

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA**  
**SEDE CAMPUS SAN JOAQUIN**

**Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de pórticos y shelters de rutas  
concesionadas mediante la digitalización del registro de observaciones y la calidad de  
los datos**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Alumno: Felipe Garrido Smith

Profesor Guía: Mg. Ing. Carlos Baldi



## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

### 1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

**Tipo de monografía (marcar una opción):**  Memoria o trabajo de título  Tesis de Postgrado

**Título del trabajo:** Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento de pórticos y shelters de rutas concesionadas mediante la digitalización del registro de observaciones y la calidad de los datos

**Nombre del candidato(a):** Felipe Garrido Smith

**Carrera / Grado:** Ingeniería en Mantenimiento Industrial con Licenciatura en Ingeniería, Vespertino.

**Campus:** San Joaquín **Departamento:** Mecánica

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carlos Baldi González, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses  12 meses  2 años  3 años  5 años  10 años

**Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):**


---

---

---

### 4.- FIRMAS

**Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:**

Fecha: 11/05/2026 Firma: 

**Estudiante o Candidato(a):**

Fecha: 11/05/2026 Firma: 

*Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.*

## Resumen

**Keywords: Digitalización del mantenimiento – Fiscalización en rutas concesionadas - Gestión de observaciones – Calidad de los datos – ISO 9001 – ISO 8000 – Pórticos y Casetas Técnicas.**

En el marco del proceso de fiscalización del mantenimiento de pórticos y casetas técnicas en rutas concesionadas, se identificó que el modelo actual de gestión de observaciones, basado en planillas Excel y comunicación por correo electrónico, presenta limitaciones críticas en términos de trazabilidad, calidad del dato, eficiencia operativa y cumplimiento de los requisitos definidos en las Bases de la Licitación (BALI) y en el decreto Supremo N° 508. Dichas limitaciones generan riesgos de pérdida de información, duplicidad de registros y ausencia de control documental estructurado, dificultando el proceso de supervisión y retrasando los ciclos de corrección por parte de las concesionarias.

Frente a esta problemática, el presente Trabajo de Título tiene por objetivo proponer una mejora en la gestión de las observaciones realizadas en terreno mediante la digitalización avanzada del registro y fortaleciendo la calidad de los datos, identificando alternativas tecnológicas viables y evaluando su desempeño en función de criterios técnicos, normativos y operacionales. Para ello, se analizó el sistema actual y posteriormente se evaluaron tres plataformas digitales HSI DoneSafe, Fractal One y MainTainX con el fin de determinar su capacidad para estandarizar el proceso, mejorar la trazabilidad y asegurar el cumplimiento de los estándares ISO 9001:2015 e ISO 8000:2015.

La metodología desarrollada incluyó un análisis comparativo estructurado, raíz de decisión multicriterio y una evaluación económica orientada a identificar la alternativa más adecuada para el contexto de la fiscalización del mantenimiento. Los resultados permiten concluir que la implementación de un sistema digital contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del proceso, asegurar integridad de la información y reducir los tiempos administrativos asociados al registro y seguimiento de observaciones, fortaleciendo con ello la gestión del mantenimiento y la calidad de los datos.

Los beneficios esperados de la propuesta permiten proyectar un impacto positivo en la confiabilidad y del proceso de fiscalización, mejorando la toma de decisiones basada en

información trazable, estandarizada y estableciendo una base sólida para la modernización del sistema de supervisión.

## ÍNDICE

### **Contenido**

<b>CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE FISCALIZACIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN RUTAS CONCESIONADAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE CONCESIONES VIALES EN CHILE</b>	<b>10</b>
<b>1.2 ROL DEL FISCALIZADOR EN OBRAS VIALES CONCESIONADAS .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 EQUIPOS TECNOLOGICOS EN LOS PORTICOS Y SU PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4 MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5 GESTIÓN DE LA CALIDAD Y TRAZABILIDAD EN LA FISCALIZACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>1.6 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 2: PROPUESTA Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DIGITALZACION DEL REGISTRO DE OBSERVACIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA Y CONCEPTUAL.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SOFTWARE Y ANÁLISIS TÉCNICO .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.1 HSI DONESAFE.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2 FRACTAL ONE.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.3 MainTainX .....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.4 COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LAS ALTERNATIVAS DIGITALES ....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE OBSERVACIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>2.4 Alcance del sistema .....</b>	<b>34</b>
<b>2.5 ROLES Y PERMISOS .....</b>	<b>35</b>
<b>2.6 FLUJO DE LA IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>36</b>
<b>2.7 CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y MÉTRICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.1 INDICADORES DE EFICIENCIA OPERATIVA .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7.2 INDICADORES DE TRAZABILIDAD Y CONTROL DOCUMENTAL.....</b>	<b>39</b>
<b>2.7.3 INDICADORES DE CALIDAD DE LOS DATOS .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y EVALUACIÓN TÉCNICA ECONOMICA DE LA PROPUESTA DIGITAL .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 ANÁLISIS TÉCNICO COMPARTIVO DE LAS ALTERNATIVAS DIGITALES.....</b>	<b>42</b>

<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS NORMATIVO: ALINEACIÓN CON BALI, DS 508, ISO 9001 E ISO 8000</b>	<b>43</b>
<b>3.3</b>	<b>ANÁLISIS ECÓNOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DIGITALES .....</b>	<b>46</b>
<b>3.4</b>	<b>MATRIZ DE DECISIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA OPTIMA</b>	<b>47</b>
<b>3.5</b>	<b>BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN .....</b>	<b>52</b>
<b>3.6</b>	<b>RIESGOS DE IMPLEMENTACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>3.7</b>	<b>CASO PRACTICO SIMULADO MODELO ACTUAL - MODELO PROPUESTO.....</b>	<b>54</b>
<b>3.8</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y EL IMPACTO DE LA DIGITALCION EN LA FISCALIZACIÓN.....</b>	<b>55</b>

## SIGLAS

<b>BALI</b>	Bases de Licitación
<b>DS</b>	Decreto Supremo
<b>MTBF</b>	Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallas)
<b>MTTR</b>	Mean Time To Repair (Tiempo Medio de Reparación)
<b>MOP</b>	Ministerio de Obras Públicas
<b>PdC</b>	Punto de Cobro
<b>PPP</b>	Asociación Público-Privada
<b>SEC</b>	Sistema Electrónico de Cobro
<b>TPCO</b>	Tiempo Promedio de Cierre de Observaciones
<b>OCP / PCO</b>	Observaciones Cerradas en Plazo

## **OBJETIVO GENERAL**

Proponer una herramienta de digitalización para la gestión del registro, seguimiento y cierre de observaciones en la fiscalización del mantenimiento de pórticos y casetas técnicas en rutas concesionadas de Chile, con el fin de mejorar la trazabilidad, eficiencia y la calidad de los datos durante el periodo 2025.

## **OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Analizar la evolución del sistema de concesiones viales en Chile y el proceso actual de fiscalización del mantenimiento, identificando brechas de trazabilidad y control de documentación en el registro.
- Evaluar comparativamente alternativas digitales para optimizar la gestión del registro y cierre de observaciones técnicas conforme a los principios de la calidad establecidos en la norma ISO 8000.
- Seleccionar la alternativa más conveniente en función de sus beneficios técnicos, normativos, operativos de la propuesta en términos de trazabilidad, tiempo de respuesta y reducción de errores de registro.

**CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE FISCALIZACIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN RUTAS CONCESIONADAS.**

## **1.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE CONCESIONES VIALES EN CHILE**

El sistema de concesiones viales en Chile Surge en la década de 1990 como una respuesta a la necesidad de modernizar la infraestructura de transporte del país sin sobrecargar el presupuesto fiscal. En este contexto, se promulgó la Ley 19.068 de Concesiones de Obras Públicas (1991), que permitió la incorporación de capital privado en la construcción, operación y mantenimiento de carreteras, túneles y puentes, bajo la modalidad de asociación público privada (PPP).

Este modelo representó un cambio significativo en la forma de desarrollar infraestructura, otorgando a las concesionarias la responsabilidad de financiar y explotar las obras por un período determinado, a cambio de cobro de peajes u otros mecanismos de pago. Durante los primeros años de implementación, el sistema se enfocó en proyectos interurbanos de gran envergadura, tales como la Ruta 5 Sur y la Ruta 68, que conectan zonas estratégicas del país.

Posteriormente, el modelo se expandió hacia las autopistas urbanas de Santiago, como Costanera Norte y Autopista Central, introduciendo sistemas de telepeajes y control de tráfico avanzados para mejorar la movilidad en la capital. Esta evolución convirtió al sistema chileno en un referente regional, destacando por su capacidad de atraer inversión privada y por el desarrollo tecnológico aplicado en la gestión vial.

Con el tiempo, la consolidación del modelo de concesiones permitió una cobertura vial más amplia y moderna, pero también generó nuevos desafíos relacionados con la fiscalización técnica del mantenimiento y la necesidad de garantizar la confiabilidad de los sistemas electrónicos de cobro. En la actualidad, el sistema Electrónico de Cobro (SEC) está compuesto por pórticos, casetas técnicas y subsistemas de comunicación, los cuales gestionan grandes volúmenes de información transaccional que debe ser auditable y trazables para asegurar la integridad operativa del sistema.

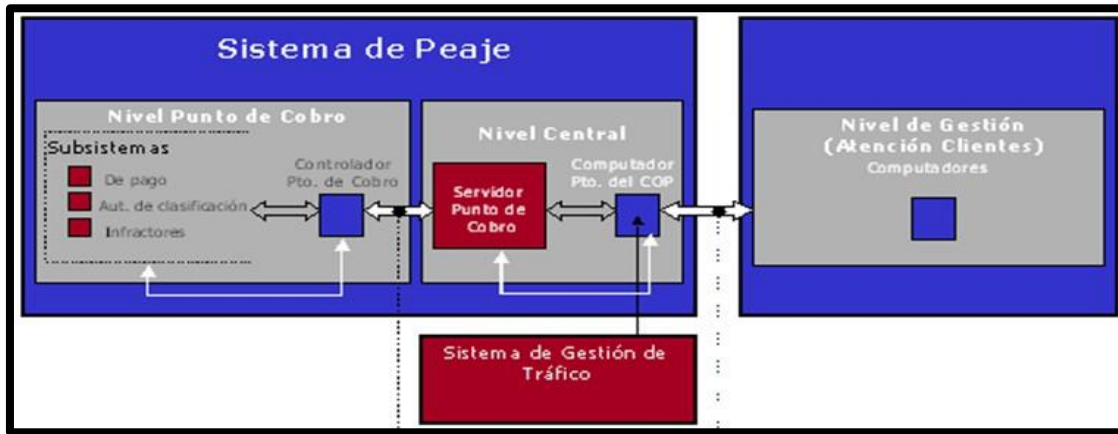


Figura 1.1: Sistemas de comunicaciones

Fuente: Documento de con las bases de licitación (BALI)

No obstante, el proceso de fiscalización del mantenimiento aún presenta brechas importantes en la gestión documental y trazabilidad de las observaciones. Actualmente, los registros de observaciones se realizan principalmente en planillas Excel, lo que ha evidenciado limitaciones como la pérdida o duplicación de información, la falta de respaldo fotográfico asociado, la dificultad para hacer seguimiento a los cierres de observaciones y demoras en la consolidación de reportes.

