systems 2023*. <https://public.wmo.int/publication-series/global-status-of-multi-hazard-early-warning-systems-2023>

World Meteorological Organization. (2025). *Early warnings for all initiative overview*. <https://wmo.int/activities/early-warnings-all>

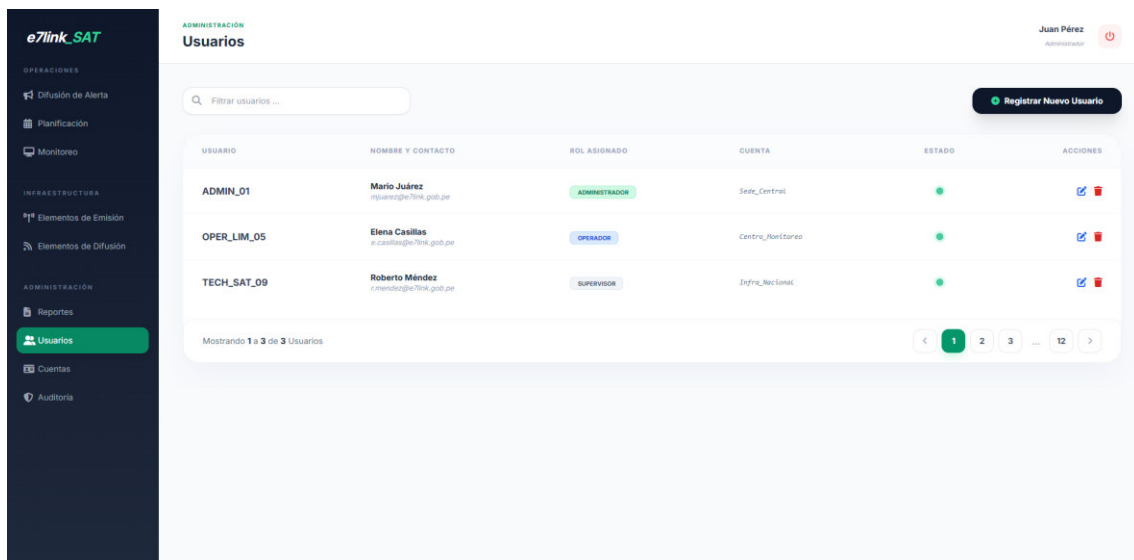
World Meteorological Organization. (2018). *Multi-hazard early warning systems: A checklist*. <https://www.preventionweb.net/publication/multi-hazard-early-warning-systems-checklist>

ANEXOS

ANEXO 1: Interfaz de inicio de sesión de e7link_SAT.



ANEXO 2: Interfaz de gestión de usuarios de e7link_SAT.



ANEXO 3: Interfaz para el registro de nuevos usuarios de e7link_SAT.

