



**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARIA SEDE VIÑA DEL MAR-JOSE MIGUEL
CARRERA**

Plan de ruta y marcha digital de seguridad Embalse Carén

Trabajo de titulación para optar al
título de ingeniería de prevención de
riesgos laborales y ambientales

Alumno:

Sr. Jesús Antonio Peña Flores

Profesor guía:

Sr. Alex Rojas Gutiérrez

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

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

Título del trabajo: Plan de ruta y marcha digital de seguridad "Embalse Carén"

Nombre del candidato(a): Jesús Antonio Peña Flores

Carrera / Grado: Ingeniería en prevención de riesgos laborales y ambientales

Campus: Sede Viña del Mar, José Miguel Carrera

Departamento: Departamento de Construcción y Prevención de Riesgos

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Alex Eduardo Rojas Gutiérrez, 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

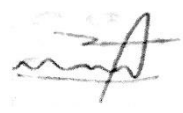
Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

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

Fecha: 11 de marzo 2026 Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Firma: Fecha: 11 de marzo 2026 



DEDICATORIA

A mi querida familia, por ser el pilar que ha sostenido cada uno de mis pasos. En especial a mis tíos Ernesto Carrizo y Luz Peña, cuyo apoyo incondicional, consejos e insistencia permanente a no permitir que me rinda jamás ha sido fundamental en este camino. A mis amigos, que con su compañía en momentos difíciles y palabras oportunas hicieron más liviano y ameno este proceso .

Quiero agradecer también a mis mentores de Acciona por recibirme con tanta calidez. Gracias a sus consejos y a todo lo que me enseñaron con sus experiencias de trabajo y de vida, he podido crecer y convertirme en un mejor profesional.

Y, de manera muy especial, a mi padre, que lo extraño todos los días, quien ya no está físicamente conmigo, pero su espíritu nunca me ha dejado acompañar en cada paso importante que he dado y cuya fuerza, enseñanzas y amor siguen guiando cada decisión que tomo. Este logro también es suyo.



Índice de títulos

RESUMEN	6
SIGLAS Y ABREVIATURAS	8
INTRODUCCIÓN	9
ALCANCE.....	10
FUNDAMENTACION	10
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
CAPITULO 1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA.....	12
1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA	13
1.2. RUBRO	16
1.3. PROCESOS	18
1.4. PRODUCTOS/SERVICIOS.....	19
1.5. LAY OUT	22
1.6. ORGANIGRAMA	23
CAPITULO 2. MARCO TEORICO Y LEGAL.....	26
2.1. MARCO TEORICO	27
2.2. MARCO LEGAL.....	30
CAPITULO 3. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA	37
3.1 INVENTARIOS CRITICOS DE ACCIDENTABILIDAD	38
3.2 BRECHA LEGAL	40
3.3 ESTADISTICAS DE ACCIDENTABILIDAD	45
CAPITULO 4. PLAN DE RUTA Y MARCHA DIGITAL DE SEGURIDAD	56
4.1 FUNCIONAMIENTO Y USO DEL SISTEMA DIGITAL EN TIEMPO REAL.....	58
4.2 USO DEL SISTEMA DIGITAL EN EMBALSE CAREN	58



4.3 PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO	65
4.4 SISTEMA DE GESTIÓN PREVENTIVA	67
4.5 ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DEL SISTEMA DIGITAL	70
4.6. PROYECCIÓN HIPOTÉTICA APLICANDO LA PROPUESTA DE PLAN DE MARCHA	72
4.7. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA PROPUESTA	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXO	86



RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo mejorar la seguridad en el tránsito de maquinaria pesada en el Embalse Caren mediante un sistema digital de plan de ruta y marcha en tiempo real. Las rutas con pendientes superiores a 12° cambian constantemente por tronaduras y condiciones climáticas que afectan el terreno, lo que incrementa el riesgo de accidentes y evidencia la necesidad de una herramienta que entregue información actualizada para apoyar decisiones seguras.

La investigación reveló brechas en la estandarización de rutas, en el monitoreo preventivo y en la disponibilidad de datos operativos. El análisis de accidentabilidad de 2024 y parte del año del 2025 mostró 31 eventos asociados al tránsito interno, reforzando la necesidad de mejorar los controles y cumplir con los requisitos del D.S. N°44 y la Ley 16.744.