Estas deficiencias impactan directamente la calidad y confiabilidad de los datos, dificultando la toma de decisiones técnicas y la verificación del cumplimiento de los estándares exigidos en las Bases de la licitación (BALI). En síntesis, el sistema de concesiones viales chileno continua en expansión y actualización, sin embargo, persiste la necesidad de mejorar los mecanismos de control documental y trazabilidad del mantenimiento, aspecto que constituye el eje central de esta investigación y que será abordado en profundidad en los capítulos posteriores.



Figura 1.1: Evolución del sistema de Concesiones Viales en Chile

Fuente: Elaboración propia con generación de imagen mediante IA, 2025

La presente figura 1.1 muestra la evolución histórica del sistema de concesiones viales en Chile, destacando sus principales hitos. En conjunto, esta figura contextualiza el rol que desempeña el sistema de concesiones dentro de la infraestructura vial del país y establece la base histórica necesaria para comprender los desafíos actuales de supervisión, fiscalización y modernización tecnológica.

## 1.2 ROL DEL FISCALIZADOR EN OBRAS VIALES CONCESIONADAS

En el modelo de concesiones viales en Chile, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) es la entidad responsable de definir las bases de la licitación, en las cuales se establecen las exigencias técnicas, operativas y de servicio que deben cumplir las concesionarias. Dichas bases consideran parámetros de disponibilidad de equipos, tiempos máximos de respuesta ante fallas, indicadores de confiabilidad como MTBF (Mean Time Between Failures) y mantenibilidad como MTTR (Mean Time To Repair), además de criterios de seguridad vial y atención a usuarios.

Parámetros de acuerdo con BALI		Índice (%)
1-Porticos	Confiability	99.9
	Disponibilidad	
2- Pórticos	MTBF	10000 Hrs
	MTRR	30 minutos
3.-Clasificación Automática de Vehículos (AVI)	Precisión	99.9
4.-Servidor Plaza Peaje	Disponibilidad	99.5
	Confiability	
5.-Centro Operaciones	Disponibilidad	99.95
6.- Sistema de Atención a Clientes	Semestral	99.95
7.-Sistema de Comunicaciones	Confiability	99.95
	Disponibilidad	99.95
	MTRR	30 minutos

Tabla 1.2: Parámetros de acuerdo con la BALI

Fuente: Documento de con las bases de licitación (BALI)

La labor de fiscalización de estas obligaciones recae en empresas consultoras, como la empresa de Ingenieros Consultores, que asumen formalmente el rol de fiscalizador en representación del MOP. El fiscalizador tiene la responsabilidad de verificar en terreno el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la base de la licitación, realizar inspecciones técnicas, levantar observaciones y elaborara informes que permiten un control objetivo sobre la gestión de cada concesionaria.

El trabajo del fiscalizador se centra en constatar en terreno que se cumplan la ejecución de los planes de mantenimiento establecidos por las concesionarias en las rutas urbanas y las interurbanas, específicamente a las casetas técnicas y pórticos de cobro. Cuando se detectan incumplimientos o fallas en los equipos, se generan observaciones técnicas que la concesionaria debe resolver.

El proceso de control y seguimiento de observaciones se documenta mediante registros fotográficos y planillas de Excel.

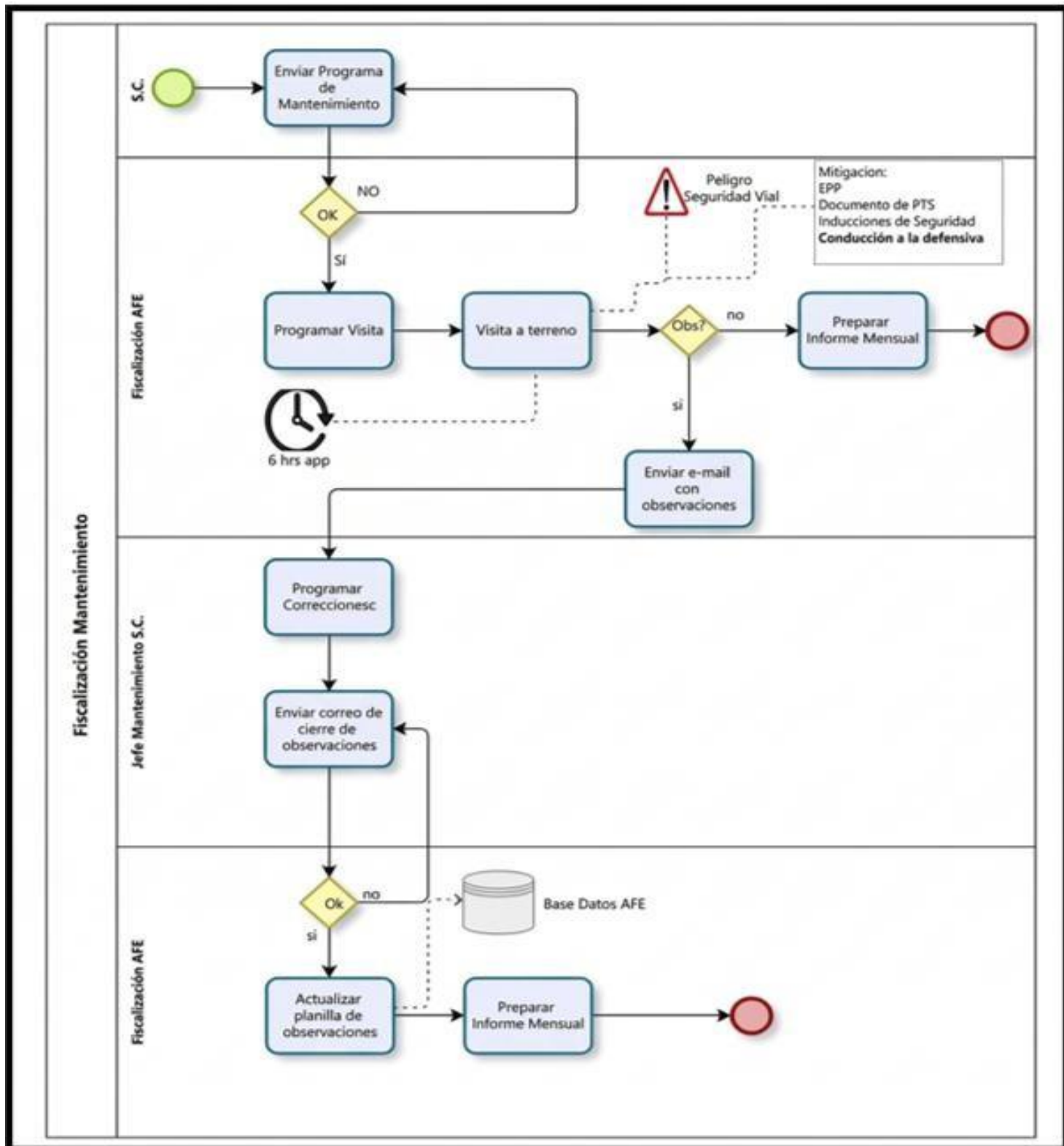


Diagrama 1.2: Flujo del proceso de fiscalización del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia en base a metodología de la empresa fiscalizadora, 2025

El presente diagrama 1.2 presenta el flujo operativo del proceso de fiscalización, donde se ilustran las etapas de inspección, levantamiento de observaciones, comunicación con la concesionaria y elaboración de informes mensual.

**Como se observa**, el proceso depende de la gestión manual y de la actualización de información en hojas de Excel, lo que incrementa el riesgo de pérdida de trazabilidad y dificultad del seguimiento. Este diagrama refleja la falta de integración digital y la dependencia de acciones manuales para actualizar estados de cierre.

### 1.3 EQUIPOS TECNOLOGICOS EN LOS PORTICOS Y SU PLAN DE MANTENIMIENTO

Los pórticos de cobro electrónicos son la unidad operativa esencial del sistema. En ellos se realiza la detección, identificación y clasificación de los vehículos que transitan por la vía.

Cada pórtico se compone de dos zonas principales:

- Estructura superior o pórtico:
  - Antenas de lectura TAG: Detectan los dispositivos instalados en los vehículos y generan la transacción electrónica.
  - Cámaras frontales y traseras: Registran imágenes de las patentes.
  - Sistema de iluminación: Garantiza visibilidad adecuada para las cámaras en condiciones nocturnas.
  - Sensores volumétricos: Permiten la clasificación de los vehículos según altura, longitud.
  
- Casetas técnicas:
  - Grupo generador: Respaldo de energía ante cortes de suministro.
  - Gabinete eléctrico: Se concentra los dispositivos de conexiones eléctricas.
  - UPS (Uninterruptible Power Supply): Mantienen la energía continua a los sistemas críticos.
  - Racks: Servidores y equipos de comunicación.
  - Sistemas de aire acondicionado: Para el control de temperatura para la protección de los equipos electrónicos.

- Sistemas de alarmas y detección de incendios.

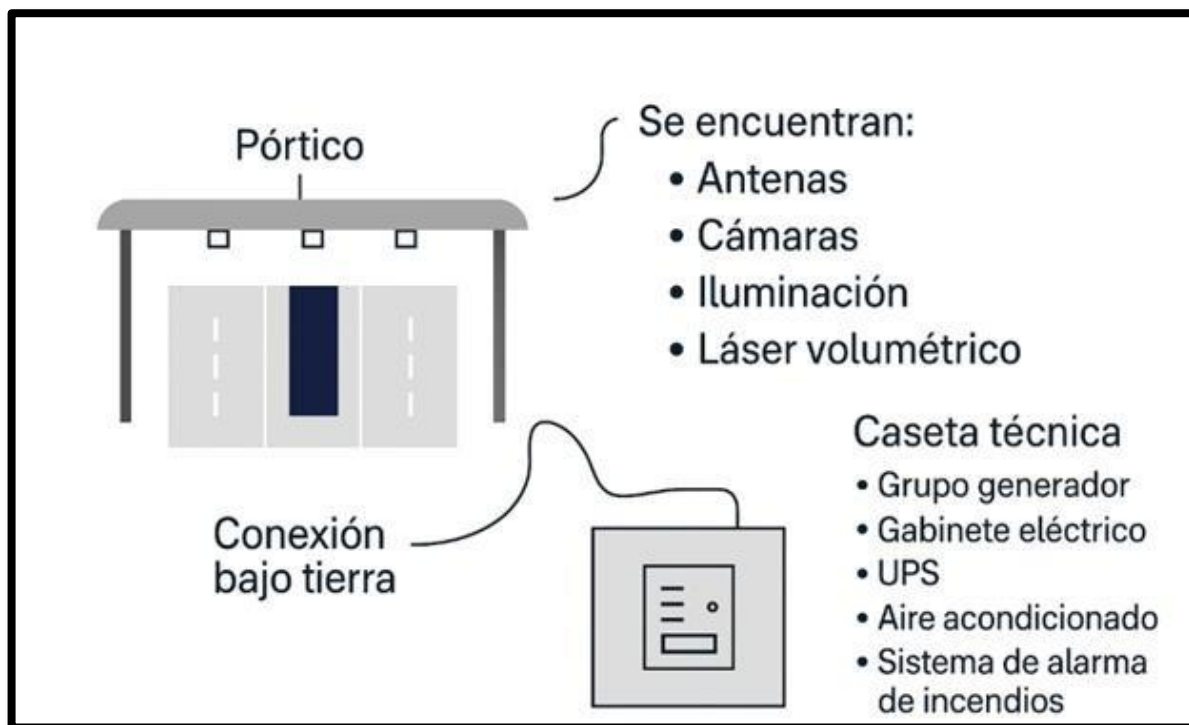


Figura 1.3: Distribución general del pórtico y casetas técnicas con sus componentes principales

Fuente: Elaboración propia con generación de imagen mediante IA, 2025

Como se aprecia en la figura 1.3, el pórtico concentra los elementos de detección y registro, mientras que la caseta técnica alberga los sistemas de respaldo energético, control y climatización.