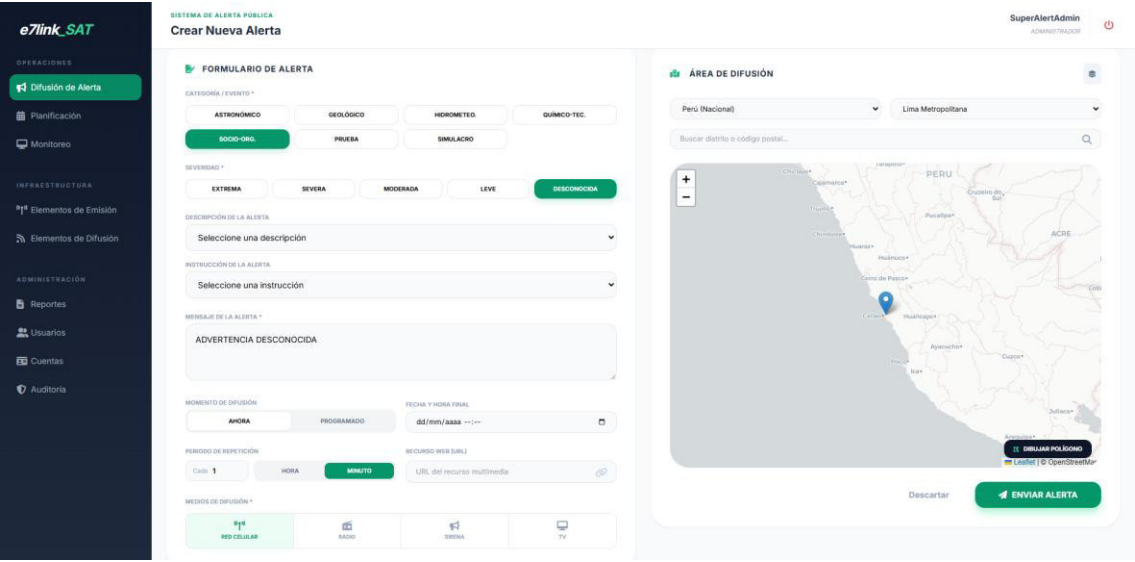
The screenshot shows a web application interface for user registration. A modal window titled "Nuevo Usuario" is centered on the screen. The modal has a header "REGISTRO e7link_SAT" and a close button. It contains several input fields: "USUARIO" (with the example "Ej: mjuarez"), "CORREO" (with the example "correo@e7link.gob.pe"), "NOMBRE" (with the placeholder "Ingrese nombre"), "APELLIDO" (with the placeholder "Ingrese apellido"), "CONTRASEÑA" (with a masked input "*****"), and "CONFIRMAR CONTRASEÑA" (with a masked input "*****"). There are also two dropdown menus: "ROL" (set to "Administrador") and "CUENTA" (set to "Sede Central"). At the bottom of the modal are two buttons: "Cancelar" and "Guardar Usuario". The background shows a blurred view of the main application interface with a sidebar menu.

ANEXO 4: Interfaz de listado de Alertas Indirectas en e7link_SAT.

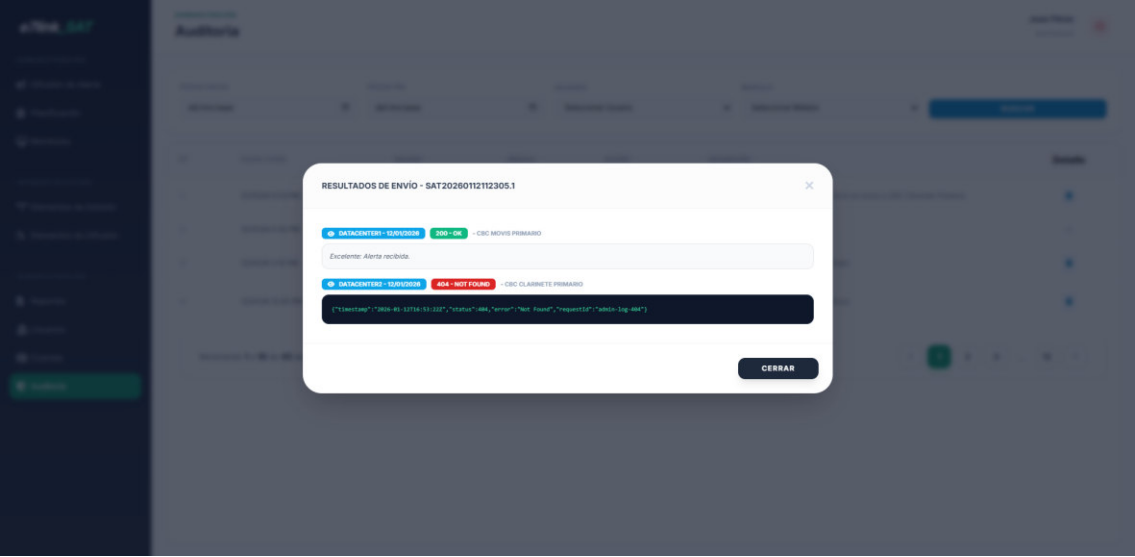
The screenshot displays the "Alertas Externas Indirectas" section of the e7link_SAT application. The interface includes a sidebar menu on the left with options like "Operaciones", "Infraestructura", and "Administración". The main content area has a header "OPERACIONES DE EMERGENCIA" and "Alertas Externas Indirectas". Below the header are three buttons: "Enviar Alerta", "Crear Manualmente", and "Cargar CAP". A search bar labeled "Buscar por identificador..." is also present. The main part of the interface is a table with the following columns: "IDENTIFICADOR", "EMISOR / ORIGEN", "CATEGORIA", "EVENTO", "URGENCIA", "SEVERIDAD", and "VIGENCIA". The table contains two rows of data, both with "Prueba" in the "EVENTO" column. The first row has an identifier "HACW08258723110000005" and a severity of "SEVERA". The second row has an identifier "HACW08258723110000004" and a severity of "SEVERA". At the bottom of the table, it says "Mostrando 1 a 10 de 45 alertas" and there is a pagination control showing "1" as the current page.

