

Garbellotto, Tomás Ángel

Gazzera, Facundo Pedro

Sistema de gestión de obras y cuadrillas

**Tesis para la obtención del título de
grado de Ingeniero de Sistemas**

Directores:

Porrini, Federico Eduardo

Carreño, Ignacio Luciano

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.



[Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.](#)

Universidad Católica de Córdoba
Facultad de Ingeniería



SISTEMA DE GESTIÓN DE OBRAS Y CUADRILLAS

INFORME FINAL DE GRADO

Profesores:

- Federico Eduardo Porrini
- Ignacio Luciano Carreño

Autores:

- Tomas Angelo Garbellotto (Ingeniería de Sistemas)
- Facundo Pedro Gazzera (Ingeniería de Sistemas)

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
PRESENTACIÓN DEL TEMA.....	7
GLOSARIO.....	8
DIAGNÓSTICO.....	9
Situación actual.....	9
Impacto y oportunidades.....	9
OBJETIVOS.....	10
Objetivo global.....	10
Objetivos específicos.....	10
1. Gestión de mantenimientos correctivos.....	10
2. Gestión de mantenimientos preventivos.....	10
3. Gestión de sucursales y zonas.....	10
4. Gestión de cuadrillas.....	10
5. Gestión de usuarios.....	11
6. Asignación de tareas y planificación de rutas.....	11
7. Visualización geográfica interactiva.....	11
8. Incorporar notificaciones automáticas y mensajería interna.....	11
9. Compatibilidad con múltiples dispositivos.....	11
10. Generación y descarga de reportes administrativos.....	11
MARCO TEÓRICO.....	12
1. Contexto General del Problema.....	12
1.1 Descripción del dominio.....	12
1.2 Procedimientos actuales y problemática.....	12
2. Análisis de Campo.....	14
2.1 Herramientas actualmente utilizadas.....	14
2.2 Relevamiento de necesidades y oportunidad tecnológica.....	15
3. Opciones similares en el mercado.....	17
Análisis comparativo de soluciones existentes.....	17
Reflexión crítica.....	18
4. Tecnologías disponibles y evaluadas.....	19
4.1 Lenguajes y frameworks para desarrollo web.....	19
4.1.1 React.js.....	19
4.1.2 FastAPI.....	20
4.2 Bases de datos y almacenamiento.....	21
4.2.1 PostgreSQL.....	21
4.2.2 Google Cloud Storage.....	21
4.3 Visualización geográfica y mapas.....	22
4.3.1 OpenStreetMap + Leaflet.js.....	22
4.3.2 Google Maps API.....	23

4.4 Autenticación y seguridad.....	23
4.4.1 Firebase Authentication.....	23
4.4.2 Google OAuth 2.0.....	24
4.5 Notificaciones y comunicación.....	24
4.5.1 PyWebPush.....	24
4.6 Integración y automatización.....	24
4.6.1 Git y GitHub.....	24
4.6.2 GitHub Actions.....	24
4.7 Despliegue y hosting.....	25
4.7.1 Docker.....	25
4.7.2 Railway.....	25
4.7.3 Fly.io.....	25
4.7.4 Render.....	25
PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	26
Alcance Funcional.....	26
Funcionalidades incluidas.....	26
• Gestión de usuarios y roles.....	26
• Gestión de obras preventivas y correctivas.....	26
• Administración de cuadrillas.....	26
• Gestión de sucursales.....	26
• Notificaciones inteligentes y alertas.....	27
• Optimización de rutas.....	27
• Mensajería interna contextualizada.....	27
• Evidencia multimedia.....	27
• Reportes e indicadores.....	27
Exclusiones.....	27
Metodología y herramientas de apoyo.....	28
Tecnologías utilizadas.....	29
Frontend.....	29
Backend.....	29
Base de datos.....	29
Autenticación y seguridad.....	30
Integraciones externas.....	30
Almacenamiento de archivos.....	30
Control de versiones y despliegue.....	30
Casos de Uso.....	31
Casos de Uso Identificados.....	32
1. Gestión de Obras.....	32
2. Notificaciones y Alertas.....	33
3. Ubicación y Rutas.....	33
4. Gestión de Usuarios y Roles.....	33
5. Reportes y Análisis.....	33
Historias de Usuario.....	35
Módulo 1 – Gestión de Obras.....	35

Módulo 2 – Notificaciones y Alertas.....	44
Módulo 3 – Ubicación y Rutas.....	47
Módulo 4 – Gestión de Usuarios y Roles.....	49
Módulo 5 – Reportes y Análisis.....	52
Diseño.....	56
Diseño funcional.....	56
Pantallas principales.....	56
Diseño técnico.....	63
Diagramas UML.....	63
Arquitectura del sistema.....	65
Patrones de diseño.....	66
Implementación.....	66
Pruebas.....	69
BENEFICIOS POST-IMPLEMENTACIÓN.....	72
(opcional).....	72
IMPACTO ECONÓMICO (estudio de costos).....	74
Costos de implementación.....	74
Beneficios económicos.....	74
IMPACTO SOCIAL.....	76
Beneficio o impacto positivo general.....	76
Segmentos de la población beneficiados.....	76
Proyección social a futuro.....	76
CONCLUSIÓN.....	77
ANEXOS.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79

RESUMEN

Inversur es una empresa cordobesa que presta servicios de mantenimiento edilicio para distintos clientes corporativos, principalmente entidades financieras, que cuentan con múltiples sucursales distribuidas en la provincia de Córdoba. Su operación depende de cuadrillas móviles que realizan obras correctivas y preventivas en dichas sucursales. La gestión se apoya en hojas de cálculo, formularios dispersos y canales de comunicación independientes, lo que dificulta la trazabilidad de los trabajos, el control operativo y la eficiencia en la asignación de tareas por cliente y sucursal.

Con el objetivo de digitalizar y centralizar la gestión de obras, cuadrillas y comunicaciones, se propuso el desarrollo de una aplicación web basada en una arquitectura cliente-servidor. El sistema permite registrar mantenimientos correctivos y preventivos, asignar mantenimientos a cuadrillas, adjuntar evidencias fotográficas, consultar el historial de obras, visualizar ubicaciones en un mapa, enviar mensajes internos y recibir notificaciones automáticas. Su implementación utiliza React JS en el frontend, FastAPI en el backend y PostgreSQL como base de datos relacional. Durante el desarrollo se aplicó la metodología ágil Scrum con sprints de dos semanas, realizando validaciones periódicas con representantes de Inversur. La interfaz se diseñó para su uso en dispositivos móviles y de escritorio, asegurando accesibilidad tanto para usuarios técnicos como administrativos.

La solución representa un avance significativo respecto del modelo anterior: mejora la organización de las obras, reduce errores, permite la trazabilidad completa de las intervenciones y brinda visibilidad en tiempo real de las tareas programadas y realizadas.

Palabras clave: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, cuadrillas, sistema web, trazabilidad, Inversur.

ABSTRACT

Inversur is a Córdoba-based company that provides building maintenance services to various corporate clients, primarily financial institutions, with multiple branches throughout the province of Córdoba. Its operations rely on mobile teams that perform corrective and preventative maintenance at these branches. Management is based on spreadsheets, scattered forms, and separate communication channels, which hinders work traceability, operational control, and efficient task allocation by client and branch.

To digitalize and centralize the management of works, crews and communications, the development of a web-based application using a client-server architecture was proposed. The system allows users to register corrective and preventive maintenance, assign tasks to crews, upload photographic evidence, query work history, visualize locations on a map, send internal messages and receive automated notifications. It is implemented with React JS on the front end, FastAPI on the back end and PostgreSQL as the relational database. An agile methodology (Scrum) with two-week sprints was adopted, and the interface was optimized for both mobile and desktop devices.

The implemented solution greatly improves the previous model by enhancing organization, reducing errors, providing full traceability of interventions and offering real-time visibility into planned and executed tasks.

Keywords: corrective maintenance, preventive maintenance, crews, web system, traceability, Inversur.

PRESENTACIÓN DEL TEMA

Las entidades financieras y sus clientes exigen un servicio continuo y confiable. Para las sucursales bancarias, el mantenimiento edilicio resulta clave: una avería de aire acondicionado o una fuga de agua puede afectar la experiencia del cliente y hasta obligar a cerrar una oficina. Inversur se dedica desde hace más de cinco años al mantenimiento de sucursales de bancos privados y públicos en la provincia de Córdoba, actuando como proveedor para distintos clientes corporativos que poseen múltiples sucursales. Su modelo de servicio se basa en cuadrillas móviles especializadas que atienden obras correctivas (reparar un ascensor que dejó de funcionar) y preventivas (revisar periódicamente instalaciones para evitar fallas).

El crecimiento en la cantidad de sucursales atendidas y la variedad de tareas a realizar generaron desafíos de coordinación y trazabilidad. Hasta 2024 la empresa gestionaba los trabajos mediante planillas de cálculo, documentos compartidos y correos electrónicos. Esta modalidad generaba redundancia de datos, errores de transcripción, demoras en la asignación de cuadrillas y una falta de visibilidad integral sobre el estado de las obras. La problemática planteada representa una oportunidad de mejora: la digitalización y centralización de los procesos permitirán optimizar el servicio, mejorar la comunicación con el cliente bancario y proporcionar a los directivos de Inversur herramientas de análisis para la toma de decisiones.

En este contexto surge la necesidad de desarrollar un sistema informático que registre y administre las obras en curso y la disponibilidad de las cuadrillas, que consolide la documentación asociada (planillas, fotos, órdenes de trabajo) y que ofrezca un canal de comunicación interno. La propuesta se alinea con las tendencias actuales de la industria, donde los software de gestión de mantenimiento contribuyen a planificar tareas, enviar notificaciones y reducir errores. El presente informe describe la problemática actual, los objetivos planteados, la investigación realizada, la propuesta de solución implementada y los impactos esperados.

GLOSARIO

Término	Definición breve
Mantenimiento preventivo	Conjunto de revisiones y tareas programadas que se realizan sobre equipos e instalaciones para reducir la probabilidad de fallas.
Mantenimiento correctivo	Intervenciones reactivas que se llevan a cabo cuando un componente ya ha fallado; incluyen reparaciones y sustituciones.
Cuadrilla	Equipo de técnicos y operarios que realiza obras de mantenimiento en sucursales bancarias; cada cuadrilla se especializa en distintos rubros.
Trazabilidad operativa	Capacidad de registrar, consultar y seguir el historial de intervenciones, asignaciones y movimientos de cuadrillas en cada obra. Es esencial para la gestión eficiente.
Asignación de obra	Proceso mediante el cual el área operativa de Inversur designa una cuadrilla específica a una tarea en una sucursal, con fecha y descripción definidas.
Geolocalización de cuadrilla	Localización en tiempo real de la cuadrilla operativa, determinada a partir del GPS del dispositivo móvil que utilizan para interactuar con el sistema.
Sucursal	Punto físico perteneciente a un cliente donde Inversur presta servicios (por ejemplo, una sucursal bancaria específica). Cada sucursal está asociada a un cliente, posee ubicación geográfica y puede tener uno o más mantenimientos correctivos y preventivos a lo largo del tiempo.

DIAGNÓSTICO

Situación actual

Inversur gestiona en promedio unas 40 sucursales bancarias distribuidas en distintas localidades de la provincia de Córdoba. Cada sucursal requiere obras correctivas ante fallas imprevistas (por ejemplo, reemplazar una puerta dañada o reparar un aire acondicionado) y obras preventivas planificadas para mantener en condiciones instalaciones eléctricas, sanitarias, de climatización y de seguridad. La empresa cuenta con varias cuadrillas de trabajadores especializados (albañilería, electricidad, gas, plomería, pintura, etc.) que se desplazan diariamente a las sucursales según la planificación.

El modelo de gestión actual presenta los siguientes inconvenientes:

- **Fragmentación de la información:** Las solicitudes se reciben por teléfono o correo electrónico y se registran manualmente en hojas de cálculo, sin un único repositorio consolidado.
- **Falta de trazabilidad:** No existe un historial centralizado de obras realizadas. La consulta del estado de una obra implica revisar múltiples documentos.
- **Asignación ineficiente de cuadrillas:** La disponibilidad de cada equipo se gestiona en planillas distintas; al no contar con un calendario unificado se producían retrasos o reprogramaciones.
- **Poca visibilidad para la dirección:** La gerencia no puede conocer en tiempo real qué obras están en curso, cuánto tiempo insumen o qué recursos utilizan.
- **Ausencia de notificaciones automáticas:** Las cuadrillas no reciben avisos en sus dispositivos; dependen de llamadas o mensajes manuales, lo que provoca pérdidas de información.

Impacto y oportunidades

La fragmentación de datos genera errores de transcripción y omisiones que pueden comprometer la continuidad operativa de las sucursales bancarias. Además, el seguimiento manual exige una gran carga administrativa y no permite predecir carga de trabajo futura ni medir el desempeño de las cuadrillas.

La oportunidad identificada radica en la implementación de un sistema centralizado que integre todos los procesos: registro de obras, asignación de cuadrillas, documentación fotográfica y comunicación interna. Un software especializado de gestión de mantenimiento permite planificar tareas preventivas, automatizar la generación de órdenes de trabajo, establecer alertas y visualizar avances en tiempo real. Esta digitalización reducirá tiempos administrativos, incrementará la eficiencia operativa y mejorará la satisfacción del cliente.

bancario, permitiendo además analizar la carga de trabajo y los niveles de servicio por cliente y por sucursal asociada.

OBJETIVOS

Objetivo global

Desarrollar e implementar un sistema informático integral que permita a Inversur gestionar de manera centralizada las obras de mantenimiento correctivo y preventivo para sus clientes corporativos y sus sucursales bancarias, optimizando la asignación de cuadrillas, garantizando la trazabilidad de las intervenciones, y mejorando la comunicación interna entre los actores operativos y administrativos, así como con el cliente final.

El objetivo busca no solo digitalizar procesos existentes, sino también mejorar la eficiencia operativa general mediante herramientas tecnológicas alineadas con las necesidades específicas del dominio.

Objetivos específicos

1. Gestión de mantenimientos correctivos

Desarrollar un módulo que permita registrar y consultar las tareas correctivas realizadas en sucursales ante fallas o urgencias imprevistas. Cada mantenimiento podrá incluir la descripción del incidente, su prioridad, fechas de apertura y cierre, estado de avance, rubro involucrado (pisos, electricidad, etc.), archivos adjuntos (fotos, planillas) y mensajes internos. Este módulo debe permitir un seguimiento preciso de cada intervención y facilitar la comunicación entre encargados y cuadrillas.

2. Gestión de mantenimientos preventivos

Crear un módulo específico para tareas de mantenimiento preventivo, permitiendo registrar mantenimientos programados según una frecuencia establecida (mensual, trimestral, etc.). Cada mantenimiento podrá incluir la frecuencia, fechas de apertura y cierre, archivos adjuntos (fotos, planillas) y mensajes internos. Este módulo permitirá tener un control más ordenado y predecible sobre los trabajos periódicos de mantenimiento.

3. Gestión de clientes, sucursales y zonas

Incorporar un apartado para registrar y administrar los clientes atendidos por Inversur, especificando datos como nombre, datos de contacto y mail. A su vez, registrar y vincular las sucursales asociadas a cada cliente, incluyendo dirección y tamaño de infraestructura.

Además, se podrán crear zonas para agrupar sucursales por región o localidad, lo que facilitará la asignación de encargados zonales y la planificación logística del equipo. Cada sucursal podrá indicar si posee mantenimiento preventivo activo y con qué frecuencia. La definición explícita de clientes, sucursales y zonas facilitará la

planificación logística, la asignación de encargados zonales y el análisis operativo por cliente.

4. Gestión de cuadrillas

Desarrollar un módulo que permita registrar y administrar las cuadrillas de trabajo, incluyendo información como su nombre, zona de trabajo y email de la empresa. Cada cuadrilla podrá visualizar sus tareas asignadas, agregar mantenimiento a su ruta de trabajo, cargar fotos y planillas, mandar mensajes y marcar el avance de cada trabajo desde su dispositivo móvil.

5. Gestión de usuarios

Implementar un sistema que permita registrar y administrar distintos perfiles de usuario (administradores, encargados), asignando permisos específicos según su rol. Cada usuario accederá solo a las funcionalidades correspondientes, garantizando seguridad y control sobre la información.

6. Asignación de tareas y planificación de rutas

Las cuadrillas visualizarán exclusivamente sus tareas asignadas, con posibilidad de agregar una tarea a la ruta de trabajo e iniciar la navegación hacia sus obras directamente desde el mapa y generar rutas óptimas para cubrir múltiples obras según la ubicación geográfica, utilizando los servicios de geolocalización del dispositivo.

7. Visualización geográfica interactiva

Integrar un mapa interactivo el cual le permita al administrador visualizar en tiempo real las sucursales, cuadrillas activas y sus rutas para ver las tareas en curso que tienen asignadas.

8. Incorporar notificaciones automáticas y mensajería interna

Facilitar la comunicación entre los actores del sistema mediante la incorporación de notificaciones push (para alertas importantes), notificaciones in-app (para registrar avisos y alertas) y un sistema de chat contextualizado en cada obra. Se espera con esto reducir la dependencia de canales externos como WhatsApp, integrando la comunicación al flujo de trabajo digital.

9. Compatibilidad con múltiples dispositivos

Diseñar una interfaz web responsive y adaptable que funcione de manera eficiente en computadoras de escritorio, notebooks, tablets y smartphones. Esta compatibilidad garantizará una experiencia fluida para cuadrillas en campo y administradores en oficina, sin importar el dispositivo utilizado.

10. Generación y descarga de estadísticas

Incorporar una funcionalidad exclusiva para usuarios con perfil administrativo que permita generar y descargar estadísticas consolidadas sobre la operación del sistema. Estas estadísticas incluirán datos históricos sobre mantenimientos realizados, tiempos de resolución, distribución por zonas y actividad de cuadrillas.