La propuesta consiste desarrollar un sistema digital que incorpore georreferenciación, monitoreo continuo de pendientes y visualización de rutas críticas. Esta herramienta permite actualizar y visualizar mejor los caminos según cambios de terreno, mejorar la trazabilidad operativa y fortalecer la gestión preventiva mediante recomendaciones de operación segura.

Según la proyección anual, la implementación gradual del sistema permitiría reducir entre un 30% y un 35% los incidentes asociados al tránsito de maquinaria pesada, gracias a la estandarización de rutas, la entrega de información confiable y el fortalecimiento de la cultura preventiva.

Esta estimación se fundamenta en:

- la línea base de 31 eventos registrados en la investigación del proyecto de título entre el año 2024 y de enero hasta octubre del 2025, de los cuales aproximadamente el 70% están directamente relacionados con condiciones de rutas y pendientes (según el diagnóstico del capítulo 3.3);



- la reducción progresiva observada en la simulación teórica del capítulo 4.6 (de 31 eventos a 20–21 eventos al finalizar la fase completa), lograda mediante estandarización de rutas, alertas en tiempo real, control de velocidades y pendientes, y fortalecimiento de la cultura preventiva.

En conclusión, el proyecto constituye una solución tecnológica viable y de alto impacto para Acciona, al mejorar la seguridad vial interna, optimizar la operación y alinearse con los estándares exigidos por Codelco VP.



SIGLAS Y ABREVIATURAS

APR: Asesor en Prevención de Riesgos

D.S.: Decreto Supremo

EPP: Equipo de Protección Personal

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

IRL: Información de Riesgos Laborales

ISO: Organización Internacional de Normalización

MINSAL: Ministerio de Salud

MIPER: Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

MOP: Ministerio de Obras Públicas

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

SSO: Seguridad y Salud Ocupacional

VP: Vicepresidencia de Proyectos (Codelco VP)

IAP: Índice de alto potencial

CTP: Con tiempo perdido

STP: Sin tiempo perdido

EDPSP: Evento de alto potencial sin daño a personas



INTRODUCCIÓN

La seguridad laboral en proyectos de construcción de gran envergadura es un factor crítico, especialmente en faenas donde intervienen maquinaria pesada y transporte de materiales por rutas con condiciones topográficas complejas. En caminos con pendientes superiores a 12 grados, el riesgo de accidentes aumenta considerablemente, generando escenarios de volcamiento, colisiones o fallas mecánicas que comprometen la seguridad de los trabajadores y la continuidad de las operaciones. La falta de medidas preventivas específicas aumenta la exposición a incidentes en la faena (Thompson, RJ (1998). Evaluación comparativa de los estándares de diseño de caminos de acarreo para reducir los accidentes de transporte. Revista Internacional de Minería de Superficie, Recuperación y Medio Ambiente., 2007)

Frente a esta situación, resulta fundamental desarrollar sistemas que permitan a los operadores de camiones y maquinaria recibir información en tiempo real sobre desplazamientos seguros, alineados con los protocolos de seguridad exigidos tanto por la empresa contratista como por el mandante. Estudios recientes destacan que la implementación de sistemas digitales de monitoreo en tiempo real, como GPS y alertas basadas en sensores, puede reducir significativamente los incidentes viales en faenas mineras y de infraestructura, al permitir una mejor planificación de rutas y detección temprana de riesgos (smartreport 2025 GPS y control de velocidad para flotas de minería, 2025). Para dar respuesta a esta necesidad, se propone el desarrollo de un sistema digital de plan de marcha en tiempo real, diseñado para adaptarse a los constantes cambios topográficos de la faena y entregar directrices claras de tránsito seguro en rutas con pendientes pronunciadas.

Bajo esta situación, Acciona, empresa líder en soluciones sostenibles de infraestructura, se encuentra ejecutando la construcción del muro principal y Sotelo del Embalse Caren, ubicado en la comuna de Alhué, provincia de Melipilla, Chile. En coordinación con la Gerencia de Sustentabilidad, Seguridad y Salud Ocupacional de la Vicepresidencia de Proyectos de Codelco (VP) y con su propia gerencia de Seguridad y



Salud Ocupacional, Acciona ha establecido lineamientos de gestión preventiva orientados a reducir de manera significativa los riesgos asociados a volcamiento, colisiones y choques.