IDENTIFICADOR	EMISOR / ORIGEN	CATEGORIA	EVENTO	URGENCIA	SEVERIDAD	VIGENCIA
HACW08258723110000005	senpe.gob.pe	Socio-Organizativo	Prueba	INMEDIATA	SEVERA	Inicio: 2020-07-23 12:30 Fin: 2020-07-23 12:45
HACW08258723110000004	senpe.gob.pe	Socio-Organizativo	Prueba	INMEDIATA	SEVERA	Intervalo aleatorio

ANEXO 5: Interfaz de creación de Alerta dentro de e7link_SAT.



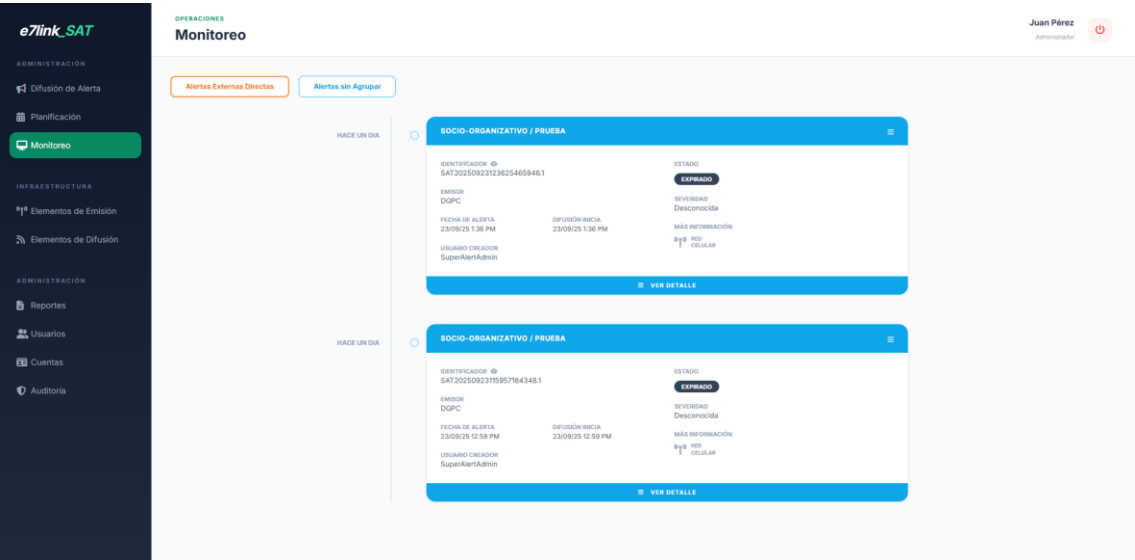
ANEXO 6: Interfaz de visualización de los resultados del envío de alertas dentro de e7link_SAT.