MARCO TEÓRICO

1. Contexto General del Problema

1.1 Descripción del dominio

El presente proyecto se enmarca dentro del ámbito de la gestión de mantenimiento asistido por computadora (CMMS, por sus siglas en inglés) y los sistemas de gestión de servicios en campo (FSM, Field Service Management). Ambas áreas forman parte del ecosistema de soluciones tecnológicas destinadas a optimizar la planificación, ejecución y seguimiento de tareas de mantenimiento en organizaciones que operan con activos físicos distribuidos o cuadrillas móviles.

Los sistemas CMMS surgen como respuesta a la necesidad de reemplazar métodos manuales (planillas, formularios o registros en papel) por herramientas digitales que permitan centralizar información, programar mantenimientos preventivos, registrar fallas y controlar inventarios. Estas plataformas son ampliamente utilizadas en industrias como la manufactura, la energía, la infraestructura pública y el mantenimiento edilicio.

Por su parte, los sistemas FSM (Field Service Management) se enfocan en la coordinación de personal técnico en campo, permitiendo gestionar cuadrillas móviles, asignar tareas, optimizar rutas, registrar tiempos de trabajo y recolectar evidencias desde dispositivos móviles. Estas soluciones integran funcionalidades de geolocalización, comunicación en tiempo real, y trazabilidad de intervenciones, lo que mejora la eficiencia operativa y la calidad del servicio.

Dentro del contexto latinoamericano, la adopción de sistemas CMMS y FSM enfrenta desafíos particulares: limitaciones presupuestarias, resistencia al cambio organizacional, conectividad desigual y falta de integración con sistemas administrativos existentes. Por ello, muchas empresas medianas optan por soluciones híbridas o desarrollos propios que se adapten a sus procesos internos, evitando depender de licencias costosas o de herramientas sobredimensionadas.

En síntesis, el dominio de estudio combina aspectos tecnológicos y operativos vinculados a la digitalización del mantenimiento preventivo y correctivo, la gestión de activos distribuidos, y la coordinación de cuadrillas técnicas. El proyecto se posiciona en esta intersección, abordando la problemática desde una perspectiva práctica, pero sustentada en los fundamentos teóricos del mantenimiento computarizado y la gestión de servicios en campo.

1.2 Procedimientos actuales y problemática

La gestión operativa de Inversur se apoya en herramientas dispersas como App Sheet, hojas de cálculo, grupos de mensajería (WhatsApp), formularios físicos y documentos no integrados digitalmente. Este enfoque, aunque accesible y flexible en etapas iniciales, conlleva una serie de riesgos operativos y limitaciones estructurales:

- **Falta de trazabilidad:** la información se dispersa en múltiples documentos, lo que dificulta conocer el historial de intervenciones, repuestos utilizados o responsables de cada tarea.
- **Error de transcripción y duplicación de datos:** el ingreso manual de información incrementa las posibilidades de inconsistencias y pérdidas de registro.
- **Dificultad en la planificación preventiva:** los mantenimientos se ejecutan de manera reactiva ante fallas, en lugar de programarse de forma sistemática.
- **Escasa visibilidad para la toma de decisiones:** sin métricas consolidadas, las empresas carecen de indicadores claros de desempeño, costos y tiempos de resolución.
- **Ausencia de automatización:** la comunicación entre operarios y responsables suele ser manual (llamadas, mensajes), lo que retrasa la asignación y el seguimiento de tareas.

[illegible]

Figura 1. Planilla en Excel empleada para la gestión de obras.

2. Análisis de Campo

Durante la etapa inicial del proyecto se realizaron entrevistas informales y sesiones de prueba junto a los directores y encargados operativos de Inversur, con el fin de comprender en profundidad el funcionamiento actual de la empresa y sus principales desafíos tecnológicos.

Uno de los directores destacó que Inversur ha evolucionado en los últimos años, pasando de ser una empresa especializada exclusivamente en mantenimiento y obras, a convertirse en un proveedor de servicios integrales que también abarca áreas como gráfica y logística. A pesar de esta diversificación, el modelo operativo se mantiene similar en todas las unidades: cuadrillas móviles que se trasladan con vehículos propios, herramientas y materiales, ejecutan tareas en distintas localidades de la provincia de Córdoba según lo soliciten los clientes.

2.1 Herramientas actualmente utilizadas

En el plano administrativo y financiero, Inversur utiliza actualmente **Dolibarr**, un sistema ERP de código abierto que permite registrar facturación, presupuestos, cuentas bancarias y stock. No obstante, presenta limitaciones en el tratamiento impositivo (por ejemplo, no calcula automáticamente el IVA o ingresos brutos), lo que obliga a realizar ciertas operaciones de forma manual. Si bien Dolibarr no está vinculado directamente con la gestión operativa de cuadrillas y obras, su uso evidencia que distintos procesos de la empresa dependen de herramientas separadas, sin una integración generalizada, lo cual condiciona la trazabilidad de la información y la eficiencia global de las operaciones.

Para la coordinación operativa de tareas en campo, se utiliza una solución desarrollada con **AppSheet**, mediante la cual los encargados asignan tareas a las cuadrillas y reciben reportes con formularios y fotografías. Si bien esta herramienta permitió una primera digitalización de procesos, los responsables de Inversur señalaron múltiples limitaciones que dificultan su escalabilidad:

- Restricciones en el almacenamiento y gestión de imágenes.
- Ausencia de seguimiento en tiempo real de la ubicación de cuadrillas.
- Falta de un sistema de notificaciones automáticas.
- Inexistencia de una mensajería interna contextualizada a cada tarea.
- Imposibilidad de generar rutas optimizadas para organizar los recorridos diarios.

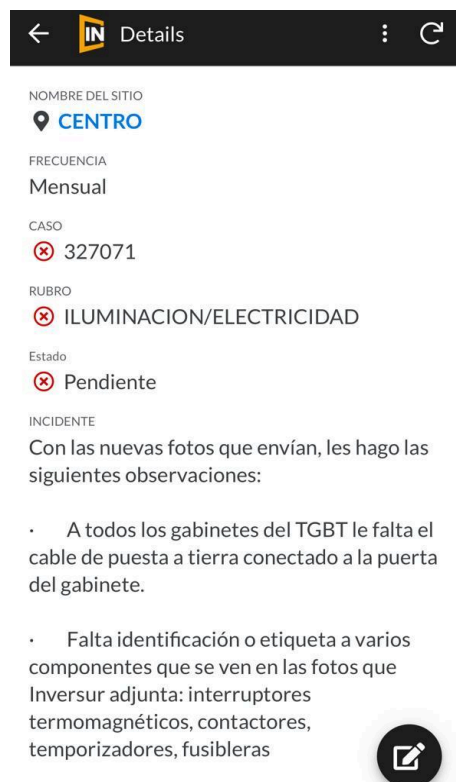


Figura 2. Captura del App Sheet actual utilizada por Inversur.

2.2 Relevamiento de necesidades y oportunidad tecnológica

A partir de entrevistas con los responsables operativos y administrativos de Inversur, se identificaron diversas necesidades no resueltas por las herramientas actualmente en uso. Estas limitaciones afectan directamente la eficiencia, trazabilidad y escalabilidad del modelo operativo. Entre las necesidades más relevantes, se destacan:

- Visualización en mapa de cuadrillas activas y obras asignadas.
- Registro inmediato de evidencias, como fotografías, planillas y mensajes, directamente desde el sitio de trabajo.
- Notificaciones automáticas ante nuevas asignaciones, cambios de estado o recordatorios.
- Interfaz adaptable y responsiva, apta tanto para dispositivos móviles como para equipos de escritorio.
- Filtros dinámicos para facilitar la búsqueda de tareas según sucursal, cuadrilla, estado o zona.

Además, surgió la oportunidad de avanzar hacia una solución más robusta, capaz de incorporar funcionalidades avanzadas como:

- Seguimiento por GPS mediante los dispositivos móviles utilizados por las cuadrillas, permitiendo conocer su ubicación en tiempo real.
- Sistema de navegación integrado que permita generar rutas óptimas y activar indicaciones directamente desde la interfaz de la aplicación.
- Notificaciones inteligentes que ayuden a priorizar tareas, detectar asignaciones cercanas o evitar duplicidades geográficas.

Si bien estas necesidades surgen del análisis del funcionamiento interno de Inversur, también reflejan patrones comunes en otras industrias que gestionan operaciones distribuidas con personal móvil. Por ello, este tipo de solución podría, eventualmente, escalar y adaptarse a empresas de rubros afines como seguridad, servicios técnicos o logística urbana.

Las observaciones realizadas en esta etapa inicial sirvieron como base para delimitar los requerimientos funcionales del sistema, y han orientado la validación de cada funcionalidad incorporada durante las sucesivas iteraciones del desarrollo.

3. Opciones similares en el mercado

Análisis comparativo de soluciones existentes

Actualmente, el mercado ofrece una gran variedad de herramientas destinadas a la gestión de proyectos de construcción, muchas de ellas diseñadas para obras de mediana o gran escala, con enfoques en planificación, presupuestos, calidad y prevención de riesgos. Algunas de las más reconocidas incluyen:

Software	Funcionalidades destacadas	Limitaciones para Inversur
Foco en Obra	Plataforma 100% web, firma electrónica, control de costos, APP móvil, módulos de calidad y productividad	Curva de aprendizaje media; exceso de funciones para obras menores; costos asociados
Procore	Gestión de proyectos, finanzas, seguridad, productividad, integración con apps externas	Alto costo; curva de aprendizaje elevada
ProyecPro	ERP completo para presupuestar, planificar y ejecutar obras con consultoría personalizada	Enfocado en planificación general; no adaptado a mantenimiento correctivo
DataObra	Multiempresa, multimonedas, gestión de obras, informes, certificados y Gantt	Demasiado orientado a constructoras; no centrado en cuadrillas móviles
Presto Cype	Gestión BIM, control económico, planificación, certificaciones	Foco en proyectos de arquitectura e ingeniería; no integran comunicación ni ubicación geográfica
BrickControl	SaaS con control de proyectos, certificaciones, integración con herramientas externas	Enfocado en obra civil; poco flexible para personal técnico en campo
Planhopper	Medición y presupuestación de obras, precios online, banco de precios personalizado	No contempla funcionalidades operativas ni comunicación

NetSuite ERP	Gestión de recursos, inventarios y costos en tiempo real, integraciones robustas	No es específico del rubro; demasiado amplio para un caso como Inversur
Salesforce Field Service	Plataforma FSM líder en el mercado; ofrece planificación inteligente de cuadrillas, geolocalización en tiempo real, app móvil, gestión de órdenes de trabajo y analítica avanzada.	Altos costos de licenciamiento y complejidad de integración con sistemas existentes como Dolibarr. Requiere personal especializado para su implementación.
UpKeep	Aplicación móvil para mantenimiento preventivo y correctivo; registro de activos, órdenes de trabajo, fotografías y reportes.	Menor capacidad de personalización e integración con plataformas externas.

Reflexión crítica

Si bien muchas de estas plataformas ofrecen soluciones integrales para constructoras o desarrolladoras inmobiliarias con funcionalidades avanzadas como geolocalización en tiempo real, registro fotográfico, app móvil, notificaciones automáticas y análisis de desempeño, su aplicación en entornos de mantenimiento preventivo y correctivo como el de Inversur resulta desproporcionada en complejidad y costo.

El desarrollo de una herramienta propia no surge por ausencia de características técnicas en las soluciones existentes, sino por factores como:

- **Costo monetario:** la mayoría de las herramientas FSM/CMMS poseen modelos de licenciamiento en dólares, con tarifas elevadas por usuario activo.
- **Dificultad de integración:** Inversur ya utiliza sistemas administrativos como Dolibarr, por lo que integrar plataformas externas de gran porte implicaría un esfuerzo considerable de personalización y mantenimiento.
- **Sobredimensionamiento funcional (overkill):** muchas de estas soluciones están diseñadas para corporaciones de gran tamaño, ofreciendo módulos innecesarios para una empresa de mantenimiento de alcance provincial.

4. Tecnologías disponibles y evaluadas

Durante la fase exploratoria del proyecto se realizó una investigación amplia de tecnologías que podrían resultar útiles para abordar la problemática planteada. Esta investigación técnica incluyó herramientas de frontend y backend, sistemas de bases de datos, servicios de autenticación, librerías para mapas y visualización geográfica, sistemas de control de versiones y plataformas de despliegue.

El objetivo de esta sección es presentar aquellas tecnologías evaluadas en función de su aplicabilidad potencial al desarrollo de un sistema de gestión para tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, con cuadrillas móviles operando en diferentes localidades.

4.1 Lenguajes y frameworks para desarrollo web

4.1.1 React.js

Descripción: biblioteca de JavaScript utilizada para construir interfaces de usuario interactivas, basadas en el concepto de componentes reutilizables.

Aplicabilidad al proyecto:

React podría resultar especialmente útil en proyectos que requieren interfaces modernas, responsivas y adaptables a múltiples dispositivos (smartphones, tablets, computadoras). En contextos como el de Inversur, donde los operarios acceden al sistema desde el campo, el uso de una aplicación desarrollada con React permitiría una experiencia fluida sin recarga constante de páginas, reduciendo los tiempos de interacción incluso en zonas con conectividad limitada.

Comparación con alternativas:

Durante la evaluación inicial se consideraron otros frameworks modernos para el desarrollo del frontend, como Angular y Vue.js. Angular, desarrollado por Google, ofrece una arquitectura más estructurada y completa, ideal para proyectos de gran escala, pero presenta una curva de aprendizaje más elevada y mayor complejidad en la configuración. Por otro lado, Vue.js destaca por su simplicidad y facilidad de integración, aunque su comunidad es más pequeña y cuenta con menos recursos de soporte que React.

Elección de React:

Se optó por React debido a su equilibrio entre flexibilidad, rendimiento y ecosistema maduro. Su enfoque basado en componentes facilita la reutilización de código, el desarrollo ágil y la compatibilidad con múltiples librerías de interfaz como React Router y React Bootstrap, garantizando además una experiencia fluida para los usuarios en campo.

Ventajas:

- Gran comunidad de soporte y ecosistema maduro.
- Modularidad para reutilización de componentes.

- Compatibilidad con librerías como React Router y React Bootstrap.
- Facilita el diseño responsivo.

Desventajas:

- Requiere conocimientos sólidos de JavaScript moderno.
- Mayor complejidad al escalar la arquitectura si no se planifica adecuadamente.

4.1.2 FastAPI

Descripción: framework moderno para el desarrollo de APIs en Python. Se destaca por su velocidad de ejecución y validación automática de datos.

Aplicabilidad al proyecto:

Sería adecuado para construir un backend RESTful que brinde servicios a clientes frontend como React. En un sistema donde múltiples actores (operarios, encargados, administradores) interactúan con distintos datos simultáneamente, la existencia de una API bien estructurada y rápida sería fundamental.

Comparación con alternativas:

Para el backend se analizaron opciones como Express.js (Node.js), Django y Flask (ambos en Python). Express.js ofrece gran flexibilidad y una comunidad muy amplia, pero demanda mayor esfuerzo para estructurar proyectos grandes. Django provee una arquitectura robusta y completa, aunque puede resultar demasiado pesada para una API liviana. Flask, en cambio, es más simple y minimalista, pero carece de características avanzadas que sí incorpora FastAPI, como la validación automática de datos y documentación integrada.

Elección de FastAPI:

Se eligió FastAPI por su excelente rendimiento, tipado fuerte, integración con Pydantic para validación de datos y generación automática de documentación con OpenAPI, lo que favorece el mantenimiento y escalabilidad del sistema.

Ventajas:

- Autogeneración de documentación (OpenAPI).
- Alta velocidad de respuesta.
- Validación estricta de datos con Pydantic.
- Compatible con programación asíncrona.

Desventajas:

- Comunidad aún en crecimiento respecto de otros frameworks más establecidos.
- Exige un conocimiento más profundo de tipado en Python.

4.2 Bases de datos y almacenamiento

4.2.1 PostgreSQL

Descripción: sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto, ampliamente adoptado en entornos empresariales.

Aplicabilidad al proyecto:

Dado que el sistema requiere almacenar datos complejos y relacionados entre sí (obras, cuadrillas, usuarios, reportes, fotos, planillas, mensajes), una base relacional robusta como PostgreSQL garantizaría integridad, seguridad y eficiencia en las consultas.

Comparación con alternativas:

Durante la fase de diseño se evaluaron otras opciones, como MySQL y MongoDB. MySQL es también una base de datos relacional madura y eficiente, pero presenta menor compatibilidad con operaciones geoespaciales y JSON avanzadas, necesarias en este proyecto. MongoDB, al ser una base NoSQL, ofrece mayor flexibilidad de esquema, aunque sacrifica integridad referencial y consistencia transaccional, esenciales para la gestión de obras, cuadrillas y usuarios.

Elección de PostgreSQL:

Se seleccionó PostgreSQL por su robustez, cumplimiento estricto de ACID, soporte para tipos de datos complejos y consultas geográficas, y su excelente integración con entornos Python mediante librerías como SQLAlchemy.

Ventajas:

- Soporte completo para SQL y funciones avanzadas.
- Integridad referencial.

Desventajas:

- Mayor complejidad en la configuración inicial y administración que bases no relacionales.
- Requiere definir un esquema rígido, poco flexible ante cambios constantes si no se diseña bien.

4.2.2 Google Cloud Storage

Descripción: servicio de almacenamiento de objetos que permite guardar archivos no estructurados, como imágenes, PDFs, videos y documentos.

Aplicabilidad al proyecto:

Dado que las cuadrillas suelen registrar sus trabajos mediante fotos, planillas o formularios escaneados, sería necesaria una solución de almacenamiento externa escalable y de fácil acceso. Esta herramienta también podría vincularse con los servicios de autenticación para definir permisos por usuario o cuadrilla.

Ventajas:

- Escalabilidad casi ilimitada.
- Integración nativa con Firebase.
- Seguridad configurable.

Desventajas:

- Requiere configurar buckets, permisos y políticas de acceso.
- Costos asociados al tráfico de salida y almacenamiento a largo plazo.

4.3 Visualización geográfica y mapas

4.3.1 OpenStreetMap + Leaflet.js

Descripción: proyecto colaborativo que ofrece mapas libres, acompañado por librerías como Leaflet.js para visualización en aplicaciones web.