### **1.3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento de los equipos instalados en los pórticos de cobro es un componente esencial para asegurar la continuidad operacional del Sistema Electrónico de Cobro (SEC). Las bases de la Licitación (BALI) establecen que cada concesionaria debe presentar un Plan de Mantenimiento Integral, en el cual se definen las actividades, frecuencias y responsables asociados a cada tipo de mantenimiento.

Este plan busca garantizar que los sistemas de detección, clasificación, registro y comunicación mantengan un desempeño confiable y dentro de los niveles exigidos de MTFBF, MTTR y disponibilidad.

El plan contempla tres tipos de principales de mantenimiento definidos según su naturaleza y nivel de intervención:

- **Mantenimiento Preventivo:** Tiene como por objetivo verificar el estado general de los elementos que componen los sistemas, mediante inspecciones visuales, limpieza, verificación de funcionamiento y revisión periódica de componentes. Este tipo de mantenimiento se considera de primer nivel, ya que busca anticipar fallas y prolongar la vida útil de los equipos.
- **Mantenimiento Correctivo:** Corresponde a las reparaciones de defectos o averías imprevistas que pueden presentarse en los componentes electrónicos, eléctricos o estructurales de los pórticos. Este tipo de mantenimiento se clasifica como de segundo y tercer nivel, involucra la sustitución o reparación de partes dañadas y la recuperación del servicio en el menor tiempo.

La ejecución de estas actividades se fiscaliza mediante visitas programadas del equipo de fiscalizadores, que registran en terreno las tareas realizadas, verifican su cumplimiento conforme al plan anual aprobado y documentando los resultados en los informes mensuales.

## Registro fotográfico del Mantenimiento Preventivo

Foto 1



Foto 2



Mantenimiento preventivo de las antenas del pódico

Figura 1.3.1: Registro fotográfico de labores de mantenimiento preventivo

Fuente: Captura propia

La presente figura 1.3.1 corresponde al registro fotográfico de las labores de mantenimiento preventivo realizadas en terreno. Este material visual permite evidenciar las intervenciones efectuadas por el personal técnico a los equipos que se encuentran en los pódicos de las rutas.

Foto 3



Mantenimiento de preventivo en casetas técnicas

Figura 1.3.2: Registro fotográfico de labores de mantenimiento preventivo a casetas técnicas.

Fuente: Captura propia

La presente figura 1.3.2 corresponde al registro fotográfico de las labores de mantenimiento preventivo realizadas en terreno a las casetas técnicas que conectan con los pórticos de las rutas. Este material visual permite evidenciar las intervenciones efectuadas por el personal técnico al gabinete eléctrico que se encuentra en la caseta técnica.

#### **1.4 MARCO NORMATIVO**

El marco normativo que rige el sistema de concesiones viales en Chile está compuesto por diversos instrumentos legales y técnicos.

Entre ellos destacan:

- Ley de Concesiones de Obras Públicas (1991)): Base legal del sistema de participación público y privada.
- Bases de Licitación: Definen estándares técnicos, metodologías de medición, plazos de resolución de observaciones, MTBF, MTTR y niveles de confiabilidad en los puntos de cobro.
- Norma internacional aplicada: ISO 9001 estándar de la gestión de la calidad aplicada por la consultora en los procesos de fiscalización

Estas regulaciones son compartidas entre el MOP, las sociedades concesionadas y la empresa fiscalizadora.

#### **1.5 GESTIÓN DE LA CALIDAD Y TRAZABILIDAD EN LA FISCALIZACIÓN**

La empresa Ingenieros Consultores, encargada de la fiscalización técnica del Sistema Electrónico de Cobro (SEC), desarrolla sus actividades bajo la estructura de la ISO 9001, el cual regula la planificación, ejecución y control de todas las áreas asociadas a la inspección fiscal.

Sin embargo, uno de los desafíos más relevantes dentro de este marco de calidad es la trazabilidad en el registro y seguimiento de observaciones de terreno. Si bien el sistema ISO 9001 garantiza la existencia de registros controlados, el proceso actual depende principalmente del uso de planillas Excel y carpetas digitales, donde se almacenan las observaciones, fotografías y comentarios técnicos. Esta modalidad manual genera fragmentación de la información dificultando la identificación del estado real de cada observación y el seguimiento de su resolución

La falta de un sistema unificado provoca que una misma observación puede repetirse en distintos informes, que se pierden antecedentes o que no se cuente con evidencia clara sobre su cierre. Esto afecta la trazabilidad documental exigida por la norma ISO 9001 y limita la eficacia del ciclo de mejora continua. En la práctica, la gestión de calidad queda condicionada por la capacidad individual de los fiscalizadores para mantener actualizados los registros, en lugar de basarse en una plataforma colaborativa y centralizada.

Por lo tanto, se identifica una brecha crítica entre el sistema de gestión de calidad implementado y la trazabilidad efectiva de los procesos operativos, particularmente en lo referido al registro, control y cierre de observaciones. Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer la infraestructura digital de la fiscalización mediante la implementación de un sistema interoperable de gestión de incidencias, que integre todas las etapas del proceso y asegure la trazabilidad completa de la información desde su origen hasta su cierre.

## **1.6 PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA**

Durante la ejecución del servicio se ha identificado una problemática recurrente que afecta directamente la eficiencia del proceso de observaciones. Actualmente, el procedimiento de fiscalización contempla que cada observación detectada en terreno ya sea por fallas eléctricas, desconexiones de equipos, deterioro de componentes o incumplimientos sea registrada en una planilla Excel, acompañado de fotografías y comentarios técnicos. Sin embargo, la gestión de esta información presenta limitaciones:

- Pérdida o duplicidad de información.
- Dificultad para hacer seguimiento al estado de las observaciones.
- Registro fotográfico almacenados en carpetas independientes, sin vínculo directo con la observación.
- Falta de alertas automáticas de vencimiento o cierre.
- Observaciones que permanecen abiertas por largos periodos.

Estas deficiencias afectan la trazabilidad, la eficiencia de la fiscalización y el cumplimiento normativo de los plazos contractuales. En consecuencia, se plantea la necesidad de implementar un sistema de gestión de incidencias interoperable, que permitan registrar, asignar, monitorear y cerrar observaciones de forma digital, transparente y en línea con las exigencias normativas y de calidad.

En consecuencia, se requiere analizar alternativas que permitan fortalecer el control y la trazabilidad del proceso.

### Sistema de registro y sus errores

Mes	Fecha	N Fic	S.C	Canal de informac	Fecha de informac	Plaza de Peaje	Shelter / Caseta	Via / Porti	Estac	Fecha Cierre Observaci	Días transcurri	Tipo de Probl	Comentarios	Fo	Observaciones
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-	Instalar gancho para colgar extintor de incendios en sala eléctrica.	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-	Cambiar cebos de veneno para roedores abiertos.	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-	Instalar soporte metálico en borde del filtro de polución, en pared de la sala del c	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-	Eliminar oxidación de los tiradores y marcos, de las puertas delantera y trasera, d	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-	Eliminar basura acumulada entre la caseta técnica y barera newjersey.	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-	Retirar exceso de tierra debajo de la puerta metálica trasera, de la caseta técnic	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	331	Ajustar señalética del precio del peaje al marco ubicado sobre el espolon de la v	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	332	Ajustar señalética del precio del peaje al marco ubicado sobre el espolon de la v	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	331	Reparar señal de aspa de la marquesina, de la vía 331, no enciende.	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	334	Cambiar banera de ingreso de la vía 334, dañada.	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	332	Cambiar reflectantes de la barrera de la vía 332, deteriorados por el clima.	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	331	Instalar gancho para colgar extintor de incendios al interior de la cabina de peaj	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	331	Eliminar brotes de maleza en la salida de la vía 331	OK	17-07-2024	#NUM!		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	331	Cambiar tapa de cámara de registro dañada ubicada frente a la barrera de trans	OK	14-08-2024	7		Aquí	
Junio	07-06-2024	9	R68	e-mail	07-08-2024	-	-	331	Cambiar señalética artesanal "Solo pago en efectivo, no tarjeta" por reglamenta	OK	14-08-2024	7		Aquí	
Junio	10-06-2024	7	VNE	e-mail	05-07-2024	-	7	-	Instalar gancho para colgar extintor de incendios, al interior de la sala eléctrica.	OK	14-08-2024	40		Aquí	
Junio	11-06-2024	19	VNE	e-mail	05-07-2024	-	10-11	-	Instalar tapa trasera a Luz piloto del TG-AUX	OK	17-07-2024	SIN ENVIAR		Aquí	
Junio	11-06-2024	19	VNE	e-mail	05-07-2024	-	10-11	-	Reparar cierre perimetral abierto en la parte posterior de la caseta técnica	OK	17-07-2024	SIN ENVIAR		Aquí	
Junio	11-06-2024	16	R57	e-mail	05-07-2024	Troncal San Jose	-	2	Falta tapa canalizado electrico de aire acondicionado.	OK	09-07-2024	4		Aquí	
Junio	11-06-2024	16	R57	e-mail	05-07-2024	Troncal San Jose	-	2	Sello de sensor de piso en mal estado.	OK	09-07-2024	4		Aquí	
Junio	12-06-2024	25	ACSA	e-mail	05-07-2024	-	-	21	Reja perimetral acceso póntico dañada	OK	04-02-2025	214		Aquí	
Junio	12-06-2024	-	ACSA	e-mail	05-07-2024	-	-	4	Trasladar placa identificación de portico 4 antiguo a la nueva ubicación	OK	04-02-2025	214		Aquí	
Junio	12-06-2024	13	ACSA	e-mail	05-07-2024	-	-	31	Reponer placa identificación portico	ok	03-12-2024	151		Aquí	
Junio	12-06-2024	20	ACND	e-mail	05-07-2024	-	-	P62	Limpiar acceso a portico por exceso de basura	ok	12-11-2024	130		Aquí	
Junio	12-06-2024	20	ACND	e-mail	05-07-2024	-	-	P62	Reparar caja estanca ubicada en poste de iluminación a costado de portico	ok	12-11-2024	130		Aquí	
Junio	17-06-2024	35	CN	e-mail	05-07-2024	-	6.2	-	Revisar sistema de recirculación de agua ya que no esta funcionando	P		454		Aquí	
Junio	17-06-2024	35	CN	e-mail	05-07-2024	-	6.2	-	Conectar cable de descarga de tierra a puerta del TDA y f de la sala electrica	P		454		Aquí	
Junio	17-06-2024	38	AMB	e-mail	05-07-2024	-	31	-	Revisar sistema de recirculación de agua ya que no esta funcionando	P		454		Aquí	
Junio	17-06-2024	38	AMB	e-mail	05-07-2024	-	31	-	Limpiar radiador del grupo generador sucio	P		454		Aquí	
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-	Paintar caseta técnica grafiada	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-	Eliminar brotes de maleza creciendo sobre el techo de la caseta técnica	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-	Eliminar brotes de maleza creciendo en la parte trasera de la caseta tecnica	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-	Reparar filtración de agua del techo de la parte posterior de la caseta tecnica y s	OK	17-07-2024	12		Aquí	
Junio	18-06-2024	45	R57	e-mail	05-07-2024	Lateral San Luis	-	3	luz roja de semáforo de transacción con leds quemados	OK	09-07-2024	4		Aquí	
Junio	28-06-2024	70	RF-20	e-mail	05-07-2024	-	-	101	Eliminar oxidación en pernos de anclaje en las paras del póntico	OK	23-07-2024	24		Aquí	Observacion subsana, validacion en terreno
Junio	28-06-2024	71	RF-20	e-mail	05-07-2024	-	-	201	Eliminar oxidación en pernos de anclaje en las paras del póntico	OK	23-07-2024	24		Aquí	Observacion subsana, validacion en terreno
Julio	01-07-2024	77	R78	e-mail	08-08-2024	-	-	P803	Reparar talud alrededor de la puerta de acceso al póntico 803 ya que este se es	P		420		Aquí	
Julio	01-07-2024	77	R78	e-mail	08-08-2024	-	-	P803	Retirar cartones, plásticos, botellas y maderas acumuladas a un costado de la base del póntico 803.	ok	09-07-2025	335		Aquí	