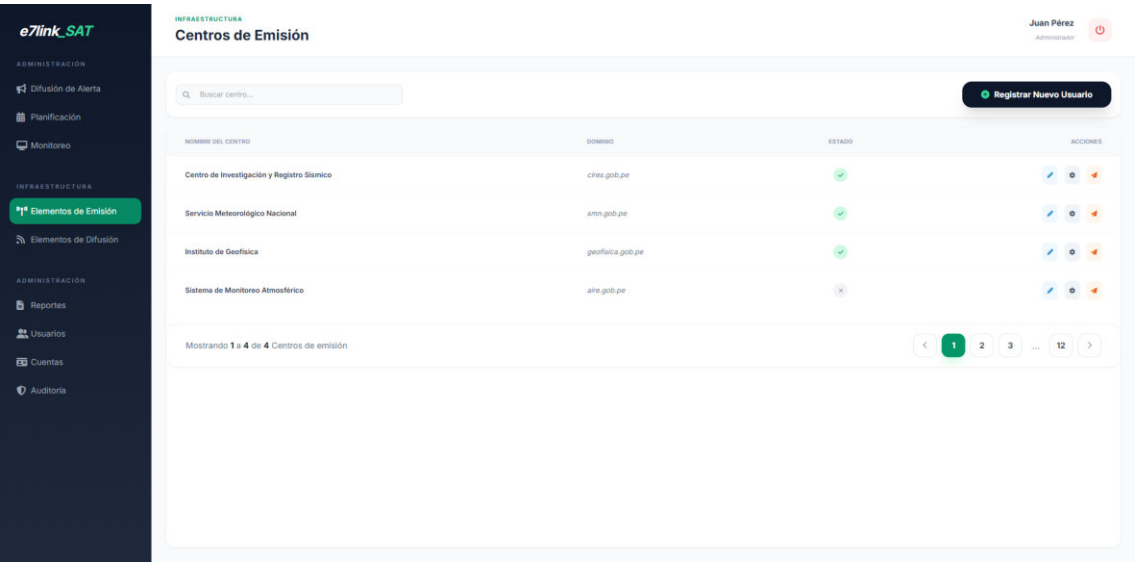
ANEXO 7: Interfaz de visualización del CAP enviado en e7link_SAT.



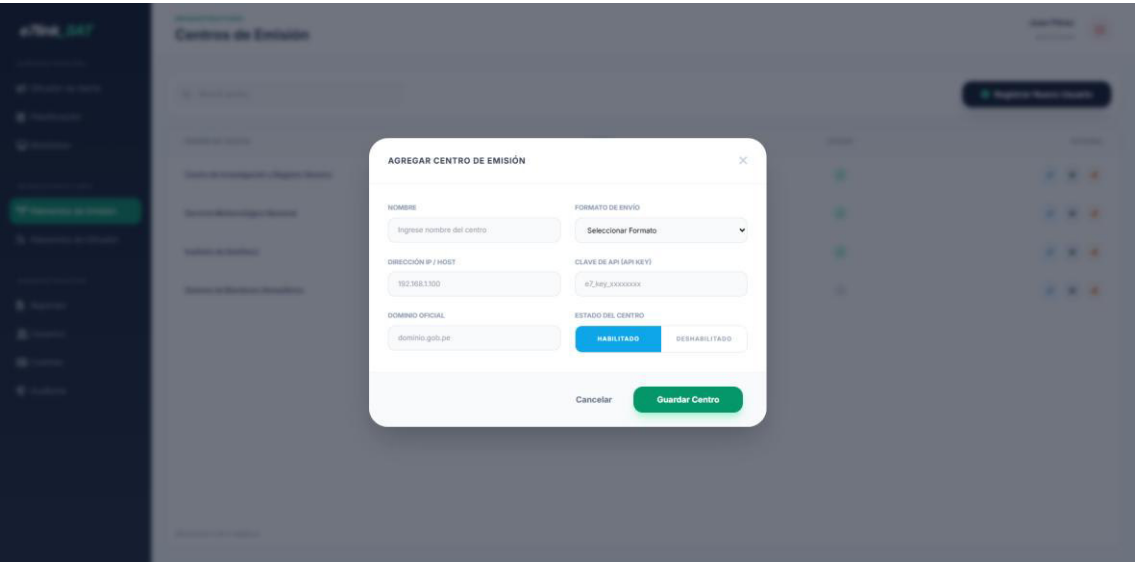
ANEXO 8: Interfaz de Monitoreo de Alertas dentro de e7link_SAT.