Aplicabilidad al proyecto:

En entornos de trabajo distribuidos como el de Inversur, disponer de un mapa interactivo permitiría visualizar en tiempo real las obras en curso y las cuadrillas en movimiento, facilitando la planificación y asignación de rutas. Leaflet.js puede integrarse fácilmente a frontend React para este fin.

Ventajas:

- Sin costos de uso.
- Altamente personalizable.
- No depende de licencias comerciales.

Desventajas:

- Estética menos refinada que Google Maps.
- Requiere una configuración manual más extensa.

4.3.2 Google Maps API

Descripción: conjunto de servicios que permiten integrar mapas interactivos, geolocalización, rutas y datos geográficos en aplicaciones web y móviles.

Aplicabilidad al proyecto:

Podría ser útil para geocodificar direcciones de sucursales, planificar rutas para cuadrillas o mostrar puntos de interés cercanos. Sin embargo, su uso requiere controlar muy bien los costos y las cuotas de uso gratuitas, ya que cualquier exceso genera cargos automáticos.

Ventajas:

- Precisión y estética profesional.
- Amplia documentación.
- APIs complementarias (Places, Routes, Geocoding).

Desventajas:

- Restricciones estrictas en uso gratuito.
- Necesidad de configurar claves, billing y monitoreo.
- Dependencia de un proveedor privado.

4.4 Autenticación y seguridad

4.4.1 Firebase Authentication

Descripción: sistema de autenticación proporcionado por Google, que permite registrar y autenticar usuarios mediante múltiples métodos (correo, redes sociales, etc).

Aplicabilidad al proyecto:

La autenticación con Firebase podría facilitar el acceso seguro al sistema por parte de cuadrillas, encargados y administradores. Además, su integración con otros servicios como Firestore o Cloud Storage facilitaría la configuración de permisos para lectura/escritura de archivos.

Ventajas:

- Alta seguridad y facilidad de implementación.

- Login con Google, Facebook o email.
- Generación automática de tokens.

Desventajas:

- Complejidad para customizar comportamientos avanzados.
- Integración no trivial con backends externos.

4.4.2 Google OAuth 2.0

Descripción: protocolo de autorización que permite a las aplicaciones obtener acceso limitado a cuentas de usuario, sin necesidad de almacenar contraseñas.

Aplicabilidad al proyecto:

Una integración con Google OAuth podría habilitar el acceso a la aplicación usando cuentas corporativas, simplificando el login para los usuarios. También puede utilizarse para verificar identidad y generar tokens temporales válidos.

4.5 Notificaciones y comunicación**4.5.1 PyWebPush**

Descripción: librería de Python que permite enviar notificaciones push desde el backend hacia navegadores compatibles o dispositivos móviles.

Aplicabilidad al proyecto:

Para el envío de alertas automáticas sobre nuevas asignaciones, cambios de estado o recordatorios a operarios en campo, una solución como PyWebPush podría integrarse fácilmente con FastAPI y mejorar el flujo de trabajo.

4.6 Integración y automatización**4.6.1 Git y GitHub**

Descripción: herramientas de control de versiones para gestionar cambios colaborativos en el código fuente, con posibilidad de ramas, historial y revisiones.

Aplicabilidad al proyecto:

Git permitiría organizar el desarrollo por módulos, manejar versiones estables y experimentales, y mantener la trazabilidad de cambios. GitHub podría complementar esta dinámica con pull requests y acciones automatizadas.

4.6.2 GitHub Actions

Descripción: sistema de integración continua y automatización de flujos dentro de repositorios GitHub.

Aplicabilidad al proyecto:

Ideal para automatizar tests, construcción de imágenes Docker, generación de documentación o despliegues automáticos tras confirmaciones.

4.7 Despliegue y hosting

4.7.1 Docker

Descripción: tecnología de contenerización que permite empaquetar aplicaciones y servicios con sus dependencias, asegurando su correcto funcionamiento en cualquier entorno.

Aplicabilidad al proyecto:

La contenerización de backend y servicios auxiliares permitiría realizar pruebas locales consistentes, facilitar la migración entre entornos (dev/staging/prod) y desplegar servicios de mapas personalizados, como un renderizado de rutas sobre mapas de Córdoba.

4.7.2 Railway

Descripción: plataforma de hosting para servicios web y bases de datos, con opción gratuita para proyectos pequeños.

Aplicabilidad al proyecto:

Podría utilizarse para hostear APIs backend o bases PostgreSQL, sin incurrir en costos y con despliegue desde repositorios Git.

4.7.3 Fly.io

Descripción: plataforma para desplegar contenedores de Docker distribuidos globalmente, optimizando la latencia.

Aplicabilidad al proyecto:

Sería adecuada para publicar módulos del sistema como el mapa interactivo, garantizando tiempos de carga bajos incluso desde zonas rurales.

4.7.4 Render

Descripción: alternativa a Fly.io para desplegar contenedores, aplicaciones web o servicios backend.

Aplicabilidad al proyecto:

Podría utilizarse para desplegar servicios de visualización como mapas o microservicios satelitales.

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Alcance Funcional

El sistema propuesto abarcará un conjunto de funcionalidades orientadas a la gestión integral de obras de mantenimiento edilicio, con el objetivo de optimizar la planificación, ejecución, seguimiento y análisis de las tareas.

La solución se implementará como una **plataforma web responsiva**, accesible desde computadoras y dispositivos móviles, con autenticación segura y control de acceso basado en roles y permisos diferenciados.

Funcionalidades incluidas

- **Gestión de usuarios y roles**
 - Alta, modificación y baja de usuarios con roles diferenciados (administrador, encargado de mantenimiento, cuadrilla).
 - Asignación de permisos y control de acceso a funcionalidades según el rol.
- **Gestión de obras preventivas y correctivas**
 - Creación, edición y eliminación de obras, registrando datos clave como cliente, sucursal, cuadrilla, ubicación, fechas de apertura y cierre, tipo de obra, estado, prioridad y observaciones.
 - Filtrado de obras por criterios como cliente, sucursal, zona, rubro, estado y prioridad, permitiendo analizar la carga de trabajo y el cumplimiento de tareas por cliente.
 - Seguimiento del estado de las obras hasta su finalización.
 - En el caso de los mantenimientos preventivos, el sistema permitirá registrar la frecuencia (mensual, trimestral, anual, etc.) y validará que no existan dos preventivos para la misma sucursal que se superpongan en la misma frecuencia, dándole un uso concreto a este dato.
- **Administración de cuadrillas**
 - Alta, modificación y baja de cuadrillas, con datos de identificación y zona de cobertura.
 - Monitoreo en tiempo real de la ubicación de las cuadrillas mediante geolocalización.

- **Gestión de clientes y sucursales**
 - Creación, edición y eliminación de clientes con sus datos de identificación (nombre, contacto, mail, responsable) y de las sucursales asociadas a cada cliente, con sus datos de identificación y ubicación.
- **Notificaciones inteligentes y alertas**
 - Emisión de alertas por alta prioridad y proximidad de ruta a obras pendientes.
- **Optimización de rutas**
 - Visualización de rutas óptimas para la ejecución de obras asignadas, minimizando tiempos y costos de traslado.
- **Mensajería interna contextualizada**
 - Sistema de chat asociado a cada obra, para comunicación directa entre cuadrillas y encargados.
- **Evidencia multimedia**
 - Posibilidad de adjuntar fotografías, documentos y planillas a cada obra para documentar el trabajo realizado.
- **Estadísticas e indicadores**
 - Generación de estadísticas sobre eficiencia operativa, obras completadas, tiempos de resolución y desempeño por cuadrilla o sucursal.

Exclusiones

Quedan fuera del alcance del proyecto:

- Desarrollo o adquisición de hardware específico para geolocalización (se utilizará el GPS nativo de los dispositivos móviles).
- Integración con sistemas externos ajenos a Google Sheets o APIs definidas en el proyecto.
- Desarrollo de aplicaciones móviles nativas (la solución será web responsive).

Metodología y herramientas de apoyo

El desarrollo del sistema se llevó a cabo siguiendo un enfoque ágil basado en la metodología Scrum, lo que permitió organizar el trabajo en iteraciones cortas, priorizar funcionalidades y mantener una comunicación constante con los actores clave del proyecto.

Para la planificación y seguimiento, se emplearon herramientas de gestión ampliamente utilizadas en el ámbito profesional:

- **JIRA:** fue la plataforma principal en la etapa inicial de gestión del proyecto.
 - Se definieron los **módulos** y funcionalidades principales del sistema, descomponiéndolos en tareas y subtareas.
 - Se elaboró un **diagrama de Gantt** inicial para organizar plazos y dependencias.
 - Se configuró un **tablero Kanban** para visualizar el flujo de trabajo, con columnas para tareas pendientes, en curso y finalizadas.
 - Se utilizó el complemento **Risk Manager** para identificar, describir y evaluar riesgos potenciales, asignando una **puntuación de probabilidad e impacto**.
 - Se incorporó un módulo de **estimación de costos**, que en el contexto del proyecto se mantuvo en valores nulos dado que el desarrollo no implicó gastos para el equipo ni para la empresa en esta etapa inicial.
- **Transición a GitHub Projects:** tras la fase inicial en JIRA, la planificación se migró a **GitHub**, donde se consolidó y amplió la gestión del proyecto.
 - El **diagrama de Gantt** se reconstruyó y actualizó, incorporando hitos y dependencias más detalladas.
 - Cada **módulo** del sistema fue documentado dentro de GitHub como una *milestone*, con una lista de **issues** asociados que representan las tareas específicas a desarrollar.
 - Cada issue cuenta con una **descripción breve** de la funcionalidad a implementar y los criterios de finalización.
 - Se establecieron **relaciones entre issues** para reflejar dependencias y orden de ejecución.
 - Se implementaron dos visualizaciones clave:
 - **Diagrama de Gantt** actualizado con el estado real de las tareas.

- **Tablero Kanban** que muestra el estado de cada tarea (pendiente, en progreso, completada), permitiendo una visión rápida del avance general.
- **Confluence:** funcionó como repositorio central de la **documentación del proyecto**.
 - Se registró el **plan de proyecto**, con objetivos, resultados clave y alcance general.
 - Se documentaron los **requisitos del producto**, las **historias de usuario** y las **herramientas** empleadas para su relevamiento.
 - Se elaboraron informes relacionados con la **gestión de costos** y el **valor ganado**, siguiendo conceptos aprendidos en la materia “Administración de Proyectos de Software”.

La combinación de estas herramientas permitió **mantener una planificación organizada, medir el avance de forma objetiva y garantizar la trazabilidad** entre los objetivos del proyecto y las funcionalidades desarrolladas. Además, la visualización simultánea en Gantt y Kanban facilitó la priorización de tareas y la coordinación del equipo en cada sprint.

Tecnologías utilizadas

La arquitectura del sistema se diseñó bajo un modelo **cliente-servidor** con separación clara entre frontend, backend y base de datos. Se seleccionaron tecnologías que permitieran escalabilidad, integraciones externas y rendimiento adecuado para las necesidades operativas de la empresa:

Frontend

- **React.js:** framework JavaScript utilizado para construir una interfaz de usuario dinámica, responsiva y adaptable a distintos dispositivos.
- **React Bootstrap** y componentes personalizados para la maquetación y estilo de la interfaz.

Backend

- **FastAPI (Python):** framework para el desarrollo de servicios REST de alto rendimiento, con validación automática de datos y documentación integrada.

Base de datos

- **PostgreSQL:** base de datos relacional para el almacenamiento persistente de la información del sistema.

- **Firebase Realtime Database:** utilizada para la gestión de datos en tiempo real, principalmente para la ubicación de cuadrillas y actualizaciones inmediatas en el mapa.

Autenticación y seguridad

- **Firebase Authentication:** para la gestión de usuarios, inicio de sesión seguro y control de acceso mediante tokens.

Integraciones externas

- **API de Google Places:** utilizada exclusivamente para la búsqueda y autocompletado de direcciones al registrar o editar una sucursal. Esto permite que el usuario obtenga sugerencias precisas mientras escribe la dirección, la cual luego se almacena con su latitud y longitud correspondientes.
- **OpenStreetMap:** empleado como mapa principal del sistema, utilizado para:
 - Visualizar la ubicación de sucursales y cuadrillas.
 - Marcar puntos (*markers*) para cada entidad.
 - Mostrar la posición actual de los usuarios en tiempo real.
- **API de Google Sheets:** utilizada para la sincronización de datos administrativos y exportación de información desde el sistema hacia hojas de cálculo compartidas.

Almacenamiento de archivos

- **Google Cloud Storage:** para guardar imágenes, documentos y planillas asociadas a las obras.

Control de versiones y despliegue

- **GitHub:** repositorio central del código fuente y gestión de issues, milestones y proyectos.
- **GitHub Actions:** para la automatización de pruebas y despliegues mediante CI/CD.

Casos de Uso

Los casos de uso constituyen la base para describir las interacciones entre los distintos actores del sistema y las funcionalidades que este debe ofrecer. Se elaboró un **diagrama general de casos de uso** que refleja las relaciones entre los actores principales (Administrador, Encargado de Mantenimiento, Cuadrilla y Usuario genérico) y los procesos que llevan a cabo en la plataforma.

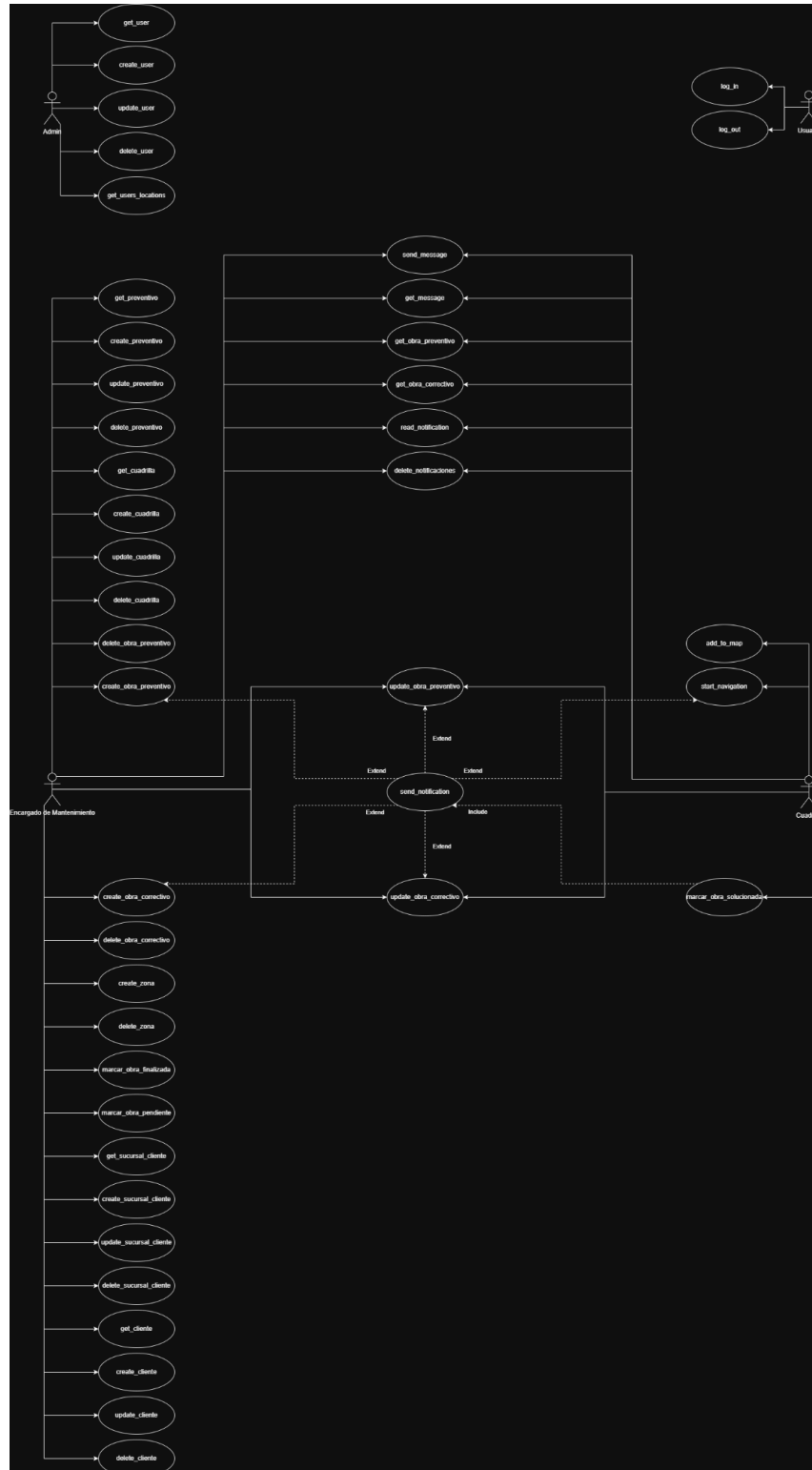


Figura 3. Diagrama general de casos de uso del sistema de gestión de obras y cuadrillas

El diagrama muestra que:

- El **Administrador** gestiona usuarios, roles y ubicaciones, así como el alta y mantenimiento de clientes y sus sucursales asociadas.
- El **Encargado de Mantenimiento** crea, edita, elimina y asigna obras preventivas y correctivas, administra sucursales, cuadrillas y zonas, y supervisa la finalización de casos.
- La **Cuadrilla** interactúa con las obras que le son asignadas, puede marcarlas como solucionadas, recibir notificaciones, iniciar navegación hacia la sucursal y comunicarse mediante chat.
- El **Usuario genérico** contempla acciones básicas de acceso, como iniciar y cerrar sesión.
- Los casos de uso se relacionan entre sí a través de relaciones *include* y *extend* para notificaciones y actualizaciones.