Tabla 1.6: Tabla completa del Sistema de registro de observaciones y error en conteo de días transcurridos

Fuente: Documento de la empresa.

Mes	Fecha	N' Fic	S. C	Canal de informac	Fecha de informac	Plaza de Peaje	Shelter / Caseta	Via / Porti
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-
Junio	06-06-2024	5	VNE	e-mail	05-07-2024	-	5-6	-
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	331
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	332
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	331
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	334
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	332
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	331
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	331
Junio	07-06-2024	9	R 68	e-mail	07-08-2024	-	-	331
Junio	10-06-2024	7	VNE	e-mail	05-07-2024	-	7	-
Junio	11-06-2024	19	VNE	e-mail	05-07-2024	-	10-11	-
Junio	11-06-2024	19	VNE	e-mail	05-07-2024	-	10-11	-
Junio	11-06-2024	16	R 57	e-mail	05-07-2024	Troncal San Jose	-	2
Junio	11-06-2024	16	R 57	e-mail	05-07-2024	Troncal San Jose	-	2
Junio	12-06-2024	25	ACSA	e-mail	05-07-2024	-	-	21
Junio	12-06-2024	-	ACSA	e-mail	05-07-2024	-	-	4
Junio	12-06-2024	13	ACSA	e-mail	05-07-2024	-	-	31
Junio	12-06-2024	20	ACND	e-mail	05-07-2024	-	-	P62
Junio	12-06-2024	20	ACND	e-mail	05-07-2024	-	-	P62
Junio	17-06-2024	35	CN	e-mail	05-07-2024	-	6.2	-
Junio	17-06-2024	35	CN	e-mail	05-07-2024	-	6.2	-
Junio	17-06-2024	38	AMB	e-mail	05-07-2024	-	31	-
Junio	17-06-2024	38	AMB	e-mail	05-07-2024	-	31	-
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-
Junio	18-06-2024	43	VNE	e-mail	05-07-2024	-	8	-
Junio	18-06-2024	45	R 57	e-mail	05-07-2024	Lateral San Luis	-	3
Junio	26-06-2024	70	RF-20	e-mail	05-07-2024	-	-	101
Junio	26-06-2024	71	RF-20	e-mail	05-07-2024	-	-	201
Julio	01-07-2024	77	R 78	e-mail	08-08-2024	-	-	P803
Julio	01-07-2024	77	R 78	e-mail	08-08-2024	-	-	P803

	Estac	Fecha Cierre Observaci	Días transcurri	Tipo de Probl	Comentarios	Fa	Observaciones
Instalar gancho para colgar extintor de incendios en sala eléctrica.	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Cambiar cebos de veneno para roedores abiertos.	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Instalar soporte metálico en borde del filtro de polución, en pared de la sala del g	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Eliminar oxidación de los tiradores y marcos, de las puertas delantera y trasera, d	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Eliminar basura acumulada entre la caseta técnica y barrera newjersey.	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Retirar exceso de tierra debajo de la puerta metálica trasera, de la caseta técnic	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Ajustar señaleta del precio del peaje al marco ubicado sobre el espolon de la v	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Ajustar señaleta del precio del peaje al marco ubicado sobre el espolon de la v	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Reparar señal de aspa de la marquesina, de la vía 331, no enciende.	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Cambiar barrera de ingreso de la vía 334, dañada.	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Cambiar reflectantes de la barrera de la vía 332, deteriorados por el clima.	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Instalar gancho para colgar extintor de incendios al interior de la cabina de peaj	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Eliminar brotes de maleza en la salida de la vía 331.	OK	17-07-2024	#¡NUM!			Aquí	
Cambiar tapa de cámara de registro dañada ubicada frente a la barrera de trans	OK	14-08-2024	7			Aquí	
Cambiar señaleta artesanal "Solo pago en efectivo, no tarjeta" por reglamenta	OK	14-08-2024	7			Aquí	
Instalar gancho para colgar extintor de incendios, al interior de la sala eléctrica.	OK	14-08-2024	40			Aquí	
Instalar tapa trasera a Luz piloto del TG-AUX	OK	17-07-2024	SIN ENVIAR			Aquí	
Reparar cierre perimetral abierto en la parte posterior de la caseta técnica	OK	17-07-2024	SIN ENVIAR			Aquí	
Falta tapa canalizado eléctrico de aire acondicionado,	OK	09-07-2024	4			Aquí	
Sello de sensor de piso en mal estado,	OK	09-07-2024	4			Aquí	
Reja perimetral acceso pórtico dañada	OK	04-02-2025	214			Aquí	
Trasladar placa identificación de portico 4 antiguo a la nueva ubicación	OK	04-02-2025	214			Aquí	
Reponer placa identificación portico	ok	03-12-2024	151			Aquí	
Limpier acceso a portico por exceso de basura	ok	12-11-2024	130			Aquí	
Reparar caja estanca ubicada en poste de iluminación a costado de portico	ok	12-11-2024	130			Aquí	
Revisar sistema de recirculación de agua ya que no esta funcionando	P		454			Aquí	
Conectar cable de descarga de tierra a puerta del TDA y F de la sala eléctrica	P		454			Aquí	
Revisar sistema de recirculación de agua ya que no esta funcionando	P		454			Aquí	
Limpier radiador del grupo generador sucio	P		454			Aquí	
Pintar caseta técnica grafitada	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Eliminar brotes de maleza creciendo sobre el techo de la caseta técnica	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Eliminar brotes de maleza creciendo en la parte trasera de la caseta técnica	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Reparar filtración de agua del techo de la parte posterior de la caseta técnica ya	OK	17-07-2024	12			Aquí	
Luz roja de semáforo de transacción con leds quemados	OK	09-07-2024	4			Aquí	
Eliminar oxidación en pernos de anclaje en las patas del pórtico	OK	29-07-2024	24			Aquí	Observacion subsana, validacion en terreno
Eliminar oxidación en pernos de anclaje en las patas del pórtico	OK	29-07-2024	24			Aquí	Observacion subsana, validacion en terreno
Reparar talud alrededor de la puerta de acceso al pórtico 803 ya que este se es	P		420			Aquí	
Retirar cartones, plásticos, botellas y maderas acumuladas a un costado de la base del pórtico 803.	ok	09-07-2025	335			Aquí	

Tabla 1.6.1: Tabla 1.6 dividida del sistema de registro de observaciones y error en conteo de días transcurridos

Fuente: Documento de la empresa.

Canal de Información	Fecha de Informado	Plaza de Peaje	Sheltes / Caseta	Vía / Puesto	Problema Detectado	Estado	¿Cuenta Observada?	Días transcurridos	Foto	Observaciones
		Mauye			Se sugiere realizar limpieza exterior de caseta, sucesos de talas de araña en muros y pilares, además del techo.	P		SIN ENVIAR	Ma	
		Chilongo		101	Se observan daños en la estructura del techo, además se aprecia canalización descubierta, se advierte presencia de perros y vendedores ambulantes. Se evidencia señalética faltante sin pintura ni acetato.	P		SIN ENVIAR	Ma	
				3	Eliminar maleza creciendo en pedimento de Plaza de Bombo	P		SIN ENVIAR	Ma	
				10	Eliminar maleza creciendo en pedimento de Plaza de Bombo	P		SIN ENVIAR	Ma	
		Barrico Pto		2	Pedestales y columnas con soporte de cámaras chocados y rotados	P		SIN ENVIAR	Ma	
		San Fernando Sur Oriente		1	Riño vertical de seguridad caseta (blanco) sucio	P		SIN ENVIAR	Ma	
		Rio Claro		201	Empolvamiento de edificio presenta una poza de agua, esta lleva de principio de año, ya se había reportado, pero aún no se soluciona.				Ma	
		Rio Claro		201	Existen 2 zonas de asfalto que sobresalen del nivel del piso, pueden presentarse algún tropiezo en la vía.				Ma	
		Rio Claro		201	La plaza de peaje, en general, necesita una limpieza, la primera caseta				Ma	



Tabla 1.6.2: Error del registro fotográfico en el sistema de observaciones

Fuente: Documento de la empresa

**CAPÍTULO 2:      PROPUESTA Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE**  
**DIGITALZACION DEL REGISTRO DE OBSERVACIONES**

## **2.1 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA Y CONCEPTUAL**

El proceso actual de registro y seguimiento de observaciones se ejecuta mediante planillas de Excel, las cuales se actualizan manualmente y se comunican por correo electrónico entre la empresa fiscalizadora y las sociedades concesionadas, para el seguimiento y cierre de observaciones técnicas levantadas en terreno

Tal como se identificó en el capítulo 1, este método, si bien ha permitido cumplir formalmente con el proceso de fiscalización del mantenimiento, presenta limitaciones críticas relacionadas con la pérdida de información, duplicidad de registro, falta de trazabilidad y baja calidad de los datos.

En consecuencia, se hace necesario avanzar hacia una digitalización del proceso, que permita mejorar la eficiencia y la calidad de la información utilizada para la toma de decisiones técnicas.

Desde el punto de vista normativo, la empresa de fiscalizadores, certificada en la ISO 9001 debe garantizar la trazabilidad y control documental en sus procesos de fiscalización del mantenimiento. En este contexto, la incorporación ISO 8000 resulta pertinente, ya que dicha norma establece principios específicos de calidad de los datos basados en exactitud, consistencia y trazabilidad de la información. La exactitud exige registros completos y libres de errores, la consistencia implica uniformidad en los criterios y formatos utilizados y la trazabilidad requiere la posibilidad de rastrear el origen y las modificaciones de cada observación. Sin embargo, el sistema actual basado en planillas de Excel presenta registros incompletos, variabilidad en los criterios de ingreso y ausencia de historial estructurado de cambios, evidenciado brechas al respecto a los requisitos definidos por la norma.