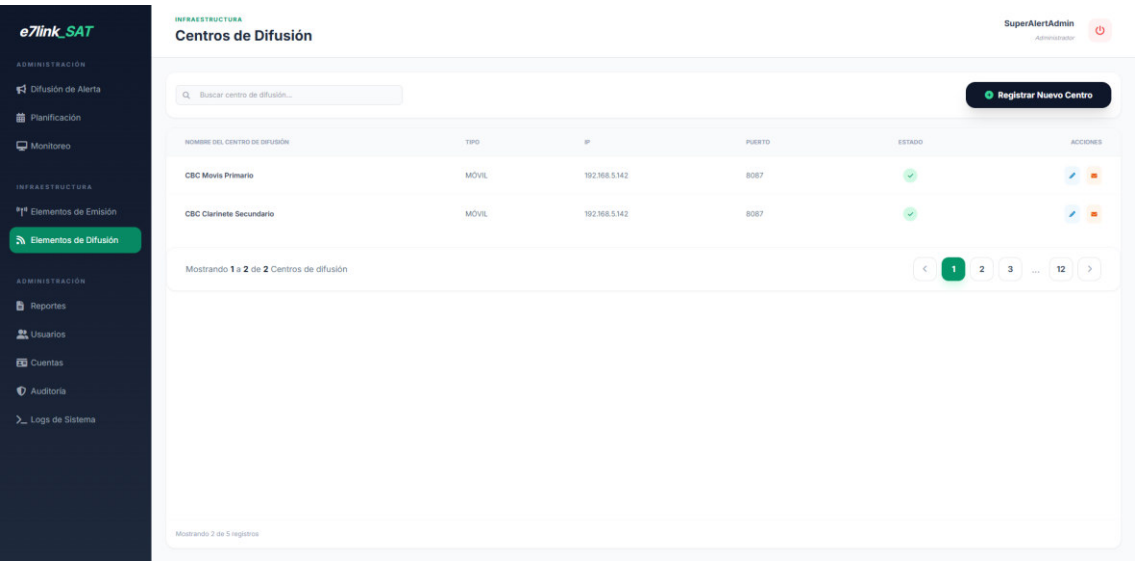
ANEXO 9: Interfaz de Gestión de Entidades Emisoras de Alertas dentro de e7link_SAT.



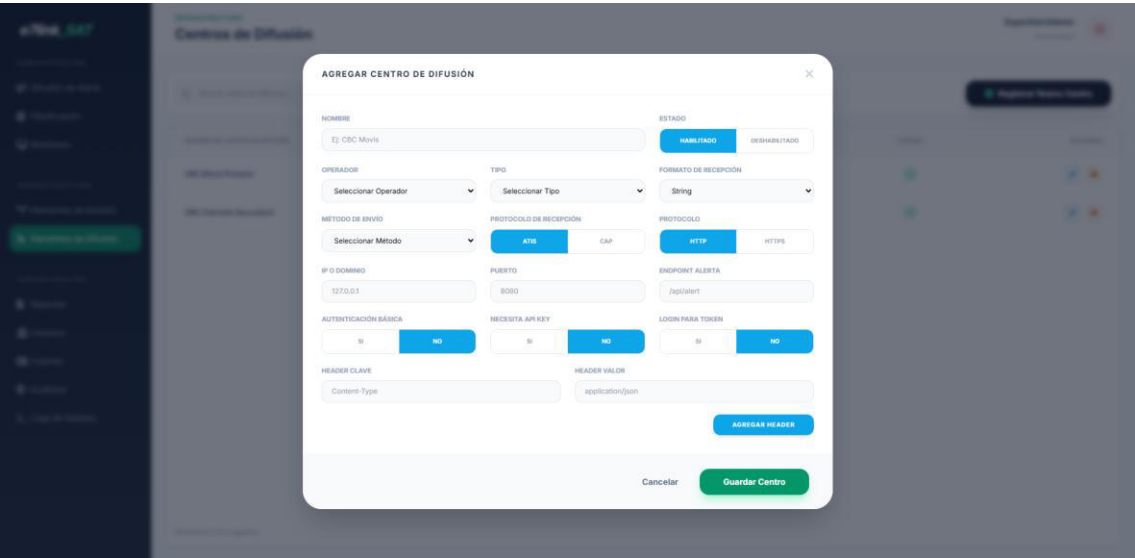
ANEXO 10: Interfaz de registro de Entidad Emisoras de Alertas dentro de e7link_SAT.