Casos de Uso Identificados

1. Gestión de Obras

- **CU-01** Crear una nueva obra de mantenimiento correctivo.
- **CU-02** Editar la información de una obra de mantenimiento correctivo.
- **CU-03** Eliminar una obra de mantenimiento correctivo.
- **CU-04** Crear una obra de mantenimiento preventivo.
- **CU-05** Editar la información de una obra de mantenimiento preventivo.
- **CU-06** Eliminar una obra de mantenimiento preventivo.
- **CU-07** Crear un nuevo cliente.
- **CU-08** Editar información de un cliente.
- **CU-09** Eliminar un cliente.
- **CU-10** Crear una nueva sucursal asociada a un cliente.
- **CU-11** Editar la información de una sucursal asociada a un cliente.
- **CU-12** Eliminar una sucursal asociada a un cliente.
- **CU-13** Ver listado de obras.

- **CU-14** Marcar una obra como finalizada y adjuntar fotos y detalles.
- **CU-15** Filtrar obras por estado, prioridad, cliente o sucursal.
- **CU-16** Integrar un sistema de chat para cada obra.

2. Notificaciones y Alertas

- **CU-14** Ver listado de notificaciones y alertas.
- **CU-15** Mostrar información de la obra de una notificación/alerta.
- **CU-16** Alertar a las cuadrillas cuando se carga una obra con alta prioridad.
- **CU-17** Notificar a una cuadrilla si su ruta pasa cerca de una obra pendiente que no esté asignada.

3. Ubicación y Rutas

- **CU-18** Consultar la ubicación en tiempo real de las cuadrillas.
- **CU-19** Consultar la ubicación de los encargados.
- **CU-20** Consultar la ubicación de las sucursales.
- **CU-21** Sugerir la mejor ruta para completar las obras asignadas.

4. Gestión de Usuarios y Roles

- **CU-22** Registrar un nuevo usuario (admin, encargado de mantenimiento).
- **CU-23** Registrar una nueva cuadrilla.
- **CU-24** Iniciar sesión en la aplicación.
- **CU-25** Cerrar sesión.
- **CU-26** Modificar datos de Administradores y Encargados.
- **CU-27** Modificar datos de Cuadrillas.

5. Estadísticas y Análisis

- **CU-28** Consultar estadísticas sobre obras completadas.
- **CU-29** Consultar estadísticas sobre eficiencia de cuadrillas.

- **CU-30** Consultar estadísticas sobre tiempos promedio de resolución.

Incluyendo métricas tales como:

- Preventivos resueltos/preventivos asignados.
- Casos resueltos/asignados.
- Cantidad de días desde caso asignado a resuelto por rubro.
- Promedio de cantidad de casos asignados a cada zona.

Historias de Usuario

Módulo 1 – Gestión de Obras

Incluye las funcionalidades de obras correctivas y preventivas, gestión de sucursales, asignación de obras, visualización de listados, carga de información y comunicación interna.

HU-01 – Cargar una nueva obra de mantenimiento correctivo

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** cargar una nueva obra de mantenimiento correctivo **para** registrar una tarea que deben resolver las cuadrillas.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento registrar una nueva obra correctiva en el sistema, ingresando los datos necesarios para asignar tareas a las cuadrillas y mantener trazabilidad del proceso.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir ingresar los campos: cliente, sucursal, número de caso, fecha de apertura, incidente, rubro, estado y prioridad.
- Todos los campos deben ser obligatorios y validados antes del registro.
- Si falta algún campo obligatorio, el sistema no debe habilitar el botón de guardado.
- Al confirmar el registro, la obra debe guardarse correctamente en la base de datos y mostrarse en el listado general.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: *“La obra fue registrada correctamente.”*

HU-02 – Editar la información de una obra correctiva

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** editar la información de una obra correctiva **para** actualizar los datos si hay cambios.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento modificar los datos registrados de una obra correctiva existente, en caso de que sea necesario corregir o actualizar información.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar todos los datos actuales de la obra para su modificación.
- Los campos editables deben incluir: cliente, sucursal, número de caso, incidente, rubro, estado y prioridad.

- Los cambios deben guardarse correctamente y reflejarse en la vista principal sin necesidad de recargar la página.

HU-03 – Eliminar una obra correctiva

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** eliminar una obra correctiva **para** remover tareas que ya no son necesarias.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento eliminar del sistema una obra correctiva que ya no es necesaria o que fue cargada por error.

Criterios de Aceptación:

- Antes de eliminar una obra, el sistema debe mostrar una confirmación: *“¿Desea eliminar esta obra? Esta acción no se puede deshacer.”*
- Los cambios deben guardarse correctamente y reflejarse en la vista principal sin necesidad de recargar la página.
- El sistema debe confirmar la eliminación con un mensaje: *“La obra fue eliminada correctamente.”*

HU-04 – Cargar una nueva obra de mantenimiento preventivo

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** cargar una obra de mantenimiento preventivo **para** planificar tareas programadas.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento registrar nuevas obras preventivas programadas, con información sobre la sucursal, la frecuencia y la cuadrilla asignada.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir ingresar los campos: cliente, sucursal, frecuencia, fecha de inicio y cuadrilla asignada.
- Todos los campos deben ser obligatorios y validados.
- Si falta algún campo obligatorio, el sistema no debe habilitar el botón de guardado.
- La obra preventiva registrada debe aparecer inmediatamente en el listado de obras.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: *“Mantenimiento preventivo registrado correctamente.”*

HU-05 – Editar la información de una obra preventiva

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** editar una obra preventiva **para** ajustar su planificación.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento modificar los datos de una obra preventiva ya registrada, para ajustar su planificación o la cuadrilla asignada.

Criterios de Aceptación:

- Los campos editables deben incluir: cliente, sucursal, frecuencia, fecha y cuadrilla asignada.
- El sistema debe mostrar los datos actuales y permitir su modificación.
- Los cambios deben reflejarse automáticamente en la planificación de tareas futuras.
- El sistema debe confirmar la actualización con el mensaje: *“La información fue actualizada correctamente.”*

HU-06 – Eliminar una obra de mantenimiento preventivo

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** eliminar una obra preventiva **para** cancelar tareas innecesarias.

Descripción:

Permite eliminar del sistema una obra preventiva que ya no sea necesaria o que fue cargada por error.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe solicitar confirmación antes de eliminar la obra.
- Una vez eliminada, la obra debe desaparecer del listado y registrarse el evento en el historial del sistema.
- El sistema debe confirmar la eliminación con un mensaje: *“La obra fue eliminada correctamente.”*

HU-07 – Crear un nuevo cliente

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** crear un nuevo cliente **para** registrar las empresas con las que trabajamos.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento registrar un nuevo cliente en el sistema para posteriormente asociar sucursales y obras.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe solicitar nombre del cliente, teléfono de contacto y mail.
- Todos los campos son obligatorios y deben validarse antes del registro.
- El nuevo cliente debe aparecer en el listado de clientes luego del guardado.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: "Cliente registrado correctamente."

HU-08 – Editar información de un cliente

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** editar la información de un cliente **para** mantener sus datos actualizados.

Descripción:

Permite modificar los datos de un cliente registrado para asegurar que la información se mantenga correcta y vigente.

Criterios de Aceptación:

- Solo los usuarios con rol de Encargado o Administrador pueden realizar la edición.
- El sistema debe mostrar los datos actuales del cliente y permitir modificar nombre, teléfono de contacto y mail.
- Los cambios deben guardarse correctamente y reflejarse en el listado en tiempo real.
- La acción debe registrarse en el historial del sistema.

HU-09 – Eliminar un cliente

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** eliminar un cliente **para** depurar registros que ya no se utilizan.

Descripción:

Permite eliminar un cliente cuando ya no se mantiene relación operativa con él.

Criterios de Aceptación:

- Antes de eliminar, el sistema debe validar que no existan sucursales ni obras asociadas al cliente.
- Si existen relaciones vigentes, el sistema debe eliminar las sucursales asociadas a ese cliente.
- Si no existen dependencias, debe eliminarse correctamente.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: "Cliente eliminado correctamente."

HU-10 – Cargar una nueva sucursal asociada a un cliente

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** cargar una nueva sucursal asociada a un cliente **para** registrar una ubicación donde se realizarán obras.

Descripción:

Permite registrar una sucursal vinculándola obligatoriamente a un cliente del sistema para asociar futuras obras a dicha ubicación.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe solicitar nombre, zona, dirección y superficie.
- Todos los campos son obligatorios y deben validarse antes del registro.
- La nueva sucursal debe aparecer en el listado de sucursales luego del guardado.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: "*Sucursal registrada correctamente.*"

HU-11 – Editar la información de una sucursal asociada a un cliente

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** editar la información de una sucursal asociada a un cliente **para** mantener los datos actualizados.

Descripción:

Permite modificar los datos de una sucursal vinculada a un cliente para asegurar la precisión de la información registrada.

Criterios de Aceptación:

- Solo los usuarios con rol de Encargado o Administrador pueden realizar la edición.
- El sistema debe mostrar los datos actuales y permitir la modificación de nombre, zona, dirección y superficie.
- Los cambios deben guardarse correctamente y actualizarse en tiempo real en el listado.

HU-12 – Eliminar una sucursal asociada a un cliente

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** eliminar una sucursal asociada a un cliente **para** remover ubicaciones que ya no son relevantes.

Descripción:

Permite eliminar una sucursal vinculada a un cliente cuando ya no esté activa o no se realicen obras en ella.

Criterios de Aceptación:

- Antes de eliminar, el sistema debe validar que no existan obras asociadas a la sucursal.
- Si existen obras vinculadas, el sistema debe mostrar: *“No es posible eliminar la sucursal porque tiene obras asociadas.”*
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: *“La sucursal fue eliminada correctamente.”*

HU-13 – Ver listado de obras correctivas

Título:

Como Encargado o Cuadrilla, **quiero** ver un listado de obras correctivas **para** conocer las tareas pendientes y completadas.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento y a las Cuadrillas visualizar un listado completo de obras correctivas, diferenciando entre pendientes, en proceso y finalizadas, para mantener control sobre el estado de cada tarea.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar en una tabla los campos: cliente, sucursal, zona, número de caso, incidente, rubro, estado y prioridad.
- Las cuadrillas solo deben visualizar las obras asignadas.
- El Encargado de Mantenimiento debe poder ver la totalidad de las obras del sistema.
- El listado debe actualizarse automáticamente ante cualquier cambio de estado o asignación.

HU-14 – Ver listado de obras preventivas

Título:

Como Encargado o Cuadrilla, **quiero** ver un listado de obras preventivas **para** controlar los trabajos planificados.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento y a las Cuadrillas acceder a un listado general de obras preventivas, tanto programadas como completadas, con el fin de supervisar el cumplimiento de los mantenimientos planificados.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar en una tabla los campos: cliente, sucursal, zona, frecuencia y cuadrilla asignada.
- Las cuadrillas solo deben visualizar obras preventivas asignadas.
- El Encargado de Mantenimiento debe visualizar todas las obras preventivas.
- El listado debe actualizarse automáticamente cuando se agregan, modifican o eliminan registros.

HU-15 – Filtrar obras correctivas por sucursal, zona, rubro, estado o prioridad

Título:

Como Encargado o Cuadrilla, **quiero** filtrar obras correctivas por cliente, sucursal, zona, rubro, estado o prioridad **para** encontrar tareas específicas.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento y a las Cuadrillas aplicar filtros sobre el listado de obras correctivas, para localizar rápidamente aquellas que requieren atención específica.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe ofrecer filtros combinados por cliente, cuadrilla, sucursal, zona, rubro, estado, prioridad y fecha
- Los filtros deben aplicarse dinámicamente sin necesidad de recargar la página.
- Los resultados filtrados deben mostrarse en tiempo real.
- Las cuadrillas solo deben poder filtrar obras que tengan asignadas.

HU-16 – Filtrar obras preventivas por sucursal o zona

Título:

Como Encargado o Cuadrilla, **quiero** filtrar obras preventivas por sucursal o zona **para** agilizar la búsqueda.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento y a las Cuadrillas filtrar el listado de obras preventivas según criterios geográficos, para facilitar la localización y seguimiento de mantenimientos.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir aplicar filtros por cliente, cuadrilla, sucursal, zona y fecha.
- Los resultados deben actualizarse inmediatamente después de aplicar los filtros.
- Los resultados filtrados deben mostrarse en tiempo real.
- Las cuadrillas solo pueden filtrar obras que tengan asignadas.

HU-17 – Subir información de una obra preventiva

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** subir información y fotos de una obra preventiva **para** registrar el trabajo completado.

Descripción:

Permite a la Cuadrilla cargar información y evidencias relacionadas con la finalización de una obra preventiva, dejando registro digital de la ejecución realizada.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir adjuntar fecha de apertura, fecha de cierre, planilla 1, planilla 2, planilla 3 y fotografías.
- El Encargado de Mantenimiento debe recibir una notificación automática indicando que la cuadrilla completó la tarea.
- Debe mostrarse el mensaje de confirmación: *“La información fue registrada correctamente.”*

HU-18 – Subir información y marcar una obra correctiva como solucionada

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** subir información y marcar una obra correctiva como solucionada **para** informar al encargado.

Descripción:

Permite a la Cuadrilla cargar evidencias del trabajo realizado y marcar la obra correctiva como *“Solucionada”*, para que el Encargado de Mantenimiento la revise.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir adjuntar fecha de cierre, planilla y fotografías de la reparación.
- Al marcar la obra como *“Solucionada”*, su estado debe cambiar automáticamente.
- El Encargado de Mantenimiento debe recibir una notificación con el enlace directo a la obra.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: *“La obra fue marcada como solucionada.”*

HU-19 – Revisar y confirmar o rechazar una obra solucionada

Título:

Como Encargado de Mantenimiento, **quiero** revisar y confirmar o rechazar una obra solucionada **para** validar la calidad del trabajo.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento revisar la documentación y fotografías subidas por la cuadrilla en una obra marcada como “*Solucionada*”, para confirmar su finalización o solicitar correcciones.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar todos los detalles de la obra, incluyendo fechas, planillas y fotos cargadas.
- El Encargado debe poder marcar la obra como “*Finalizada*” o devolverla a otro estado.
- Al confirmar la finalización, debe mostrarse el mensaje: “*La obra fue finalizada correctamente.*”

HU-20 – Integrar un sistema de chat por obra

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** usar un chat por obra **para** comunicarme con el encargado.

Descripción:

Permite a la Cuadrilla y al Encargado de Mantenimiento comunicarse mediante un chat asociado a cada obra, para resolver dudas o reportar incidencias en tiempo real.

Criterios de Aceptación:

- Cada obra debe contar con un chat exclusivo, accesible desde su vista detallada.
- Solo los usuarios asignados (Encargado y Cuadrilla) deben poder participar.
- Los mensajes deben almacenarse con fecha, hora y usuario emisor.
- La conversación debe conservarse en el historial de la obra, incluso una vez finalizada.
- El sistema debe permitir adjuntar imágenes o archivos.

Módulo 2 – Notificaciones y Alertas

Este módulo permite configurar, visualizar y gestionar notificaciones automáticas y alertas inteligentes basadas en la prioridad de las obras y la proximidad geográfica de las cuadrillas.

HU-21 – Ver listado de notificaciones y alertas

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** ver el listado de notificaciones y alertas **para** conocer las tareas disponibles.

Descripción:

Permite a las Cuadrillas visualizar un listado con todas las notificaciones y alertas recibidas, con el objetivo de conocer las obras pendientes, urgentes o cercanas a su ruta actual.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar en una tabla las notificaciones ordenadas por fecha y tipo (obra correctiva o preventiva).
- Cada notificación debe incluir los datos de la obra según si es de prioridad o proximidad.
- Las notificaciones más recientes deben mostrarse en primer lugar.
- Las notificaciones deben marcarse como leídas una vez abiertas por el usuario.
- Si no hay notificaciones disponibles, el sistema debe mostrar: *“No existen notificaciones pendientes.”*

HU-22 – Mostrar información de la obra desde una notificación o alerta

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** seleccionar una obra desde una notificación **para** mostrar la información de esa obra.

Descripción:

Permite a la Cuadrilla seleccionar una obra a través de una notificación o alerta, redirigiendo a la página con la información de la obra.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir que la Cuadrilla seleccione una notificación o alerta activa desde el centro de notificaciones.

- Al seleccionar la notificación, el sistema debe identificar automáticamente la obra asociada a esa notificación.
- El sistema debe redirigir al usuario a la vista de detalle de la obra correspondiente.
- El sistema debe marcar la notificación como leída una vez seleccionada la notificación.

HU-23 – Alertar a las cuadrillas cuando se carga una obra con alta prioridad

Título:

Como Encargado, **quiero** que las cuadrillas sean alertadas automáticamente cuando se carga una obra urgente **para** que se atienda lo antes posible.

Descripción:

Permite al sistema enviar una alerta automática a las cuadrillas de la zona cuando el Encargado de Mantenimiento registra una obra con prioridad alta.

Criterios de Aceptación:

- Cuando se crea una obra con prioridad *Alta*, el sistema debe generar automáticamente una alerta para todas las cuadrillas de la zona.
- La alerta debe incluir la información de la obra (sucursal, incidente, prioridad).
- La notificación debe enviarse en tiempo real tras el registro de la obra.
- Cada cuadrilla debe recibir la alerta tanto en el panel de notificaciones como mediante una notificación push.

HU-24 – Notificar a una cuadrilla si su ruta pasa cerca de una obra pendiente

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** recibir una notificación si mi ruta pasa cerca de una obra pendiente **para** poder atenderla.

Descripción:

Permite al sistema detectar automáticamente cuando una cuadrilla pasa cerca de una obra pendiente no asignada y enviarle una notificación, promoviendo una respuesta ágil y optimización de recursos.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe utilizar la ubicación GPS de la cuadrilla y la posición de las obras para calcular la proximidad.

- Solo deben notificarse obras dentro de la zona asignada a la cuadrilla.
- La distancia mínima para disparar la notificación debe ser de 10 km.
- La notificación debe incluir la información de la obra.

Módulo 3 – Ubicación y Rutas

Este módulo permite la visualización de las cuadrillas en tiempo real, utilizando geolocalización GPS, y la sugerencia de rutas óptimas para la realización de obras asignadas, optimizando los tiempos de traslado y la eficiencia operativa.