En este contexto, se hace necesario evaluar alternativas para la propuesta de implementar un software como herramienta digital para fortalecer la gestión de observaciones en la fiscalización del mantenimiento.

Estos softwares permitirían centralizar la información, estandarizar los registros, incorporar evidencia fotográfica generar indicadores de cumplimiento de observaciones mejorando

trazabilidad y asegurando la calidad de los datos conforme a los lineamientos de la norma ISO 9001, 8000 y las bases de la licitación.

De esta manera, la propuesta se sustenta en los principios del Mantenimiento 4.0, que integra tecnología, trazabilidad digital y análisis de datos como base para una gestión más confiable, auditable y alineada con la mejora continua.

<b>Sistema actual (Planilla Excel)</b>	<b>Sistema propuesto</b>
<b>Tipo de sistema:</b> Manual y descentralizado.	<b>Tipo de sistema:</b> Digital, centralizado y en la nube
<b>Registro:</b> Planillas Excel editadas manualmente por distintos usuarios.	<b>Registro:</b> Formulario digital único con campos obligatorios y validación automática.
<b>Evidencia:</b> Fotografías almacenadas en carpetas separadas, sin vínculo directo con la observación.	<b>Evidencia:</b> Fotografías y documentos adjuntos directamente al registro de observación.
<b>Seguimiento:</b> Revisión manual mediante correos y actualizaciones periódicas	<b>Seguimiento:</b> Alertas automáticas de vencimiento, estado y cierre de observaciones.
<b>Trazabilidad:</b> Limitada, difícil de rastrear autor, fecha o estado de modificación.	<b>Trazabilidad:</b> Historial completo de cada cambio conforme a la ISO 8000 e ISO 9001
<b>Integración:</b> Sin interoperabilidad.	<b>Integración:</b> Plataforma interoperable con exportación a sistemas del MOP.

<b>Calidad de los datos:</b> No controlada (Campos incompletos, errores de digitación)	<b>Calidad de los datos:</b> Controlada (Campos válidos, consistencia garantizada)
--	--

Tabla 2.1: Comparación entre el sistema actual de registro vs lo que se espera de un sistema digital

Fuente: Elaboración Propia, 2025

## **2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SOFTWARE Y ANÁLISIS TÉCNICO**

Se definieron 3 plataformas digitales orientadas a la gestión de observaciones del mantenimiento y cumplimiento normativo.

### **2.2.1 HSI DONESAFE**

Su diseño permite adaptarse a distintos tipos de industrias, incluyendo aquellas que requieren trazabilidad documental, control de acciones correctivas y gestión centralizada de datos, características que la hacen altamente aplicable al proceso de fiscalización de mantenimiento en rutas concesionadas.

La plataforma permite registrar, asignar, dar seguimiento y cerrar observaciones de forma digital, auditable y en tiempo real, integrando en un mismo entorno la información técnica, fotográfica y documental asociado a cada evento.

HSI DoneSafe funciona como una plataforma web y móvil, permitiendo a los fiscalizadores registrar observaciones directamente desde terreno mediante Tablet o Smartphone.

El sistema sincroniza la información en la nube, eliminando el riesgo de duplicidad de archivos y garantizando que todos los actores (Fiscalizadores, concesionaria y MOP) trabajen sobre una misma base de datos actualizada y controlada.

Además, el software permite exportar reportes en formatos estándar, lo que facilita la integración con el sistema de gestión interna.

### **2.2.2 FRACTAL ONE**

Fractal One es un Software de Mantenimiento 4.0 orientado a la gestión integral de activos, ordenes de trabajo y análisis operacional. Aunque su foco principal se encuentra en la administración de activos físicos, su arquitectura modular permite adaptarlo a procesos de registro y seguimiento de observaciones en terreno, integrando componentes técnicos de mantenimiento, trazabilidad y generación de documentación.

La plataforma permite registrar observaciones como solicitudes dentro del flujo de ordenes de trabajo, asociado evidencia fotográfica, prioridad, responsables y fecha de vencimiento. Dispone de una aplicación móvil diseñada para la captura de información en terreno, incluso en zonas de conectividad limitada. Esto asegura que los datos registrados sean exactos y consistentes, cumpliendo con los criterios de calidad de los datos definidos en la ISO 8000.

Si bien Fractal posee una orientación más amplia hacia la gestión de activos que hacia la gestión de observaciones realizadas en el mantenimiento, su robustez funcional y capacidad de adaptarse a flujos operativos los convierte en una alternativa válida para la digitalización del mantenimiento.

### **2.2.3 MainTainX**

MainTainX es una plataforma orientada a la ejecución operativa en terreno, destacándose por su facilidad de uso, rapidez de registro y eficiencia para documentar inspecciones. Su diseño está enfocado en la gestión de ordenes de trabajo, check list e incidencias, lo cual la convierte en una alternativa adecuada para los fiscalizadores que realizan levantamientos frecuentes y requieren registrar información de manera ágil y estandarizada.

La herramienta permite crear observaciones directamente desde terreno mediante formularios configurables, adjuntado fotografías, comentarios técnicos y datos operacionales. También permite asignar acciones correctivas a los responsables de la concesionaria, generando notificaciones automáticas y registrar el proceso de la ejecución, manteniendo la trazabilidad del ciclo completo de cada observación.

Uno de sus principales atributos es el funcionamiento off-line, lo que permite completar inspecciones en zonas conectividad, situación habitual en rutas concesionadas interurbanas.

MainTainX integra un historial de cambios y auditorias básica, lo que garantiza consistencia y control sobre el registro, además su foco en optimizar tiempos de ejecución y simplificar la captura de datos en terreno la posiciona como una alternativa eficiente desde el punto de vista operativo.

#### **2.2.4 COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LAS ALTERNATIVAS DIGITALES**

El análisis técnico se ha realizado considerando cuatro opciones:

- Sistema actual (Excel + Correo electrónico).
- HSI DoneSafe.
- Fracttal One.
- MainTainX.

Se presenta las comparaciones según criterios técnicos, normativos y operacionales relevantes para la fiscalización del mantenimiento de pórticos y casetas técnicas en rutas concesionadas:

<b>Criterio técnico</b>	<b>Sistema Actual (Excel)</b>	<b>HSI DoneSafe</b>	<b>Fractal One</b>	<b>ManTainX</b>
<b>Registro digital estandarizado</b>	×	✓	✓	✓
<b>Formularios con campos obligatorios</b>	×	✓	✓	✓
<b>Evidencias fotográficas vinculada</b>	×	✓	✓	✓
<b>Auditoría / Control de versiones</b>	×	✓✓	✓	✓
<b>Flujos de trabajo automáticos</b>	×	✓✓	✓	✓
<b>Notificaciones y alertas</b>	×	✓✓	✓	✓
<b>Uso del móvil en terreno</b>	×	✓	×	✓
<b>Operaciones off-line</b>	×	×	✓	✓
<b>Exportación de reportes</b>	×	✓✓	✓✓	✓
<b>Interoperabilidad con sistemas externos</b>	×	✓	×	×

Tabla 2.2: Comparación de funcionalidades técnicas

Fuente: Elaboración propia, 2025

Interpretación:

- ×: No cumple.
- ✓: Cumple.
- ✓✓: Cumple de sobre manera.

Requisito normativo	Excel	DoneSafe	Fracttal One	MainTainX
ISO 9001 - Control y calidad	×	✓✓	✓	✓
ISO 8000 – Calidad de los datos	×	✓✓	✓	✓
Trazabilidad exigida por la BALI	×	✓✓	✓	✓
Gestión de evidencia técnica	×	✓✓	✓	✓
Control de plazos de cierre	×	✓✓	✓	✓

Tabla 2.2.1: Comparación frente a requisitos normativos

Fuente: Elaboración Propia, 2025

Interpretación:

- ×: No cumple.
- ✓: Cumple.
- ✓✓: Cumple de sobre manera.

Tipo de riesgo	Excel	HSI DoneSafe	Fracttal One	MainTainX
Pérdida de datos	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Duplicidad de registros	Alto	Muy Bajo	Bajo	Bajo
Falta de evidencia asociada	Alto	Muy Bajo	Bajo	Bajo
Demora en seguimiento	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Dependencia de conectividad	Bajo	Medio	Bajo	Muy Bajo
Complejidad de uso	Bajo	Bajo	Medio	Muy Bajo

Tabla 2.2.2: Análisis de riesgo operativos

Fuente: Elaboración Propia, 2025

Interpretación:

- MainTainX: Presenta el menor riesgo operativo en terreno.
- DoneSafe: Es el más sólido en control documental.
- Fracttal One: Requiere configuración para adaptarse al flujo del fiscalizador

### **2.3 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE OBSERVACIONES**

Las propuestas de implementación de los sistemas digitales buscan reemplazar el modelo actual de gestión de observaciones técnicas, basado en el registro de planillas de Excel, por una plataforma digital centralizada, trazable y auditable, orientada a optimizar los procesos de fiscalización del mantenimiento de pódicos y casetas técnicas en rutas concesionadas. Este sistema se alinea con los principios de calidad de los datos definidos por la norma ISO 8000, garantizando la integridad, trazabilidad y disponibilidad de la información.

Además, la propuesta mantiene la estructura organizacional y las responsabilidades estipuladas en las Bases de la Licitación (BALI) y Decreto supremo (DS) N°508 del Ministerio de Obras Públicas (MOP), modificando únicamente el medio de gestión y registro, con el fin de avanzar hacia una digitalización progresiva aplicable a todas las rutas concesionadas del país.

### **2.4 Alcance del sistema**

La implementación del sistema considera su aplicación progresiva en las rutas concesionadas del país, permitiendo su adopción gradual.

De esta forma, se busca estandarizar la gestión de observaciones en la fiscalización del mantenimiento de pódicos y casetas técnicas de todo el sistema de concesiones, fortaleciendo la trazabilidad y la calidad de los datos generados.

Alcance funcional del sistema incluye:

- Usuarios principales: Fiscalizadores de los sistemas interoperables, encargos del mantenimiento de las rutas concesionadas y MOP.
- Procesos integrados: Registro, asignación, seguimiento, verificación y cierre de observaciones.
- Tipos de equipos: Pódicos de telepeaje, casetas técnicas.

Este enfoque progresivo permite validar la eficacia del sistema en etapas iniciales y posteriormente replicarlo en toda la red concesionada, garantizando uniformidad en la gestión de observaciones.

Cada actor mantiene su rol original la concesionaria ejecuta los mantenimientos, el fiscalizador verifica su cumplimiento y el MOP supervisa la gestión global, garantizando trazabilidad.

## 2.5 ROLES Y PERMISOS

El sistema se organiza bajo una estructura de roles jerarquizados que definen el nivel de acceso y responsabilidad de cada usuario, asegurando trazabilidad y control documental.