ANEXO 11: Interfaz de Gestión de Entidades Difusoras de Alertas (Cell Broadcast Center) dentro de e7link_SAT.



ANEXO 12: Interfaz de registro de Entidad Difusoras de Alertas dentro de e7link_SAT.



ANEXO 13: Interfaz de reportería dentro de e7link_SAT.

e7link_SAT

ADMINISTRACIÓN

Diffusión de Alerta

Planificación

Monitoreo

INFRAESTRUCTURA

Elementos de Emisión

Elementos de Difusión

ADMINISTRACIÓN

Reportes

Usuarios

Cuentas

Auditoría

Log de Sistema

ADMINISTRACIÓN

Reportes

SuperAlertAdmin

v.001.003.008

REPORTES

Alertas

RANGO DE FECHA DE CREACIÓN

dd/mm/aaaa

dd/mm/aaaa

CATEGORÍA

Seleccionar...

EVENTO

Todos

SEVERIDAD

Todas

ESTADO

Seleccionar...

MUNICIPIO

Seleccionar...

Q

Nº

EMISOR

ESTADO ENVÍO

USUARIO

CATEGORÍA

EVENTO

SEVERIDAD

FECHA CREACIÓN

FECHA DIFUSIÓN

1

atra.gob.pe

Portal Web

SuperAlertAdmin

ASTRONÓMICO

Tormenta Magnética

Desconocido

08/04/25 12:45 PM

08/04/25 12:45 PM

2

atra.gob.pe

Industria

Sistema

SOCIO-ORGANIZATIVO

Prueba

SEVERA

07/23/25 7:08 PM

07/23/25 11:30 AM

Mostrando 1 a 2 de 2 Registros de reporte

<

1

2

3

...

12

>

<

1

2

>

ANEXO 14: Interfaz de auditoría dentro de e7link_SAT.

e7link_SAT

ADMINISTRACIÓN

Diffusión de Alerta

Planificación

Monitoreo

INFRAESTRUCTURA

Elementos de Emisión

Elementos de Difusión

ADMINISTRACIÓN

Reportes

Usuarios

Cuentas

Auditoría

ADMINISTRACIÓN

Auditoría

Juan Pérez

Administrador

FECHA INICIO

dd/mm/aaaa

FECHA FIN

dd/mm/aaaa

USUARIO

Seleccionar Usuario

MÓDULO

Seleccionar Módulo

BUSCAR

Nº

FECHA Y HORA

USUARIO

MÓDULO

ACCIÓN

DESCRIPCIÓN

Detalle

1

12/01/26 4:53 PM

Juan Pérez

alertas

enviar

Envío exitoso a CBC Móvil Primario. Error en envío a CBC Clarinete Primario.

2

12/01/26 4:30 PM

Sistema

login

login

Inicio de sesión exitoso

3

12/01/26 3:15 PM

HACOM

usuarios

actualizar

Modificación de permisos de rol operador

4

12/01/26 12:00 PM

Sistema

difusión

enviar

Regularización de Alertas en ADP exitosa

Mostrando 1 a 10 de 45 alertas

<

1

2

3

...

12

>