HU-25 – Consultar la ubicación en tiempo real de las cuadrillas

Título:

Como Encargado o Administrador, **quiero** consultar la ubicación en tiempo real de las cuadrillas **para** coordinar tareas.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento o al Administrador visualizar en un mapa la ubicación actual de las cuadrillas operativas, facilitando la supervisión y la toma de decisiones para nuevas asignaciones de obras.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar un mapa interactivo integrado con la API de OpenStreetMap, donde se visualicen las cuadrillas activas con su nombre o identificador.
- Cada marcador del mapa debe mostrar información detallada al seleccionarse: nombre de la cuadrilla, sucursales seleccionadas, mantenimientos correctivos seleccionados, mantenimientos preventivos seleccionados y ruta a seguir.
- La actualización de la ubicación debe realizarse en tiempo real, con una frecuencia máxima de 1 minuto.
- Si una cuadrilla pierde conexión o no reporta ubicación, el sistema debe indicar su última posición conocida.
- El sistema debe garantizar la privacidad de los datos geográficos, limitando el acceso solo a usuarios con rol Encargado o Administrador.

HU-26 – Consultar la ubicación de los encargados

Título:

Como Administrador, **quiero** visualizar la ubicación de los encargados en el mapa **para** saber dónde se encuentran.

Descripción:

Permite al Administrador visualizar en el mapa la posición actual de los encargados de mantenimiento registrados, mostrando un marcador con su nombre. Esta funcionalidad facilita la supervisión general del personal operativo sin necesidad de información adicional.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar un mapa interactivo (basado en OpenStreetMap) con un marcador para cada encargado activo.
- Cada marcador debe incluir el nombre del encargado visible sobre o junto al punto en el mapa.
- La información de ubicación se obtiene desde los dispositivos de los encargados y se actualiza automáticamente.
- Si un encargado no tiene ubicación disponible, el sistema marca la última posición registrada.
- El mapa debe ser responsivo y permitir zoom y desplazamiento libre.

HU-27 – Consultar la ubicación de las sucursales

Título:

Como Encargado o Administrador, **quiero** visualizar la ubicación de las sucursales en el mapa **para** conocer su distribución y las obras activas en cada una.

Descripción:

Permite al Encargado de Mantenimiento o al Administrador visualizar todas las sucursales registradas en el sistema mediante un mapa interactivo, mostrando su ubicación fija y las obras correctivas y preventivas que tiene activas (excluyendo las finalizadas o solucionadas).

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe mostrar todas las sucursales en un mapa interactivo basado en OpenStreetMap.

- Al seleccionar una sucursal, el sistema debe mostrar su nombre, dirección y listado de obras correctivas y preventivas activas.
- Las obras finalizadas o solucionadas no deben mostrarse en la vista.
- Las sucursales deben identificarse con un marcador único que las diferencie de cuadrillas o encargados.
- Solo los usuarios con rol **Encargado** o **Administrador** pueden acceder a esta vista.
- El diseño debe ser responsivo y permitir desplazarse y acercar el mapa fácilmente.
- El mapa debe permitir filtrar las sucursales mostradas por cliente y por zona.

HU-28 – Sugerir la mejor ruta para completar las obras asignadas

Título:

Como Cuadrilla, **quiero** que el sistema sugiera la mejor ruta **para** completar mis obras asignadas.

Descripción:

Permite a la Cuadrilla visualizar la ruta más eficiente para completar las obras asignadas, considerando la ubicación geográfica de las sucursales, la prioridad de las tareas y la distancia total de desplazamiento.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe calcular automáticamente la ruta óptima basándose en la ubicación actual de la cuadrilla y las coordenadas de las obras asignadas.
- El cálculo debe priorizar las obras según la distancia.
- La ruta debe mostrarse en un mapa interactivo con un recorrido visual y ordenado con paradas (sucursales).
- El sistema debe ofrecer la posibilidad de recalcular la ruta en caso de cambios de estado o nuevas asignaciones.

Módulo 4 – Gestión de Usuarios y Roles

Este módulo permite administrar los usuarios del sistema, sus credenciales y permisos de acceso, garantizando la seguridad y la correcta asignación de responsabilidades según cada rol: Administrador, Encargado de Mantenimiento y Cuadrilla.

HU-29 – Registrar nuevo usuario (Administrador o Encargado)

Título:

Como Administrador, **quiero** registrar nuevos usuarios con rol de Administrador o Encargado **para** controlar accesos y permisos dentro del sistema.

Descripción:

Permite al Administrador registrar nuevos usuarios en el sistema mediante autenticación de Google, asignándoles un rol específico (Administrador o Encargado). El proceso se realiza a través de una ventana emergente que valida las credenciales sin necesidad de contraseña manual, simplificando el registro y aumentando la seguridad.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir registrar usuarios con los atributos: **nombre y rol** (Administrador o Encargado).
- El registro debe realizarse mediante el inicio de sesión con **Google**, utilizando una ventana emergente de autenticación.
- No se requiere ingresar ni almacenar contraseñas manualmente.
- Todos los campos deben validarse antes de guardar (nombre y rol no pueden estar vacíos).
- Una vez creado, el nuevo usuario debe aparecer en el listado general de usuarios.
- El sistema debe mostrar el mensaje: “Usuario registrado correctamente.”
- Solo los usuarios con rol **Administrador** pueden realizar el alta de nuevos usuarios.

HU-30 – Registrar nueva cuadrilla

Título:

Como Administrador/Encargado, **quiero** registrar nuevas cuadrillas **para** asignarlas a zonas de trabajo.

Descripción:

Permite al Administrador o Encargado registrar usuarios de tipo Cuadrilla en el sistema, especificando su nombre y la zona operativa asignada. Las cuadrillas se autentican mediante el inicio de sesión con Google, sin necesidad de contraseña manual, lo que simplifica el acceso y la gestión de cuentas operativas.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir registrar cuadrillas con los atributos: **nombre, zona y responsable de la cuadrilla**
- El registro debe realizarse mediante autenticación con **Google**, utilizando una ventana emergente.
- No se requiere ingresar contraseñas manualmente.
- Todos los campos deben ser obligatorios y validados antes de guardar (nombre y zona).
- Una vez creada, la cuadrilla debe aparecer en el listado general de usuarios con su zona correspondiente.
- El sistema debe mostrar el mensaje: “Cuadrilla registrada correctamente.”
- Solo los usuarios con rol **Administrador** o **Encargado** pueden registrar nuevas cuadrillas.

HU-31 – Iniciar sesión en la aplicación

Título:

Como Usuario, **quiero** iniciar sesión **para** acceder a mis funciones según mi rol.

Descripción:

Permite a los usuarios (Administrador, Encargado o Cuadrilla) iniciar sesión en la aplicación mediante autenticación con Google, utilizando una ventana emergente. De esta forma se evita el uso de contraseñas, garantizando un acceso rápido y seguro a las funcionalidades correspondientes a cada rol.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir iniciar sesión utilizando una cuenta de **Google**, a través de una **ventana emergente de autenticación**.
- No se deben solicitar ni almacenar contraseñas manualmente.
- Al autenticarse correctamente, el sistema debe verificar si el usuario se encuentra registrado en la base de datos.
- Si el correo autenticado no está registrado, el sistema debe mostrar el mensaje: “El usuario no está registrado en el sistema.”
- Si la autenticación es exitosa y el usuario existe, el sistema debe redirigir al panel principal correspondiente a su **rol** (Administrador, Encargado o Cuadrilla).
- Si se produce un error durante la autenticación con Google, el sistema debe mostrar el mensaje: “Error al iniciar sesión. Intente nuevamente.”

HU-32 – Cerrar sesión

Título:

Como Usuario, **quiero** cerrar sesión **para** proteger mi cuenta.

Descripción:

Permite a cualquier usuario cerrar sesión en la aplicación, garantizando la protección de su cuenta y el cierre seguro de la sesión activa.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe incluir una opción visible para cerrar sesión en todas las vistas principales.
- Al seleccionar la opción, la sesión activa debe finalizar y el token de autenticación debe invalidarse.
- El usuario debe ser redirigido a la pantalla de inicio de sesión.
- Si el usuario intenta realizar una acción posterior sin iniciar sesión, el sistema debe redirigir automáticamente a la pantalla de login.

HU-33 – Modificar datos de Administradores y Encargados

Título:

Como Administrador, **quiero** modificar los datos de los usuarios con rol Administrador o Encargado **para** mantener la información actualizada.

Descripción:

Permite al Administrador editar los datos de los usuarios con rol de Administrador o Encargado, modificando su nombre o rol cuando sea necesario.

Criterios de Aceptación:

- Solo los usuarios con rol **Administrador** pueden acceder a la opción de modificación de datos de usuarios.
- El sistema debe mostrar los datos actuales del usuario seleccionado para su edición.
- Los campos editables deben incluir: **nombre** y **rol**.
- El **correo electrónico** no puede ser modificado, ya que se obtiene del inicio de sesión con Google.
- Todos los cambios deben validarse antes de guardarse (por ejemplo, que el nombre no esté vacío y el rol sea válido).
- Una vez confirmada la modificación, los datos deben actualizarse inmediatamente en la base de datos y reflejarse en el listado general de usuarios.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: "Los datos del usuario fueron modificados correctamente."

HU-34 – Modificar datos de Cuadrillas

Título:

Como Administrador/Encargado, **quiero** modificar los datos de las cuadrillas **para** mantener actualizada su información y zona de trabajo.

Descripción:

Permite al Administrador editar los datos de las cuadrillas registradas en el sistema, actualizando su nombre o zona operativa asignada.

Criterios de Aceptación:

- Solo los usuarios con rol **Administrador** o **Encargado** pueden acceder a la opción de modificación de cuadrillas.
- El sistema debe mostrar los datos actuales de la cuadrilla seleccionada para su edición.

- Los campos editables deben incluir: **nombre, zona y responsable de la cuadrilla**
- El **correo electrónico** y la **autenticación** de la cuadrilla se gestionan mediante Google y no pueden ser modificados.
- Todos los campos deben validarse antes de guardar (por ejemplo, que el nombre y la zona no estén vacíos).
- Una vez confirmada la modificación, los datos deben actualizarse inmediatamente en la base de datos y reflejarse en el listado general.
- Debe mostrarse un mensaje de confirmación: “Los datos de la cuadrilla fueron modificados correctamente.”

Módulo 5 – Estadísticas y Análisis

Este módulo permite al Administrador y al Encargado de Mantenimiento generar estadísticas detalladas sobre la gestión de obras y el desempeño de las cuadrillas, proporcionando información clave para la toma de decisiones, la mejora de la eficiencia y la trazabilidad operativa.

HU-35 – Generar estadísticas de preventivos resueltos y asignados por cuadrilla

Título:

Como Administrador, **quiero** generar estadísticas de preventivos resueltos por cuadrilla **para** evaluar desempeño.

Descripción:

Permite al Administrador generar estadísticas que muestran la cantidad de obras de mantenimiento preventivo resueltas en comparación con las asignadas, por cada cuadrilla, dentro de un rango de fechas determinadas.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir seleccionar un rango de fechas para las estadísticas.
- Las estadísticas deben incluir el nombre de la cuadrilla, la cantidad de obras preventivas asignadas y la cantidad resueltas.
- El sistema debe calcular y mostrar el porcentaje de cumplimiento (resueltas/asignadas).
- Los datos deben poder exportarse en formato PDF.

- Debe mostrarse un gráfico de barras o circular que represente visualmente el desempeño de cada cuadrilla.

HU-36 – Generar estadísticas de casos resueltos y asignados por cuadrilla

Título:

Como Administrador, **quiero** generar estadísticas de casos correctivos resueltos **para** medir eficiencia.

Descripción:

Permite al Administrador generar estadísticas que comparan la cantidad de casos de mantenimiento correctivo resueltos frente a los asignados por cada cuadrilla, para evaluar su eficiencia en la resolución de incidentes.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir ingresar un rango de fechas como parámetro de búsqueda.
- Las estadísticas deben mostrar el nombre de la cuadrilla, cantidad total de casos asignados y cantidad de casos resueltos.
- El sistema debe calcular el porcentaje de resolución (resueltos/asignados).
- Los resultados deben poder exportarse o descargarse en formato PDF.

HU-37 – Generar estadísticas de cantidad de días desde caso asignado a resuelto por rubro

Título:

Como Administrador, **quiero** generar estadísticas de días promedio de resolución por rubro **para** detectar demoras.

Descripción:

Permite al Administrador analizar el tiempo promedio de resolución de los casos de mantenimiento correctivo, agrupado por rubro, para identificar las áreas con mayor demora y optimizar los procesos operativos.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir seleccionar un rango de fechas para el análisis.
- Las estadísticas deben mostrar para cada rubro: nombre del rubro, cantidad de casos finalizados, tiempo promedio (en días) entre la fecha de asignación y la fecha de resolución.

- Debe incluir un total general que muestre el promedio de días considerando todos los rubros.
- Los resultados deben visualizarse en tabla y gráficos comparativos (por ejemplo, barras o líneas).
- Las estadísticas deben poder descargarse o exportarse en formato PDF.
- Si existen rubros sin casos resueltos, el sistema debe indicar *“Sin datos disponibles para este rubro.”*

HU-38 – Generar estadísticas de promedio de casos por zona

Título:

Como Administrador, **quiero** generar estadísticas de promedio de casos por zona **para** analizar distribución de carga laboral.

Descripción:

Permite al Administrador generar estadísticas que muestran la cantidad promedio de casos (mantenimientos correctivos) por zona geográfica, para evaluar la distribución de carga de trabajo y detectar áreas con mayor demanda.

Criterios de Aceptación:

- El sistema debe permitir seleccionar un rango de fechas para el análisis.
- Las estadísticas deben mostrar para cada zona: nombre de la zona, cantidad total de casos y promedio de casos por sucursal.
- Debe incluir un total general y un gráfico comparativo entre zonas.
- Los resultados deben poder exportarse o descargarse en formato PDF.

Diseño

El diseño del sistema de gestión de obras y cuadrillas de Inversur se estructuró considerando tanto los aspectos funcionales como técnicos de la solución, asegurando una arquitectura escalable, modular y de fácil mantenimiento.

El objetivo principal de esta etapa fue definir la organización interna del software, el flujo de interacción entre los distintos componentes y la experiencia del usuario final antes de su implementación.

Diseño funcional

El diseño funcional se basó en los requerimientos y casos de uso identificados durante la fase de análisis. Cada actor del sistema (Administrador, Encargado de Mantenimiento y Cuadrilla) dispone de una interfaz adaptada a sus funciones y permisos.

Pantallas principales

A continuación se presentan los bocetos de interfaz elaborados en Figma, que sirvieron como referencia para el desarrollo visual y funcional del sistema:

- **Pantalla de inicio de sesión:** permite el acceso seguro al sistema mediante Firebase Authentication, validando las credenciales y rol del usuario.



Figura 4. Pantalla de inicio de sesión (Login).

- **Panel principal del Administrador:** muestra indicadores generales, accesos a gestión de usuarios, cuadrillas, clientes, sucursales y reportes.



Figura 5. Pantalla Home (Administrador)

- **Panel del Encargado de Mantenimiento:** concentra la gestión de obras correctivas y preventivas, la asignación de cuadrillas y la supervisión de avances.

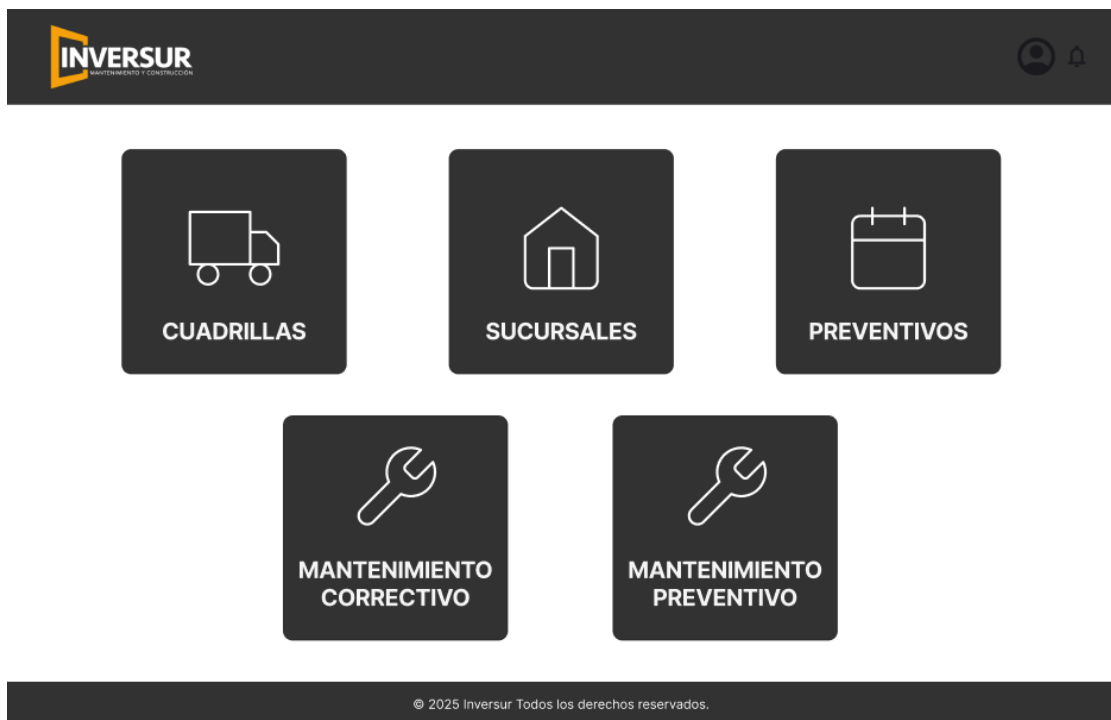


Figura 6. Pantalla Obras (Administrador y Encargado)

- **Panel de la Cuadrilla:** permite consultar las obras asignadas, cargar fotos y planillas, marcar tareas como finalizadas y comunicarse mediante chat.



Figura 7. Pantalla Obras (Administrador y Encargado)

- **Pantalla de Mapa:** visualiza en tiempo real la ubicación de cuadrillas y sucursales, mostrando las rutas activas y las obras pendientes.