<b>Rol</b>	<b>Usuario / Entidad</b>	<b>Responsabilidades principales</b>
<b>Administrador del sistema</b>	Jefe TI	Configuración usuarios y módulos dentro del software.
<b>Fiscalizador técnico</b>	Ingenieros Consultores (Fiscalizador)	Registra observaciones, valida cierres, genera informes técnicos.
<b>Encargado de mantenimiento</b>	Concesionaria	Recibe observaciones, ejecuta correcciones y carga evidencias.
<b>MOP</b>	Ente fiscal	Supervisa los indicadores de cumplimiento y reportes.
<b>Auditor de calidad</b>	Empresa fiscalizadora / MOP	Revisa trazabilidad y consistencia de los registros

Tabla 2.5: Roles y responsabilidades en la gestión digital de observaciones dentro de los sistemas digitales propuestos

Fuente: Elaboración propia, 2025

## 2.6 FLUJO DE LA IMPLEMENTACIÓN

El proceso propuesto replica la metodología de la empresa fiscalizadora, pero dentro de un entorno digital.

Etapas del flujo operativo:

- Fiscalizador: Registra observaciones con evidencia y ubicación GPS.
- Sistema Valida campos obligatorios y genera ID único.
- Concesionaria: Recibe la notificación, ejecuta acciones correctivas y sube la evidencia.
- Fiscalizador: Verifica y aprueba el cierre.
- MOP: Visualiza reportes automáticos y auditables.



Figura 2.6: Flujo operativo digital dentro del software

Fuente: Elaboración propia con generación de imagen mediante IA, 2025

## **2.7 CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y MÉTRICAS**

La evaluación del sistema propuesto se basa en un conjunto de criterios técnicos y operativos orientados a medir la efectividad de los sistemas en comparación con el sistema actual.

Estos indicadores permiten determinar el grado de mejora alcanzado en términos de trazabilidad, calidad de los datos y eficiencia operativa, estableciendo evidencia objetiva del impacto de la digitalización en el proceso de fiscalización.

Los criterios definidos en tres dimensiones complementarias:

- Eficiencia operativa: Mide el desempeño del proceso de fiscalización y la reducción de tiempos de gestión.
- Trazabilidad y control documental: Evalúa la capacidad del sistema para registrar, seguir y cerrar observaciones con respaldo verificable.
- Calidad de los datos (ISO 8000): Determina la exactitud, completitud y consistencia de la información registrada en el entorno digital.

### **2.7.1 INDICADORES DE EFICIENCIA OPERATIVA**

Estos indicadores reflejan la mejora en el desempeño del proceso de fiscalización del mantenimiento y la capacidad de respuesta ante las observaciones levantadas.

Su medición permitiría verificar como el sistema digital contribuye a optimizar la coordinación entre el fiscalizador y la concesionaria y a reducir los tiempos administrativos asociados a la gestión manual.

La disminución del tiempo medio de cierre y la tasa de reprocesos reflejarían un proceso más ágil y controlado.

<b>Indicador</b>	<b>Definición técnica</b>	<b>Unidad / Método de cálculo</b>	<b>Objetivo esperado</b>
<b>Tiempo Promedio de Cierre de Observación. (TPCO).</b>	Tiempo promedio entre el registro y el cierre de una observación	$\frac{\sum (F_{ci} - F_{ai})}{N}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• N: Número total de observaciones cerradas.</li> <li>• F<sub>ci</sub>: Fecha de cierre de la observación i.</li> <li>• F<sub>ai</sub>: Fecha de apertura de la observación i.</li> </ul>	≤ 3 días
<b>Porcentaje de Observaciones Cerradas en plazo (PCO)</b>	Porcentaje de observaciones resueltas dentro del plazo contractual establecido.	(Obs. Cerradas en plazo / Total) x 100	≥ 95%
<b>Índice de eficiencia administrativa</b>	Relación entre horas dedicadas a registro manual vs Gestión digital.	Tiempo Excel / Tiempo en Software elegido	-50%
<b>Tasa de reprocesos</b>	Porcentaje de observaciones reabiertas por información incompleta o errónea	(Reabiertas / Total) X 100	≤ 2%

Tabla 2.7.1: Indicadores técnicos propuestos para la evaluación del desempeño de los sistemas propuestos

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de los objetivos en la presente tabla 2.7.1 son tentativos y referenciales, dado que no se ha implementado en condiciones reales.

### **2.7.2 INDICADORES DE TRAZABILIDAD Y CONTROL DOCUMENTAL**

Estos indicadores miden la capacidad del sistema digital para registrar, vincular y conservar toda la información técnica y documental asociada al ciclo de vida de una observación.

Estos indicadores permiten comprobar que cada observación registrada cuenta con su documentación completa, evidencias verificables y un historial auditable.

<b>Indicador</b>	<b>Definición / Método</b>	<b>Unidad</b>	<b>Meta esperada</b>
<b>% de observaciones Trazables</b>	Registro que poseen trazabilidad completa (creación → validación → cierre).	%	≥ 95%
<b>% con evidencia fotográfica</b>	Registra con evidencia visual asociada y correcta.	%	100%
<b>Integridad del registro digital</b>	Validación automática de campos obligatorios ante del envío.	%	100%
<b>Historial de auditoría</b>	Existencia de trazabilidad de usuario, fecha y versión	%	100%

Tabla 2.7.2: Indicadores de desempeño sugeridos para la gestión digital de observaciones en el sistema propuesto

Fuente: Elaboración propia, 2025

Los valores de los objetivos en la presente tabla 2.7.2 son tentativos y referenciales, dado que no se ha implementado en condiciones reales.

### **2.7.3 INDICADORES DE CALIDAD DE LOS DATOS**

La norma ISO 8000 establece los principios de exactitud, complejidad, trazabilidad y accesibilidad como bases fundamentales de la calidad de los datos.

La calidad de los datos asegura que la información almacenada en el sistema sea confiable verificable y útil para la toma de decisiones técnicas.

El cumplimiento de estas garantiza que la digitalización aporte valor real al proceso del fiscalizador, eliminando errores, duplicidades y registros incompletos.

En el contexto de los sistemas estos atributos se evalúan mediante la siguiente estructura:

<b>Dimensión de calidad</b>	<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Método de control</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Exactitud</b>	Grado de correspondencia entre el dato registrado y la observación real.	Validación cruzada con la evidencia fotográfica.	$\geq 98\%$
<b>Completitud</b>	Presencia de todos los campos requeridos en el registro.	Revisión automática del formulario digital.	100%
<b>Consistencia</b>	Uniformidad de la información entre módulos y reportes	Auditoria de base de datos	$\geq 95\%$
<b>Trazabilidad</b>	Capacidad de rastrear cambios y versiones en la ficha.	Registro automático de usuario y fecha.	100%
<b>Accesibilidad</b>	Tiempo medio para recuperar información solicitada.	Prueba de consulta directa en sistema	$\leq 10$ min/registro

Tabla 2.7.3: Criterios de calidad de los datos en el sistema aplicados a la fiscalización del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia.2025

Los valores de los objetivos en la presente tabla 2.7.3 son tentativos y referenciales, dado que no se ha implementado en condiciones reales.

**CAPITULO 3:**     **ANÁLISIS DE RESULTADOS Y EVALUACIÓN TÉCNICA**  
                          **ECONOMICA DE LA PROPUESTA DIGITAL**

### 3.1 ANÁLISIS TÉCNICO COMPARTIVO DE LAS ALTERNATIVAS DIGITALES

El análisis se apoyó en criterios establecidos en el Capítulo 2, incluyendo TPCO (Tiempo Promedio de Cierre de Observaciones), PCO (Porcentaje de Observaciones Cerradas en Plazo), Tasa de reproceso y tiempos administrativos. Estos parámetros permiten comparar objetivamente el impacto técnico operativo entre las alternativas. Los resultados confirman que el sistema actual presenta importantes limitaciones en términos de la calidad de los datos, riesgo de duplicidad y ausencia de evidencia vinculada a la observación, lo cual afecta directamente la eficiencia operativa del fiscalizador y confiabilidad del proceso.

HSI DoneSafe se destaca por su robusto sistema de control documental, flujos automáticos de trabajo y trazabilidad completa del ciclo de la observación. Fractal One demuestra un desempeño sólido en gestión de activos y ordenes de trabajo, con una correcta integración de evidencia y un entorno móvil avanzado, aunque requiere mayor configuración para replicar el flujo de trabajo del fiscalizador en las observaciones del mantenimiento. Por su parte, MainTainX ofrece un entorno altamente ágil para inspecciones en terreno, destacando su facilidad de uso y su operación offline, aunque presenta menor nivel de alineación normativo respecto a DoneSafe.

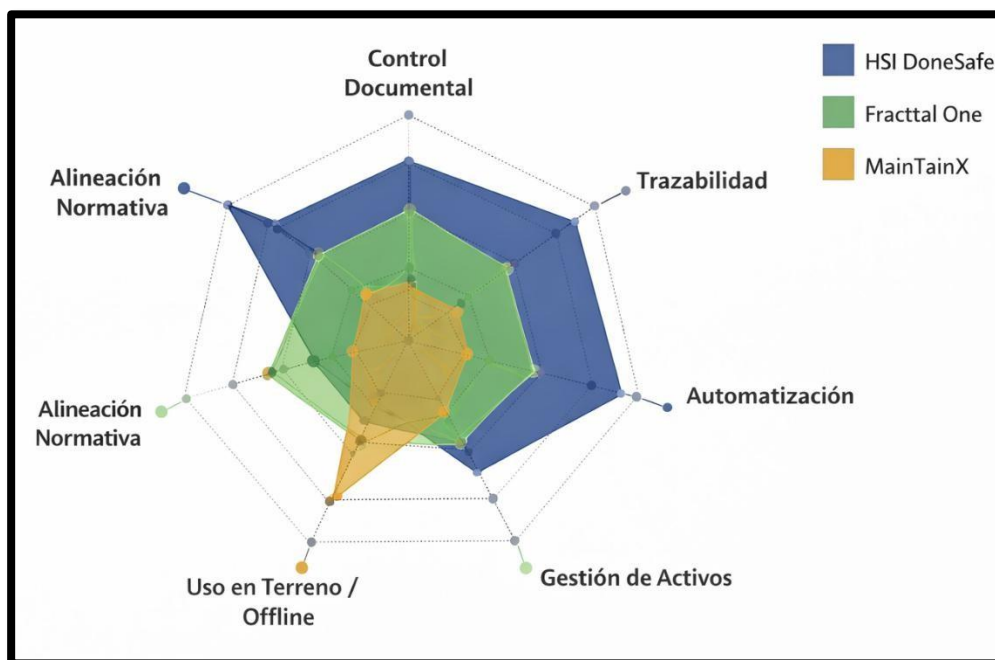


Figura 3.1: Comparación de capacidades entre HSI DoneSafe, Fracttal One y MainTain X

Fuente: Elaboración hecha con IA

La presente figura 3.1 muestra el nivel de cumplimiento de cada software en dimensiones clave como control documental, trazabilidad, automatización, uso en terreno y alineación normativa. Esta representación visual evidencia las diferencias funcionales entre las herramientas y facilita identificar de manera inmediata las fortalezas y brechas de cada una respecto del marco regulatorio aplicable, destacando a HSI DoneSafe como la plataforma con mayor coherencia respecto a los requisitos establecidos por normas y exigencias del proceso del fiscalizador.

En conjunto, el análisis técnico y lo explicado en el **Capítulo II** evidencia que las tres alternativas superan ampliamente al sistema actual, pero HSI DoneSafe presenta mayor correspondencia con las exigencias del proceso de fiscalización del mantenimiento, particularmente en trazabilidad, cumplimiento normativo y control documental.

### **3.2 ANÁLISIS NORMATIVO: ALINEACIÓN CON BALI, DS 508, ISO 9001 E ISO 8000**

El proceso de fiscalización en obras viales concesionadas se encuentra regulado por un conjunto de normas que establecen obligaciones específicas en términos de documentación, trazabilidad, evidencia técnica y calidad del dato. Por ello, la selección de una herramienta digital debe considerar su capacidad para ajustarse a estos requisitos.

En el caso de la norma ISO 9001, HSI DoneSafe destaca como la plataforma que mejor satisface los principios de control documental, ya que permite administrar versiones, registrar cambios y garantizar la disponibilidad de la información verificable. Este nivel de cumplimiento es crucial, dado que el fiscalizador debe presentar registros confiables y auditables ante el MOP.

Por otra parte, la norma ISO 8000 exige atributos de calidad del dato tales como exactitud, completitud, consistencia, trazabilidad y accesibilidad. HSI DoneSafe cumple íntegramente con estos requisitos gracias a la obligatoriedad de los campos del formulario, a la vinculación automática de evidencia fotográfica y al historial de modificaciones.

Fracttal One cumple correctamente con los elementos de completitud y consistencia del dato, pero presenta menor control sobre el versionamiento (Sobre quien modifica el archivo) y la trazabilidad en procesos no vinculados directamente a la gestión de activos.

MainTainX, si bien asegura registros estructurados, no dispone de mecanismos avanzados de auditoría que permitan cumplir con todos los requisitos de ISO 9001 e ISO 8000.

En relación con las Bases de Licitación (BALI) y el Decreto Supremo N° 508, ambos instrumentos establecen exigencias de trazabilidad del ciclo de observación, corrección, cierre, junto con la necesidad de contar con evidencia técnica verificable y registros que respalden la toma de decisiones. Bajo este marco, HSI DoneSafe es la alternativa que mejor responde a estas obligaciones, debido a que fue diseñada específicamente para procesos de auditoría, cumplimiento normativo y control documental.

Tanto Fracttal One como MainTainX ofrecen mejoras respecto del sistema manual, pero no alcanzan el nivel requerido de alineación para auditorias formales del MOP.

Este análisis confirma que HSI DoneSafe no solo cumple con los requisitos técnicos del proceso fiscalizador, sino que también se ajusta de manera más completa al marco normativo aplicable.

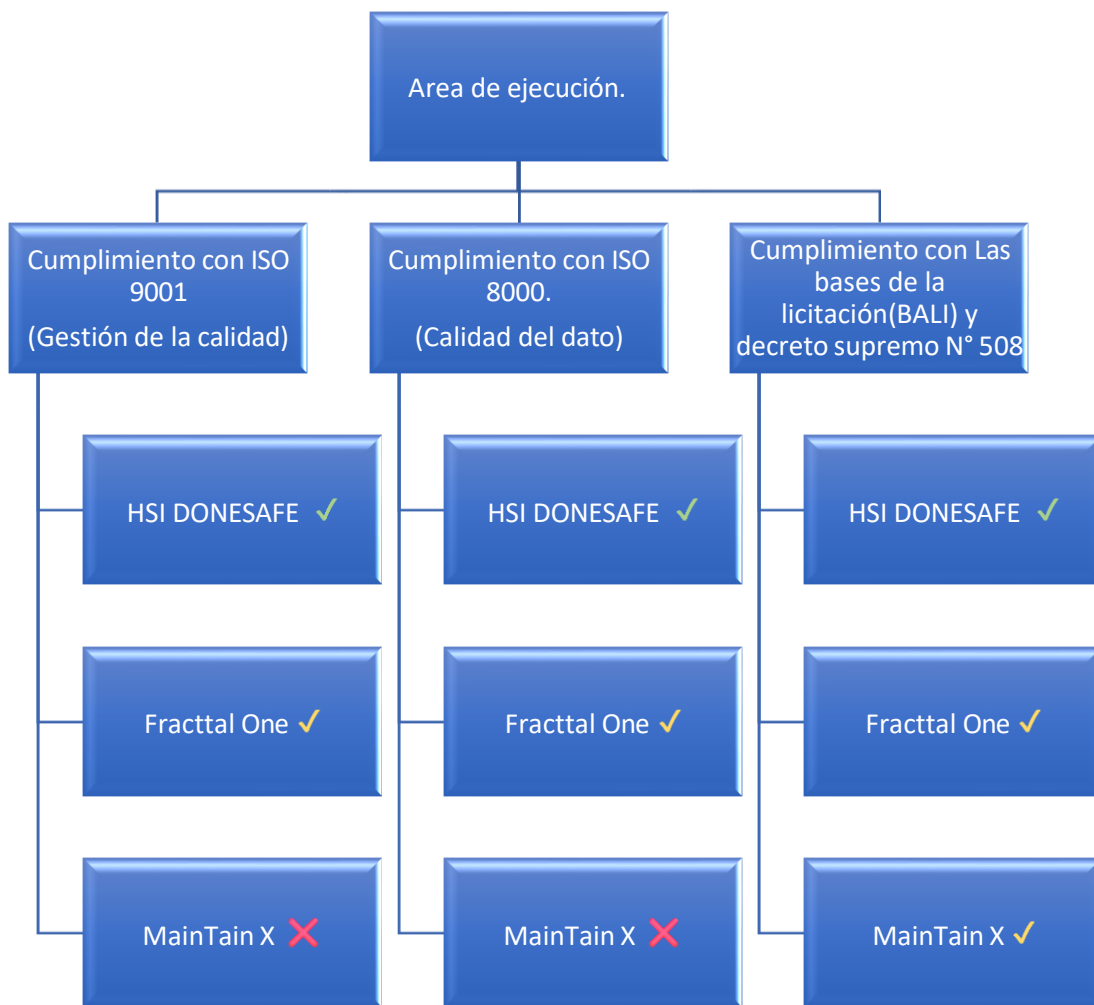


Figura 3.2: Esquema del marco normativo y su relación con las plataformas digitales evaluadas

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

- ✗: No cumple.
- ✓: Cumple.
- ✓: Cumple parcialmente.

La presente figura 3.2 presenta un esquema que relaciona las principales normas y requisitos aplicables al proceso de fiscalización con el nivel de cumplimiento en las plataformas digitales analizadas.

### **3.3 ANÁLISIS ECÓNOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DIGITALES**

El análisis económico considera seis fiscalizadores, equivalentes a seis usuarios activos del sistema. En el caso del método manual Excel, no existe algún tipo de costo asociado, solo al tiempo administrativo utilizando administrativo utilizando planillas, corrección de errores, duplicidad de registro y consolidación mensual de la información.

En cuanto a las alternativas digitales MainTainX presenta un menor costo, con valores que oscilan entre 1.440 y 4680 USD anuales para seis usuarios, según plan contratado.

Fractal One constituye la alternativa más costosa, alcanzando un costo anual de 18.360 USD para seis usuarios. HSI DoneSafe se posiciona en un rango intermedio, con un costo anual de entre 2.160 USD y 5400 USD para seis usuarios, más un costo de implementación único entre 1.500 y 2100 USD.

<b>Plataforma</b>	<b>Costo por usuario</b>	<b>Costo Mensual total</b>	<b>Costo anual total</b>	<b>Costo de Implementación</b>	<b>Observación</b>
<b>MainTainX</b>	20	120USD	1.400USD	No requiere	Opción más económica
<b>MainTainX</b>	65	390USD	4680USD	No requiere	Mayor Funcionalidad
<b>Fractal One</b>	255	1.530 USD	18.360 USD	0 – 500 USD	Mayor costo y con enfoque mayoritario a activos
<b>HSI DoneSafe</b>	30 -75	180 – 450 USD	2.160 – 5.400 USD	1.500 – 2100 USD	Mejora la trazabilidad y control documental

Tabla 3.3: Comparación económica para seis fiscalizadores y sus costos estimados

Fuente: Elaboración Propia, 2025

El análisis económico demuestra que, si bien MainTainX es la alternativa de menor costo y Fractal One representa la opción más costosa, la decisión no debe basarse únicamente en el valor monetario, si no en la relación costo – beneficio respecto de los requerimientos del proceso de las observaciones realizadas en la fiscalización del mantenimiento. En este sentido, HSI DoneSafe ofrece un equilibrio adecuado entre la inversión anual, trazabilidad documental y alineación normativa, lo que permite justificar su implementación como solución.

#### **3.4 MATRIZ DE DECISIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA OPTIMA**

Con el fin de integrar los criterios analizados en las secciones anteriores, se desarrolló una matriz de decisión pondera considerando trazabilidad, facilidad de uso, alineación normativa, costo total y calidad del dato. Cada criterio fue evaluado con puntajes entre el 1 y 5, utilizando ponderaciones basadas en los requisitos del MOP y las normas ISO aplicables.

<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>MainTainX</b>	<b>Fracttal One</b>	<b>HSI DoneSafe</b>
<b>Trazabilidad del dato</b>	0,25	3	4	5
<b>Alienación normativa</b>	0,25	2	3	5
<b>Facilidad de uso.</b>	0,15	5	4	4
<b>Costo anual.</b>	0,20	5	1	4
<b>Calidad del dato</b>	0,15	3	4	5
<b>Puntaje</b>	1	3.6	3.2	4.6

Tabla 3.4: Matriz de decisión

Fuente: Elaboración Propia, 2025

Para la elaboración de la matriz se empleó una escala de evaluación de 1 a 5, donde cada valor representa el grado de cumplimiento de la alternativa respecto del criterio evaluado. Un puntaje de 1 a 2 indica un cumplimiento limitado, insuficiente o que requiere ajustes significativos para adaptarse al proceso del fiscalizador.

Un puntaje de 3 corresponde a un nivel de cumplimiento aceptable, en el que la plataforma satisface parcialmente el criterio.

Finalmente, el puntaje de 4 a 5 representa un alto nivel de cumplimiento, reflejando que la herramienta responde de manera solida a las necesidades del proceso.

Criterios:

1- Trazabilidad del dato (Peso 0,25):

Para asignar el puntaje se evaluaron las siguientes acciones:

<b>Puntaje</b>	<b>Acciones o requisitos que debe cumplir la plataforma</b>
<b>1-2</b>	No registra historial; no vincula evidencia automáticamente; trazabilidad incompleta o manual.
<b>3</b>	Registra parte del ciclo; evidencia cargada manualmente; trazabilidad parcial.
<b>4</b>	Historial de cambios visible; buena trazabilidad del ciclo; evidencia integrada.
<b>5</b>	Trazabilidad completa del ciclo de observación → corrección → cierre; historial automático; evidencia vinculada obligatoriamente.

2- Alineación normativa (Peso 0,25):

<b>Puntaje</b>	<b>Requisitos normativos comprobables</b>
<b>1-2</b>	No cumple requisitos mínimos de control documental ni calidad del dato.
<b>3</b>	Cumple parcialmente con normas (p.ej., controla evidencia y consistencia, pero no versionamiento).
<b>4</b>	Cumple la mayoría de los requisitos de ISO 9001 y ISO 8000; permite auditoría básica.
<b>5</b>	Cumplimiento robusto: control documental, versionamiento, campos obligatorios, historial, trazabilidad y evidencia técnica verificable.