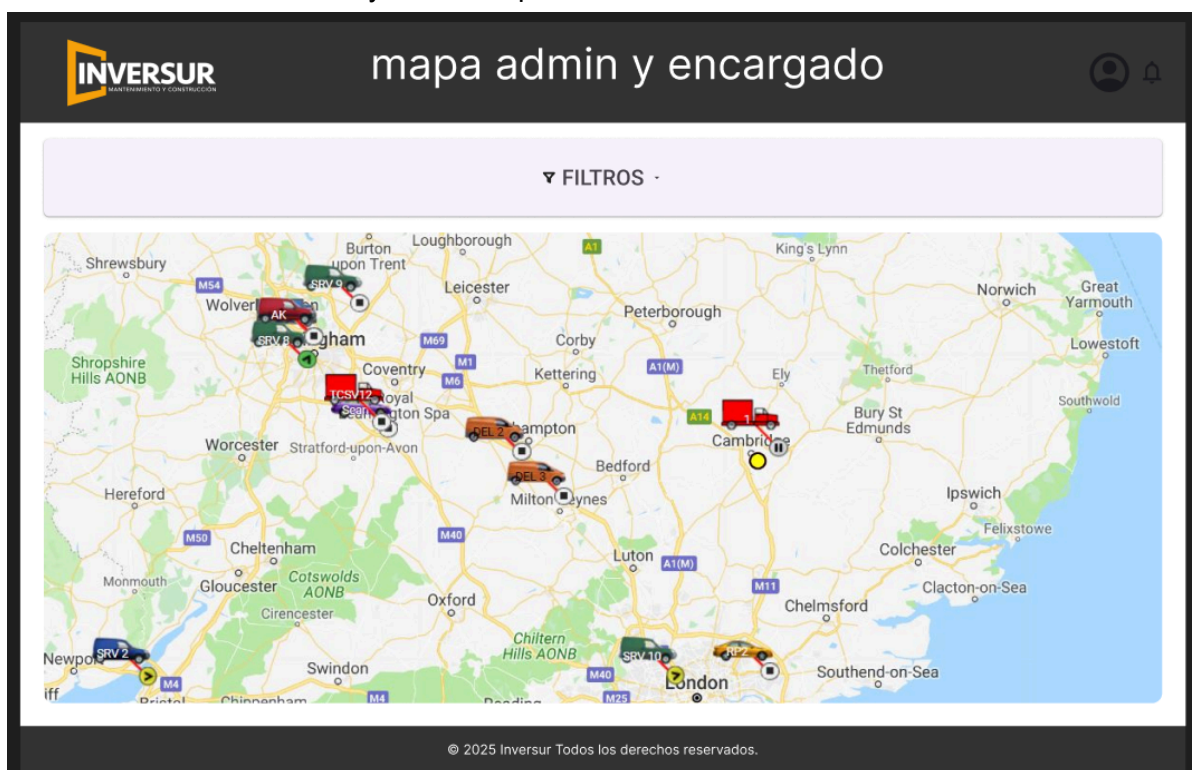


Figura 8. Pantalla Mapa (Admin y Cuadrilla)

- **Pantallas de Gestión (CRUD):** incluyen formularios para la creación, edición y eliminación de obras, cuadrillas, clientes, sucursales y usuarios.



Figura 9. Pantalla Obras Preventivas (Listado, Creación, Eliminación, Edición, Filtros)

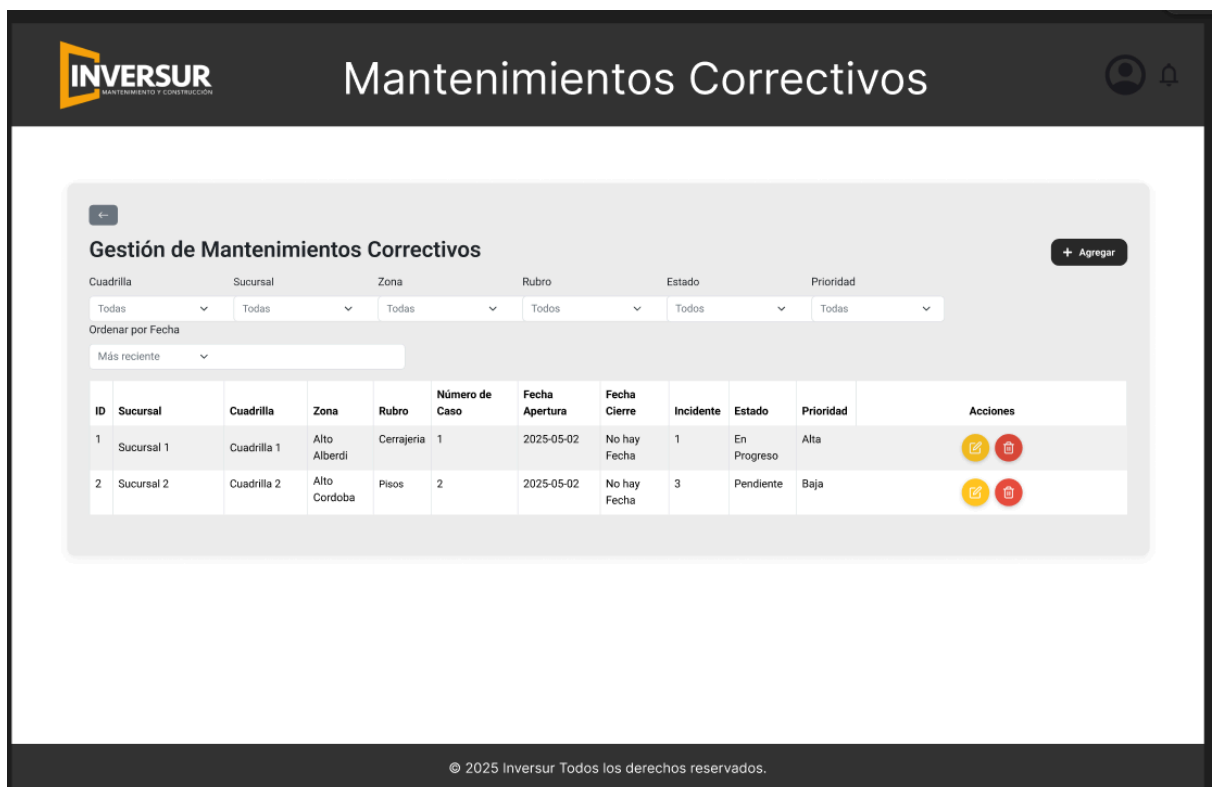


Figura 10. Pantalla Obras Correctivas (Listado, Creación, Eliminación, Edición, Filtros)



Figura 11. Pantalla Sucursales (Listado, Creación, Eliminación, Edición)



Figura 12. Pantalla Usuarios (Listado, Creación, Eliminación, Edición)

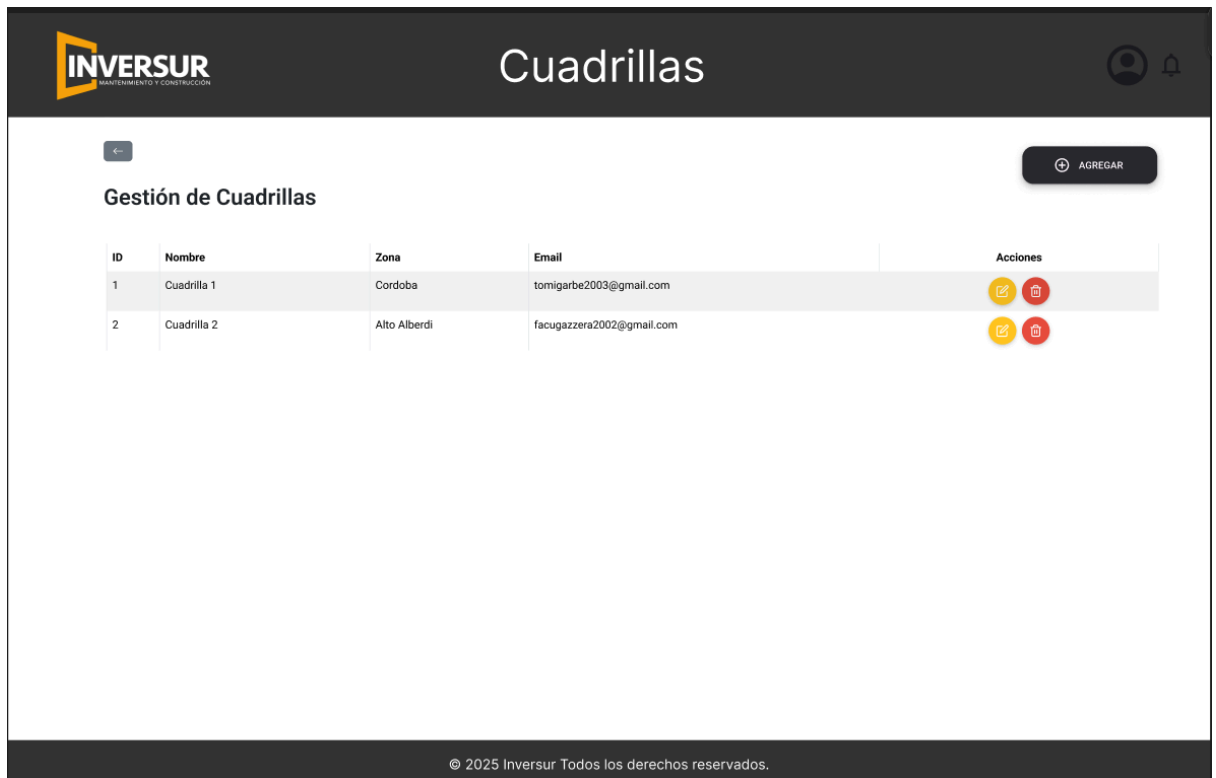


Figura 13. Pantalla Cuadrillas (Listado, Creación, Eliminación, Edición)

- **Pantalla por obra:** permite la comunicación entre cuadrilla y encargado.

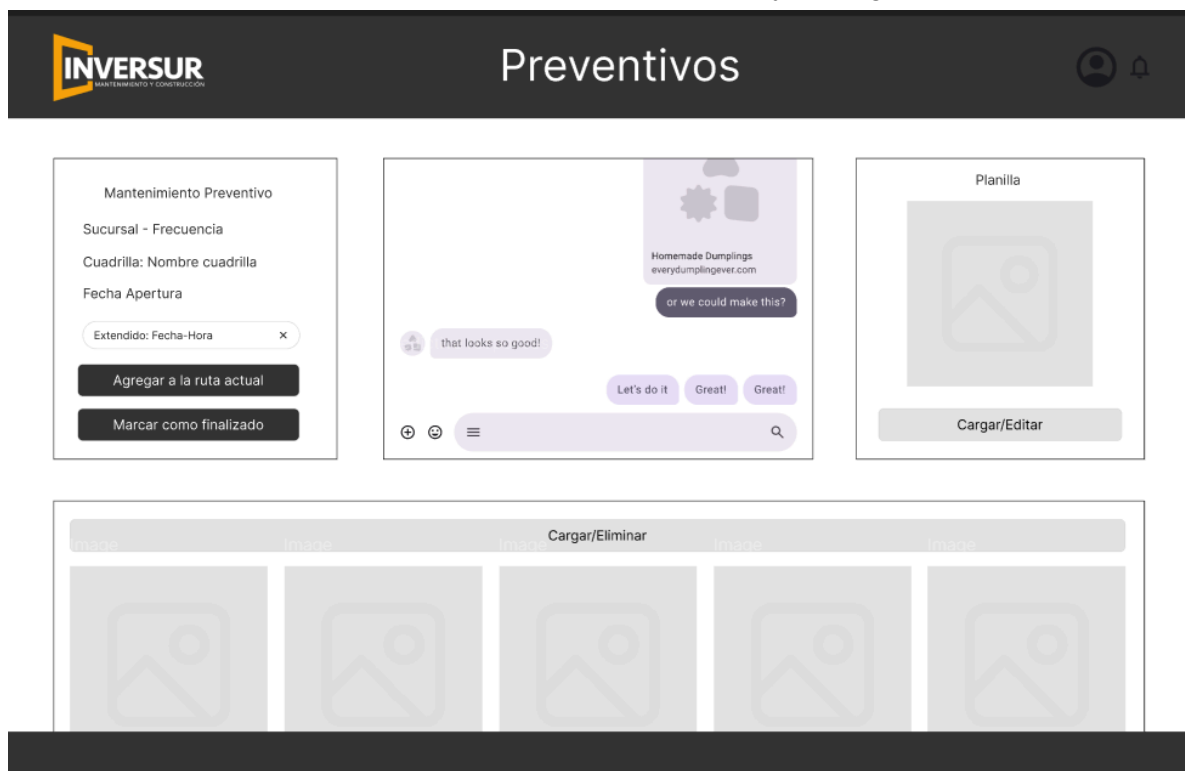


Figura 14. Pantalla Obra Preventiva (Información General, Chat, Planilla, Fotos)

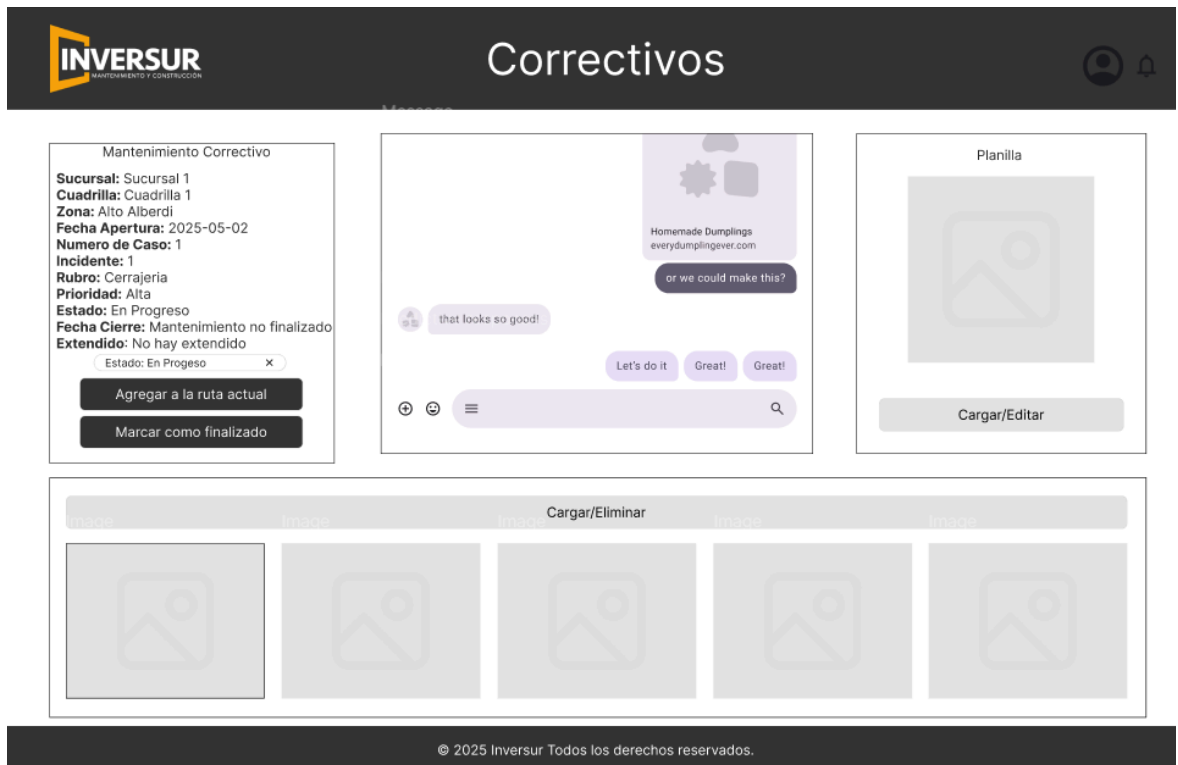


Figura 15. Pantalla Obra Correctiva(Información General, Chat, Planillas, Fotos)

- **Panel de Estadísticas:** ofrece visualizaciones gráficas y tablas de eficiencia por zona, rubro o cuadrilla.

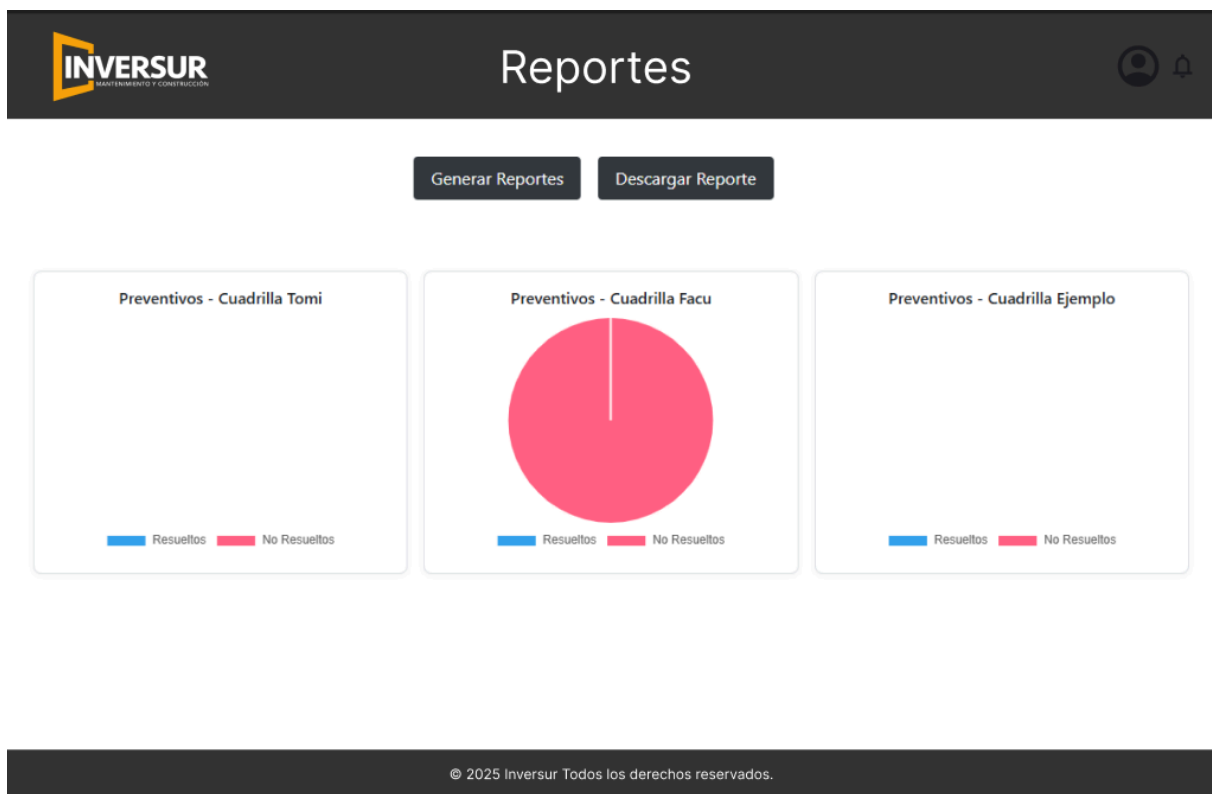


Figura 16. Pantalla Estadísticas (Gráficos y Estadísticas por zona, cuadrilla)

Las pantallas fueron diseñadas priorizando la claridad de la información, la accesibilidad desde dispositivos móviles y la coherencia visual con la identidad de Inversur.

Cada vista refleja las funcionalidades principales definidas en la etapa de análisis y casos de uso.

Diseño técnico

Diagramas UML

Para representar la estructura lógica y las interacciones del sistema se desarrollaron los siguientes diagramas:

- **Diagrama de Clases:** modela las principales entidades del sistema (Cliente, Sucursal, Obra, Cuadrilla, Usuario, Notificación, Reporte) y sus relaciones, implementadas posteriormente como modelos en la base de datos relacional PostgreSQL.

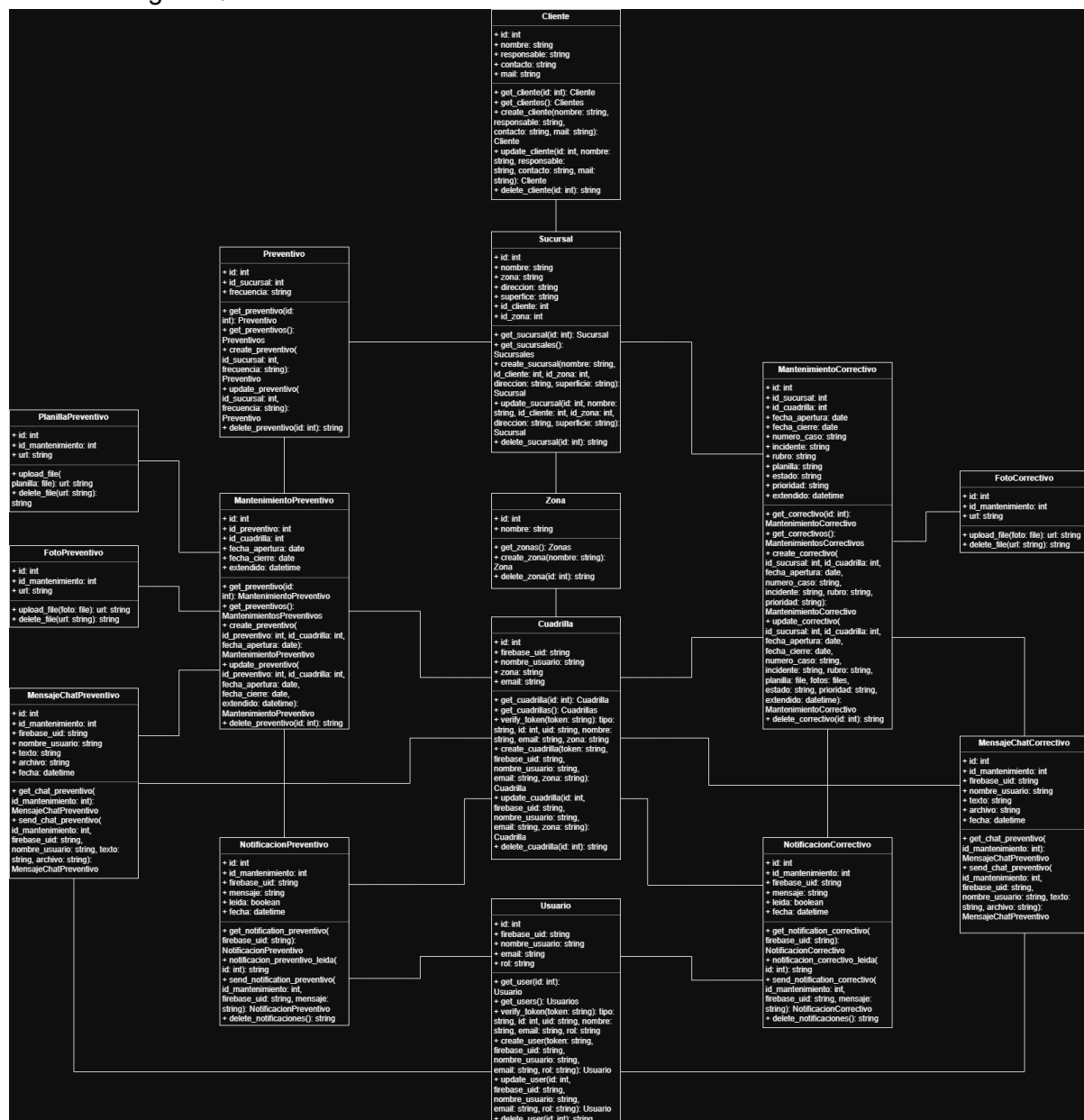


Figura 17. Diagrama de Clases del sistema de gestión de obras y cuadrillas.

- **Diagrama de Casos de Uso:** muestra las interacciones entre actores y funcionalidades, destacando la relación entre obras, cuadrillas, notificaciones y reportes. (*Figura 3. Diagrama general de casos de uso del sistema de gestión de obras y cuadrillas*)
- **Diagrama de Objetos de Dominio:** detalla instancias representativas del modelo de datos, facilitando la validación de relaciones en tiempo de diseño.

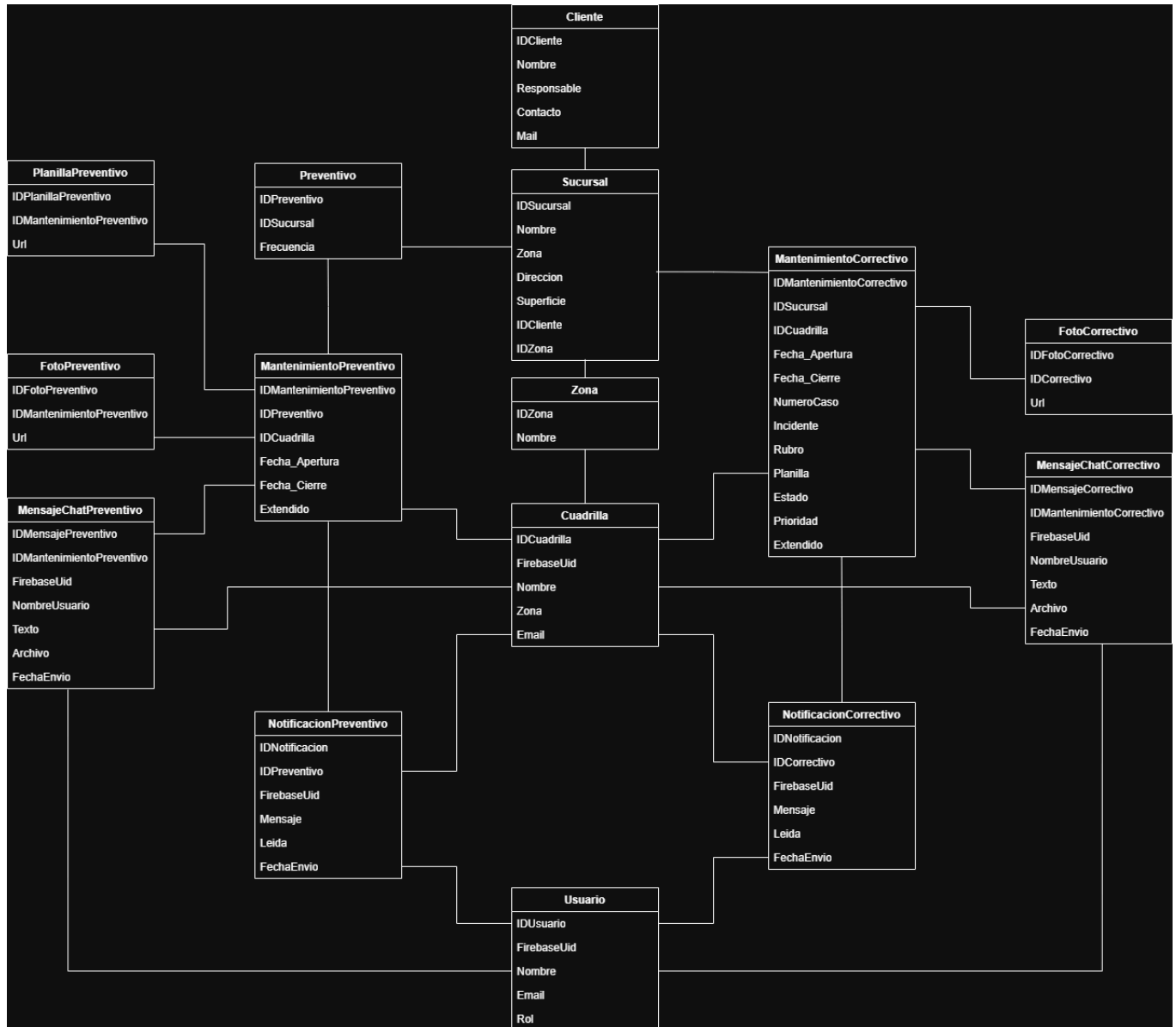


Figura 18. Diagrama de Objetos de Dominio.

- **Diagrama Entidad-Relación:** define las claves primarias, foráneas y dependencias entre las tablas principales.

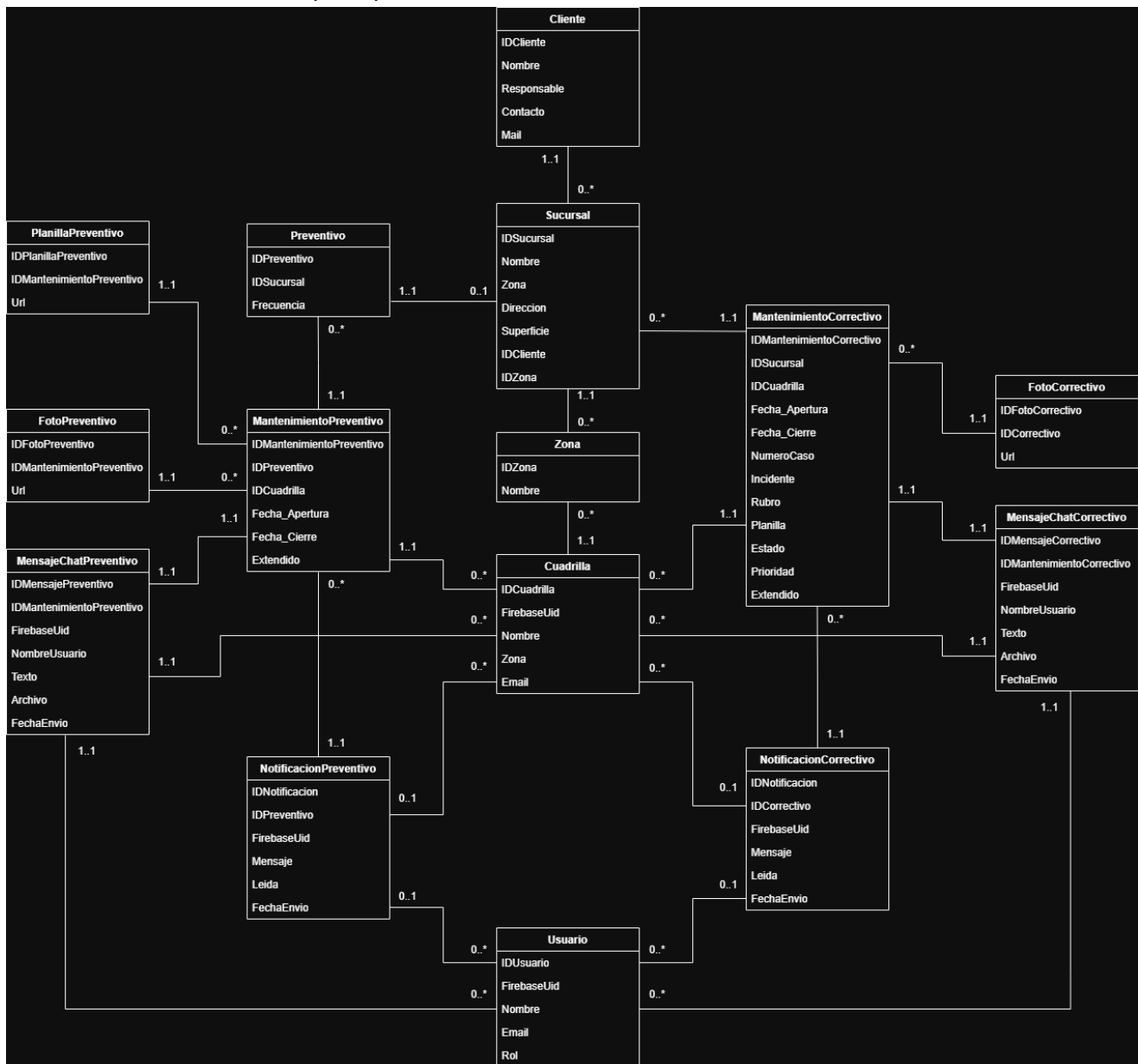


Figura 19. Diagrama Entidad-Relación.

Arquitectura del sistema

El sistema se diseñó siguiendo una **arquitectura cliente-servidor de tres capas (n-capas)**:

1. **Capa de presentación (Frontend):** desarrollada en **React.js**, responsable de la interfaz de usuario, la navegación y la comunicación con el backend a través de solicitudes HTTP.
Se emplearon componentes reutilizables con **React Bootstrap**, React Router y Leaflet para la visualización geográfica.
2. **Capa de negocio (Backend):** implementada en **FastAPI (Python)**. Gestiona la lógica de negocio, la validación de datos y la conexión con las bases de datos. La API RESTful expone endpoints seguros mediante JWT y se documenta

automáticamente con OpenAPI.

3. **Capa de datos (Persistencia):** compuesta por una base de datos **PostgreSQL** (para información estructurada) y **Firebase Realtime Database** (para ubicaciones y chat en tiempo real).
Además, se integran servicios de almacenamiento externo (**Google Cloud Storage**) y sincronización administrativa (**Google Sheets API**).

ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR DE TRES CAPAS (N-CAPAS)

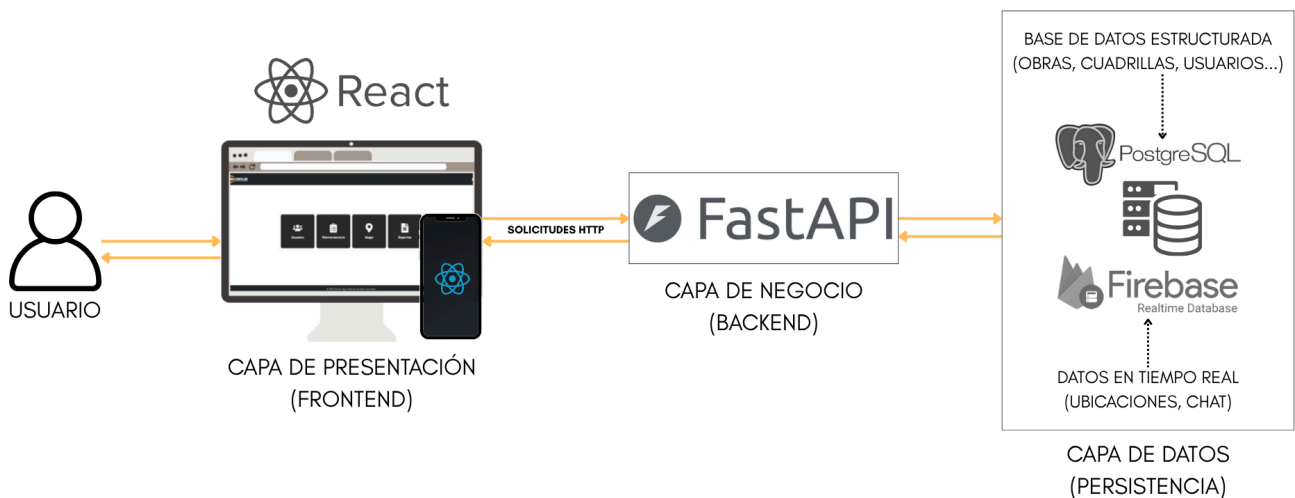


Figura 20. Diagrama Arquitectura del Sistema

La infraestructura fue pensada para ser **desplegable en entornos Dockerizados**, con **GitHub Actions** como pipeline de CI/CD, lo que facilita pruebas automáticas, versionado y despliegue continuo.

Integraciones externas clave:

- OpenStreetMap (visualización base de mapas).
- Google Places API (autocompletado de direcciones).
- Firebase Authentication (gestión de usuarios y permisos).
- PyWebPush (notificaciones push desde el backend).

Esta combinación de tecnologías garantiza un equilibrio entre rendimiento, escalabilidad y costo operativo.

Patrones de diseño

Para asegurar una estructura coherente y mantenible, se aplicaron los siguientes patrones:

- **MVC (Modelo-Vista-Controlador):** separa la lógica de negocio (FastAPI y modelos SQLAlchemy), la presentación (React.js) y la gestión de interacción (controladores o endpoints).
- **Observer / Publisher-Subscriber:** utilizado en el sistema de notificaciones y actualizaciones en tiempo real a través de Firebase.
- **Repository Pattern:** implementado en el backend para abstraer las operaciones de acceso a datos y facilitar pruebas unitarias.
- **Component-Based Design:** aplicado en el frontend React, promoviendo la reutilización y modularidad de componentes de interfaz (formularios, tablas, modales, mapas, chats).