3- Facilidad de uso (Peso 0,15):

<b>Puntaje</b>	<b>Condiciones relacionadas con experiencia de usuario</b>
<b>1-2</b>	Interfaz compleja; requiere capacitación intensiva; flujos no intuitivos.
<b>3</b>	Uso aceptable; curva de aprendizaje moderada.
<b>4</b>	Interfaz intuitiva; buena usabilidad en escritorio y móvil.
<b>5</b>	Interfaz altamente ágil; operación en terreno simple; tiempos mínimos de registro.

4- Costo anual (Peso 0,20):

<b>Puntaje</b>	<b>Criterio económico aplicado</b>
<b>1-2</b>	Costo alto respecto al valor entregado; requiere módulos adicionales.
<b>3</b>	Costo medio; relación costo/beneficio razonable.
<b>4</b>	Costo competitivo considerando capacidades técnicas.
<b>5</b>	Menor costo o mayor valor por unidad monetaria; estructura económica muy favorable.

5- Calidad del dato (Peso 0,15):

Puntaje	Requisitos de calidad de información según ISO 8000
1-2	Datos incompletos o inconsistentes; no hay controles automáticos.
3	Cumple parcialmente: buena consistencia, pero sin obligatoriedad de campos.
4	Control correcto de exactitud, completitud y consistencia.
5	Calidad alta: campos obligatorios, evidencia vinculada, validación automática y registro íntegro.

Justificación de las ponderaciones:

- La trazabilidad y el cumplimiento normativo recién mayor peso debido a las exigencias del MOP.
- La facilidad de uso y costo se consideran relevantes, pero secundarios frente a los requisitos regulatorios.

El resultado de la matriz evidencia que HSI DoneSafe obtiene el puntaje más alto, con un valor de 4,6, superando tanto a MainTainX como a Fractal One. Este resultado confirma que HSI DoneSafe ofrece la mejor combinación entre desempeño técnico, cumplimiento normativo y costo total, posicionándose como la alternativa que más entrega mayor valor al proceso del fiscalizador.

Esta escala permite comparar de manera homogénea el rendimiento de las tres plataformas en criterios claves. La ponderación asociada a cada criterio refleja su importancia relativa dentro del proceso del fiscalizador, garantizando que la evaluación no dependa únicamente de un atributo aislado, sino de su contribución global.

### **3.5 BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN**

La implementación de una plataforma digital como HSI DoneSafe representa una manera operativa y normativa para el fiscalizador del mantenimiento. En el modelo actual, el uso de planillas Excel implica una carga administrativa asociada al registro, ordenamiento, revisión y consolidación manual de la información, estas tareas consumen bastante tiempo para el fiscalizador. La digitalización permite reducir significativamente estos tiempos al automatizar tareas que son manuales y repetitivas.

Desde una perspectiva costo – beneficio, la inversión en HSI DoneSafe para seis fiscalizadores oscila entre 2.160 y 5400 USD anuales, más el costo inicial de la implementación.

La reducción de horas administrativas representa un ahorro equivalente a disminuir la carga de trabajo operativa y liberar tiempo para labores de mayor valor para el fiscalizador.

A nivel operativo, los beneficios también se traducen en la disminución de la tasa de reprocesos, la mejora del cumplimiento de los plazos contractuales y la reducción del tiempo promedio de cierre de observaciones.

Estos factores contribuyen directamente a evitar retrasos, inconsistencias documentales y potenciales observaciones del MOP durante auditorias técnicas, adicionalmente, la estandarización de registro disminuye el riesgo de pérdida de datos, lo que reduce tiempos en la reconstrucción de información y gestión de errores. Esto representa un beneficio que impacta positivamente en la continuidad del servicio.

En el ámbito normativo, el impacto de la inversión radica en asegurar el cumplimiento de las exigencias establecidas en las ISO 9001 y la ISO 8000, así como las disposiciones de las Bases de la Licitación y el Decreto Supremo N°508. Cumplir estos requisitos mediante una herramienta digital robusta reduce la probabilidad de no conformidades, lo que a su vez fortalece la transparencia del proceso fiscalizador.

Finalmente, al incorporar una plataforma eleva el estándar de calidad del proceso de fiscalización, esto genera beneficios a largo plazo como la mejora continua del sistema, la

disminución de errores históricos y la creación de una base de datos confiable para el análisis comparativo de futuros contratos. De esta manera, la inversión en HSI DoneSafe no solo incrementa la eficiencia actual, sino que establece una infraestructura digital sostenible que aporta valor estratégico a la gestión del mantenimiento de rutas concesionadas.

### **3.6 RIESGOS DE IMPLEMENTACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Como todo proceso de transformación digital, la adopción de un sistema centralizado implica riesgos operativos y organizacionales que deben ser identificados para asegurar una implementación exitosa. Uno de los riesgos más frecuentes corresponde a la resistencia al cambio, especialmente en procesos que históricamente se han realizado mediante planillas de Excel. Este riesgo puede mitigarse mediante capacitaciones estructuradas, manuales de usuario y un periodo de transición en la cual ambos sistemas operan en paralelo.

Otro riesgo corresponde a brechas de capacitaciones entre los propios fiscalizadores, lo que podría afectar la correcta utilización del sistema. Para evitarlo, se recomienda la realización de talleres prácticos.

Finalmente, la dependencia tecnológica del proveedor constituye un riesgo relevante, este puede mitigarse mediante la elaboración de respaldo periódicos, la exportación de datos, todo esto con el fin de garantizar la continuidad operativa y respaldo de la información. La identificación de estos riesgos y sus mitigaciones demuestran que la adopción de un sistema digital es viable y operativamente segura para el proceso del fiscalizador.

<b>Riesgo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Mitigación</b>
<b>Resistencia al cambio.</b>	Adopción de un nuevo sistema digital.	Capacitaciones y manuales.
<b>Brechas de capacitación.</b>	Algunos fiscalizadores pueden presentar dificultades iniciales.	Entrenamiento práctico, soporte continuo.
<b>Dependencia del proveedor</b>	Riesgo de interrupción del servicio.	Respaldo periódico de datos, exportaciones regulares.
<b>Ciberseguridad</b>	Acceso no autorizado o pérdida de datos.	Autenticación de doble factor.

Tabla 3.6: Identificación de riesgos y estrategias de mitigación.

Fuente: Elaboración propia, 2025

### **3.7 CASO PRACTICO SIMULADO MODELO ACTUAL - MODELO PROPUESTO**

Con el fin de ilustrar de manera tangible las diferencias entre el modelo actual y el modelo propuesto seleccionado, se presenta un caso comparativo basado en un escenario típico de fiscalización. En una inspección, un fiscalizador registra aproximadamente veinte observaciones en terreno. En el modelo actual, este proceso requiere transcribir la información al regresar a la oficina, renombrar, clasificar las fotografías, actualizar la planilla, enviar correos de seguimiento y consolidar reportes, lo que genera una carga administrativa y horas adicionales por jornada de inspección.

En contraste, mediante HSI DoneSafe, cada observación se registra en terreno con fotografía vinculada, georreferenciación, campos obligatorios y asignación automática a la concesionaria. Esto reduce de manera significativa la probabilidad de omitir información, elimina

duplicidades y permite que el ciclo de observaciones inicie desde el momento mismo en que se detecta la condición en terreno.

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Modelo actual (Excel)</b>	<b>Modelo Propuesto (HSI DoneSafe)</b>
<b>Registro en terreno</b>	20-30 Min.	10 Min.
<b>Asociación de fotos</b>	20 Min.	Automático.
<b>Consolidación del informe.</b>	1-2 Hrs.	10-15 Min.
<b>Envío a concesionaria</b>	Manual.	Automático
<b>Seguimiento de cierre</b>	Correos y llamadas	Panel centralizado.

Tabla 3.7: Comparación del proceso de gestión de observaciones entre el modelo actual y el modelo propuesto.

Fuente: Elaboración propia, 2025

### **3.8 RESULTADOS ESPERADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y EL IMPACTO DE LA DIGITALCIÓN EN LA FISCALIZACIÓN**

Los análisis presentados permiten concluir que la digitalización del proceso de registro y seguimiento de observaciones presenta una alternativa técnica, económica y normativamente superior al modelo actual existente. A través de la comparativa y la matriz de decisión, se determinó que HSI DoneSafe es la alternativa óptima para el proceso del fiscalizador.

El análisis de los riesgos identificados y el caso práctico complementan esta evaluación, demostrando viabilidad operativa y los beneficios esperados. La implementación de HSI DoneSafe permitiría, mejorar de forma significativa los indicadores operativos definidos en el Capítulo 2. Asimismo, se espera un aumento de los porcentajes de observaciones cerradas dentro del plazo contractual, lo que mejora directamente el desempeño operativo del fiscalizador, la reducción de horas administrativas que contribuyen directamente a aumentar la productividad.

Adicionalmente, la disponibilidad de información estructurada y estandarizada abre la puerta a desarrollar análisis comparativos entre periodos, identificar tendencias en los incumplimientos y generar estrategias preventivas más efectivas. De esta manera, la digitalización no solo optimiza la gestión diaria de observaciones, sino que transforma el rol del fiscalizador al permitirle adoptar una posición más analítica, con foco en la mejora continua y el aseguramiento de la calidad. La transición hacia plataformas digitales no representa únicamente un cambio tecnológico, sino una evolución en la forma de gestionar el mantenimiento en rutas concesionadas.

## **REFERENCIAS**

- Ministerio de Obras Públicas. (2004). *Decreto Supremo N.º 508: Normas para la fiscalización de contratos de concesión*. Gobierno de Chile.
- Ministerio de Obras Públicas. (2020). *Bases de licitación de concesiones viales*. Gobierno de Chile.
- Dirección General de Concesiones. (2022). *Informe de gestión de concesiones viales*. Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 8000:2015 Data quality — Fundamentals*. ISO.
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 55000:2019 Asset management — Overview, principles and terminology*. ISO.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2013). *Maintenance manual for roadways*. AASHTO.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance (RCM II)* (2nd ed.). Industrial Press.
- Smith, A., & Hawkins, B. (2011). *Lean maintenance: Reduce costs, improve quality, and increase market share*. CRC Press.
- Tsang, A. H. C. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7–39. <https://doi.org/10.1108/13552510210420577>
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

Hernández, C., & Pino, R. (2020). Digitalización de procesos de mantenimiento en infraestructura crítica. *Revista Ingeniería Industrial*, 39(2), 45–58.

Deloitte. (2021). *The future of maintenance: Digital transformation in asset management*. <https://www2.deloitte.com>

HSI. (2024). *DoneSafe platform overview*. <https://www.hsi.com/donesafe>

MaintainX. (2024). *Pricing & features*. <https://www.getmaintainx.com>

MaintainX. (2024). *Product documentation*. <https://support.getmaintainx.com>

Fracttal. (2024). *Fracttal One overview*. <https://www.fracttal.com>

Fracttal. (2024). *Pricing information*. <https://www.fracttal.com/pricing>