Implementación

La implementación del Sistema de Gestión de Obras y Cuadrillas de Inversur se llevó a cabo mediante un enfoque modular, desarrollando cada componente de forma independiente pero integrada dentro de una arquitectura cliente–servidor.

El proceso se dividió en etapas según los módulos funcionales definidos en la fase de diseño, los cuales fueron ensamblados progresivamente para conformar una plataforma web unificada, escalable y de fácil mantenimiento.

Módulos del sistema

1. Módulo de Autenticación y Gestión de Usuarios

Encargado de manejar el inicio y cierre de sesión, registro de usuarios y asignación de roles. Permite autenticar a Administradores, Encargados de Mantenimiento y Cuadrillas, aplicando controles de acceso según permisos definidos. Integra Firebase Authentication y el uso de tokens JWT para sesiones seguras.

Principales funcionalidades:

- Registro de nuevos usuarios y cuadrillas.
- Inicio de sesión con validación de credenciales.
- Asignación de roles y permisos.
- Modificación y eliminación de usuarios.
- Cierre de sesión y control de sesiones activas.

2. Módulo de Gestión de Obras

Administra todas las operaciones vinculadas a obras preventivas y correctivas, desde su creación hasta su finalización. Permite registrar la información principal (cliente, sucursal, rubro, fechas, prioridad, estado) y vincular cada obra a una cuadrilla específica.

Funciones principales:

- Creación, edición y eliminación de obras preventivas y correctivas.
- Asignación manual o automática de cuadrillas.
- Carga de planillas y fotos asociadas.
- Cambio de estado: pendiente, en proceso, solucionado y finalizado.
- Filtros por zona, sucursal, rubro, estado o prioridad.

- Visualización general de todas las obras en curso o completadas.

3. Módulo de Gestión de Clientes y Sucursales

Permite el alta, modificación, baja y visualización de los clientes y de las sucursales asociadas donde se realizan tareas de mantenimiento. Cada cliente incluye datos como nombre, responsable y contacto; cada sucursal incluye nombre, dirección, zona, superficie, y se encuentra georreferenciada para optimizar la asignación de cuadrillas y la planificación de rutas.

Funciones principales:

- ABM de clientes (creación, edición y eliminación).
- ABM de sucursales asociadas a cada cliente, incluyendo nombre, dirección, zona y superficie.
- Asociación de sucursales con obras preventivas o correctivas.
- Visualización de ubicaciones en el mapa interactivo.
- Sincronización con Google Sheets para respaldo administrativo.

4. Módulo de Gestión de Cuadrillas

Facilita el control de las cuadrillas operativas, su zona de cobertura y desempeño. Permite a los encargados supervisar las tareas asignadas y la ubicación en tiempo real de cada grupo.

Funciones principales:

- Registro y edición de cuadrillas.
- Asignación por zona.
- Seguimiento de desempeño mediante reportes.
- Visualización en mapa en tiempo real (usando GPS y Firebase).

5. Módulo de Notificaciones y Alertas

Responsable de generar notificaciones inteligentes basadas en prioridad de las obras y proximidad geográfica. Permite alertar automáticamente a las cuadrillas ante nuevos casos urgentes o cercanos a su ruta actual.

Funciones principales:

- Notificación inmediata ante obras de alta prioridad.
- Alertas por proximidad a obras pendientes.
- Posibilidad de aceptar o rechazar tareas desde la notificación.
- Registro histórico de notificaciones enviadas y atendidas.

6. Módulo de Geolocalización y Rutas

Permite la visualización en tiempo real de las cuadrillas y la generación de rutas óptimas para las obras asignadas. Su integración con Google Maps y Firebase garantiza actualizaciones automáticas cada pocos segundos.

Funciones principales:

- Visualización de cuadrillas en mapa.
- Actualización de ubicación en tiempo real.
- Sugerencia de ruta óptima considerando prioridad y distancia.
- Registro de obras completadas por recorrido.

7. Módulo de Chat y Comunicación Interna

Facilita la comunicación entre el encargado de mantenimiento y las cuadrillas asignadas a una obra. Cada obra posee un chat independiente y persistente, que permite mantener un historial de mensajes y archivos adjuntos.

Funciones principales:

- Chat individual por obra (correctiva o preventiva).
- Almacenamiento en tiempo real con Firebase.
- Envío de mensajes, imágenes o enlaces relevantes.
- Notificaciones automáticas ante nuevos mensajes.

8. Módulo de Reportes y Análisis

Permite generar reportes personalizados sobre el desempeño operativo de las cuadrillas y el avance de obras. Estos reportes facilitan la toma de decisiones estratégicas y la evaluación de la eficiencia del servicio.

Funciones principales:

- Reportes de obras resueltas/asignadas (preventivas y correctivas).
- Promedio de días de resolución por rubro.
- Promedio de casos por zona.
- Exportación de resultados a Google Sheets.
- Visualización gráfica de métricas e indicadores.

Integración y Ensamblado

Cada módulo fue desarrollado de forma independiente en repositorios y ramas específicas dentro del proyecto de GitHub, asegurando una integración controlada mediante pull requests y pipelines de CI/CD.

Las pruebas unitarias y de integración validaron la comunicación entre el frontend, el backend y los servicios externos (Google APIs, Firebase, PostgreSQL). Finalmente, el sistema fue desplegado en un entorno productivo, capacitando al personal de Inversur para su uso operativo.

Pruebas

Plan de pruebas

Objetivo:

Garantizar la calidad, estabilidad y correcto funcionamiento del Sistema de Gestión de Obras y Cuadrillas mediante la aplicación de pruebas unitarias, integrales (Cypress) y de aceptación, asegurando que todas las funcionalidades respondan a los requerimientos definidos.

Alcance:

El plan de pruebas abarca todos los módulos del sistema, incluyendo obras, cuadrillas, sucursales, usuarios, chat, notificaciones, autenticación, mapa de ubicaciones, y la gestión completa de mantenimiento preventivo y correctivo.

Entornos:

Las pruebas se ejecutaron en un entorno local de desarrollo con los servicios de backend y frontend desplegados de forma integrada. También se automatizó la ejecución de suites mediante flujos CI/CD en GitHub Actions.

Herramientas:

- **Backend:** pytest con reportes de cobertura y resultados en formato XML.
- **Frontend:** Vitest con reporter de cobertura.
- **Pruebas de integración y E2E:** Cypress con reporter JUnit para registrar resultados.
- **Integración continua:** GitHub Actions como entorno automatizado de ejecución y control.

Criterios de entrada:

- Historias de usuario con criterios de aceptación definidos.
- Servicios y frontend funcionales y desplegados en entorno de prueba.

Criterios de salida:

- Cobertura mínima de líneas alcanzada ($\geq 80\%$).
- Sin defectos críticos abiertos.
- Todas las pruebas Cypress ejecutadas correctamente.
- Validación y aceptación del producto por los usuarios finales.

Métricas y umbrales:

- **Backend:** Cobertura $\geq 80\%$.
- **Frontend:** Cobertura $\geq 80\%$.
- **Pruebas de integración (Cypress):** 100 % de flujos críticos exitosos.

Pruebas unitarias

Backend (FastAPI):

Evalúan individualmente las funciones, servicios y controladores del backend, garantizando que cada componente cumpla su responsabilidad de forma aislada.

Incluyen pruebas sobre:

- **Modelos y esquemas:** validaciones Pydantic y reglas de negocio (estados, prioridades).
- **Servicios:** creación y actualización de obras, asignación de cuadrillas, finalización y cierre.
- **Controladores:** respuestas HTTP, manejo de excepciones y validación de entradas.

Frontend (React + Vitest):

Prueban los componentes, hooks y utilidades del frontend de manera aislada, asegurando el correcto renderizado y comportamiento de la interfaz.

Incluyen:

- **Componentes:** validaciones de formularios, renderizado condicional y botones de acción.
- **Hooks:** gestión de sesión, filtros y permisos por rol.
- **Utilidades:** formato de direcciones, estados de obra y helpers de interfaz.

Pruebas de integración y E2E (Cypress):

Las pruebas de integración y de extremo a extremo se realizaron con Cypress, verificando el correcto funcionamiento del sistema completo e integrado entre frontend, backend y base de datos.

Flujos principales probados:

- **Carga de Obras:** creación y validación de datos, confirmación en el listado.
- **Gestión de Cuadrillas:** alta, modificación y visualización.
- **Asignación de Obras:** vinculación entre obras y cuadrillas.
- **Gestión de Sucursales:** alta y edición con georreferenciación.
- **Finalización de Obra:** carga de planillas y fotografías como evidencia.
- **Notificaciones:** recepción y visualización por parte de las cuadrillas.
- **Mapa:** visualización de ubicaciones de obras y cuadrillas activas.
- **Chat y comunicación interna:** envío y recepción de mensajes entre usuarios.
- **Autenticación:** validación de credenciales y control de accesos por rol.

Estas pruebas garantizan que los módulos interactúan correctamente entre sí, que la experiencia del usuario es fluida y que las reglas de negocio se respetan de extremo a extremo.

Pruebas de aceptación

Objetivo:

Validar junto a los usuarios finales (encargados, cuadrillas y administradores) que el sistema cumple con los requerimientos funcionales definidos y satisface las necesidades operativas de la empresa.

Criterios de aceptación destacados:

- Las obras pueden finalizarse con evidencia y el estado se refleja en el panel del encargado.
- Las cuadrillas reciben notificaciones automáticas al asignarse una nueva obra.
- Las sucursales se muestran correctamente en el mapa con su ubicación geográfica.
- Los usuarios pueden comunicarse mediante el chat interno sin errores.

Metodología:

Se realizaron sesiones de demostración con los usuarios, validando cada historia de usuario del sistema mediante una lista de verificación y evidencias registradas en Cypress.

El resultado fue la aceptación completa de las funcionalidades implementadas sin observaciones críticas.

Evidencias y reporting:

- **Backend:** reportes pytest-report.xml y coverage.xml con cobertura ≥ 80 %.
- **Frontend:** reportes de Vitest (--coverage) con cobertura ≥ 80 %.
- **Integración/E2E:** reportes JUnit (results.xml) y capturas automáticas de Cypress.
- **Trazabilidad:** cada prueba está asociada a una historia de usuario documentada.
- **Gestión de incidencias:** los defectos detectados se registraron, priorizaron y resolvieron, ejecutando nuevamente las pruebas afectadas hasta su validación.

BENEFICIOS POST-IMPLEMENTACIÓN

La implementación del Sistema de Gestión de Obras y Cuadrillas de Inversur traerá beneficios tangibles e intangibles tanto para la empresa como para sus equipos de trabajo. La digitalización de los procesos, la automatización de tareas repetitivas y la centralización de la información permitirán mejorar la eficiencia operativa, la trazabilidad y la capacidad de respuesta ante incidentes.

Beneficios operativos

- Incremento estimado del 40 % en la eficiencia operativa, gracias a la automatización de la asignación de obras, notificaciones inteligentes y carga en tiempo real de información desde el campo.
- Reducción del 60 % en el tiempo de registro y seguimiento de obras, al reemplazar planillas manuales y comunicaciones informales por un flujo digital centralizado.
- Disminución de errores humanos y pérdida de información, debido a la validación de datos y sincronización automática entre frontend, backend y base de datos.
- Mayor trazabilidad de los trabajos realizados, con acceso histórico a planillas, fotos y reportes por sucursal, cuadrilla o rubro.
- Optimización de la planificación logística, mediante geolocalización y rutas sugeridas que reducen traslados innecesarios.

Beneficios organizacionales

- Mejor comunicación interna entre encargados y cuadrillas, a través del sistema de chat por obra.
- Aumento de la transparencia y control administrativo, al centralizar toda la información en un único entorno digital auditable.
- Disponibilidad de reportes en tiempo real, que permiten evaluar desempeño, tiempos de resolución y eficiencia por zona o rubro.

Beneficios estratégicos

- Base tecnológica escalable que permitirá extender el sistema a otros rubros de la empresa (gráfica, logística, etc.) o a clientes externos.
- Mayor satisfacción del cliente final (banco), al garantizar respuestas más rápidas y un servicio documentado.
- Fortalecimiento de la cultura digital dentro de la organización, fomentando la adopción de herramientas tecnológicas modernas y colaborativas.

IMPACTO ECONÓMICO (estudio de costos)

El desarrollo del sistema no implicó costos monetarios directos para la empresa ni para el equipo de desarrollo. Se utilizó infraestructura, software y servicios con planes gratuitos o de uso limitado que resultaron suficientes para cubrir las necesidades del proyecto.

Costos de implementación

Concepto	Descripción	Costo estimado
Desarrollo de software	Diseño, programación y pruebas (realizado por el equipo de tesis)	\$0 (sin facturación a la empresa)
Infraestructura	Hosting en plataformas con planes gratuitos (Azure, Neon, Firebase)	\$0
Servicios externos	APIs de Google Maps, Google Sheets, Firebase Authentication, Google Cloud Storage (uso dentro del límite gratuito)	\$0
Herramientas de gestión	GitHub, JIRA, Confluence (uso educativo o gratuito)	\$0
Capacitación interna	Instrucción básica al personal de Inversur para el uso del sistema	\$0

Total estimado de inversión inicial: \$0
(no incluye mano de obra, ya que fue un proyecto académico sin fines comerciales).

Beneficios económicos

- **Ahorro anual estimado del 30 % en tiempo administrativo**, al eliminar la duplicación de tareas y consolidar información automática en Google Sheets.
- **Reducción de costos operativos indirectos**, al optimizar rutas y tiempos de traslado de cuadrillas.
- **Eliminación de licencias comerciales** de software de gestión o seguimiento, al disponer de una herramienta propia.
- **Mayor productividad del personal**, gracias a la simplificación del flujo de trabajo y la disminución de errores manuales.

En conjunto, el sistema genera un impacto económico positivo, al sustituir procesos manuales por digitales sin requerir inversión inicial, logrando un retorno de valor inmediato en eficiencia y trazabilidad.

IMPACTO SOCIAL

La digitalización de la gestión de obras y cuadrillas de Inversur no solo optimiza procesos internos, sino que también genera un impacto social positivo al mejorar las condiciones de trabajo, la comunicación y la calidad del servicio brindado a la comunidad.

Beneficio o impacto positivo general

El proyecto contribuye a la profesionalización del trabajo operativo, integrando tecnología accesible para todos los empleados de la empresa. La plataforma promueve un entorno más organizado, comunicativo y transparente, mejorando la coordinación entre encargados, técnicos y clientes.

Segmentos de la población beneficiados

- **Personal técnico y cuadrillas:** ahora cuentan con una herramienta móvil sencilla y confiable para registrar avances, compartir fotos y recibir notificaciones sin depender de llamadas o mensajes informales.
- **Encargados y administradores:** disponen de información consolidada en tiempo real, lo que reduce el estrés operativo y facilita la toma de decisiones.
- **Clientes institucionales (bancos):** reciben servicios más ágiles y con evidencia documental de las tareas realizadas.

Proyección social a futuro

El sistema posee potencial de replicarse en otras empresas o municipios que gestionen cuadrillas de mantenimiento, contribuyendo a modernizar el sector y promover el uso responsable de la tecnología en ámbitos laborales.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del *Sistema de Gestión de Obras y Cuadrillas de Inversur* permitió cumplir satisfactoriamente con los objetivos propuestos al inicio del proyecto. A partir del diagnóstico realizado, se logró transformar un proceso operativo basado en planillas de cálculo y herramientas dispersas, en una plataforma web centralizada que optimiza la planificación, asignación y seguimiento de obras de mantenimiento preventivo y correctivo.

La solución implementada integra funcionalidades clave como la geolocalización en tiempo real de cuadrillas, la carga de evidencia multimedia, las notificaciones automáticas, la mensajería interna y la generación de reportes administrativos, contribuyendo significativamente a mejorar la trazabilidad de las tareas, la eficiencia operativa y la comunicación entre los diferentes actores de la empresa. Además, la interfaz responsive posibilita su uso desde cualquier dispositivo, facilitando el acceso tanto a encargados como a cuadrillas en campo.

Durante el proceso se adquirieron y aplicaron conocimientos técnicos relevantes en desarrollo web full-stack, bases de datos relacionales, integración de APIs y metodologías ágiles de gestión. La utilización de herramientas como React, FastAPI, PostgreSQL, Firebase y GitHub Actions permitió implementar buenas prácticas de ingeniería de software, asegurando un producto robusto y escalable.

El proyecto demostró la importancia de la investigación previa y del trabajo interdisciplinario entre los integrantes del equipo y los representantes de la empresa, cuya participación constante fue clave para garantizar la adecuación funcional del sistema a las necesidades reales del entorno operativo.

En síntesis, la implementación del sistema representa un avance tangible hacia la digitalización integral de los procesos de Inversur. Se espera que su uso contribuya a reducir los tiempos administrativos, optimizar los recursos humanos, mejorar la calidad del servicio brindado y sentar las bases para futuras ampliaciones, como la incorporación de inteligencia de datos para la toma de decisiones. El proyecto evidencia cómo la aplicación de la ingeniería de sistemas puede generar impacto directo y positivo en la gestión empresarial.

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

Foco en Obra. (s.f.). *Top 10 mejores softwares de construcción* de <https://focoenobra.com/blog/top-10-mejores-softwares-de-construccion/>

Wikipedia. (s.f.). *Arquitectura cliente-servidor*. Wikipedia de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cliente-servidor>

Wikipedia. (s.f.). *Scrum (desarrollo de software)*. Wikipedia de [https://es.wikipedia.org/wiki/Scrum_\(desarrollo_de_software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Scrum_(desarrollo_de_software))

Atlassian. (s.f.). *Sprints en Scrum*. Atlassian de <https://www.atlassian.com/es/agile/scrum/sprints>

Kinsta. (s.f.). *Qué es FastAPI: Ventajas del framework para APIs modernas* de <https://kinsta.com/es/blog/fastapi/>

MDN Web Docs. (s.f.). *React: Una biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario* de <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Frameworks/React>