ALCANCE

El proyecto se enmarca en la construcción del muro principal y Sotelo del Embalse Caren, ejecutado por Acciona bajo lineamientos de Codelco VP, en la comuna de Alhué, provincia de Melipilla.

Se limita exclusivamente al tránsito interno y operaciones viales del Embalse Caren, excluyendo faenas externas o procesos no contemplados en el contrato vigente.

La propuesta busca implementar de forma gradual y parcial el sistema digital de plan de ruta y marcha en tiempo real, iniciando en rutas críticas pendientes $>12^\circ$ con un subconjunto de la flota principal (30-40% de camiones tolva y dumpers) durante una fase inicial de 9 meses, con posibilidad de adaptabilidad total según sus resultados y la aprobación del mandante (Codelco VP) y Acciona.

FUNDAMENTACION

Debido a la situación que se producen en la faena los planes de marcha deben ir cambiando constantemente ya que las rutas no son permanentes en la faena del embalse Caren, esto es puesto que las constantes tronaduras semanales que se producen en la faena generan un cambio topográfico y esto altera las rutas de transporte ya definidas, esto provoca la eliminación y alteración de caminos y en contraparte generando unos nuevo sin plan de marcha en la cual los camiones pesados deberán transitar en un camino con un nivel de riesgo alto que podría afectar la integridad de operador y la maquinaria de trabajo.



Por lo mencionado anteriormente se desarrolla un sistema de plan de marcha rápido y efectivo de integrar, para reducir el riesgo de un posible accidente en el sitio de trabajo y así cumplir con las condiciones exigidas del cliente (SSO- CODELCO VP).

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un sistema digital en tiempo real de un plan de marcha para nuevas rutas con pendientes superiores a 12° en los caminos con mayor presencia de maquinarias y camiones en el Embalse Carén.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las condiciones topográficas y operacionales de dichas rutas, considerando factores como tipo de suelo, estabilidad, amplitud del camino, condición del pretil, clima y frecuencia de tránsito.
- Evaluar el desempeño y limitaciones técnicas de los camiones de construcción que operan en estas rutas, en relación con la inclinación del terreno y el tipo de cargas que lleva el camión.
- Diseñar un plan de marcha detallado, que incluya velocidades recomendadas, señalización preventiva y medidas de control para el tránsito seguro en pendientes pronunciadas.



CAPITULO 1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

En base a lo relacionado con los antecedentes, la idea de este proyecto de título se originó mediante a la nota interna de Codelco VP que exige requisitos de movimientos en zona de pendientes y alta montaña, para prepararse comúnmente se hace una investigación de ruta en donde los camiones ya están transitando sin un plan de marcha, el título de este proyecto “PLAN DE RUTA Y MARCHA DIGITAL DE SEGURIDAD DE EMBALSE CAREN” que hace referencia al plan que se propone.

Este planteamiento surge como respuesta a la necesidad de establecer un control más riguroso y estandarizado del tránsito interno de la faena, considerando que las operaciones se desarrollan en un entorno geográfico complejo y con condiciones climáticas variables. La falta de una herramienta formal que oriente las maniobras y defina parámetros de seguridad ha generado brechas operacionales que este proyecto busca abordar o atacar mediante un sistema digital moderno, eficiente y alineado con las exigencias normativas vigentes actuales.

1.1. UBICACIÓN GEOGRAFICA

- El proyecto Embalse Caren se localiza en el interior de la Hacienda Loncha, propiedad de Codelco, a 10 km al sur de Villa Alhué.
- Respecto a Santiago, se localiza a 135 km al suroeste y a 75 km al sur de Melipilla.
- Administrativamente, el área del embalse se encuentra en la región Metropolitana, provincia de Melipilla, comuna de Alhué.



Fuente: Codelco VP (2024) Figura 1. Ubicación geográfica del Embalse Caren en la Región Metropolitana de Chile.

La figura 1 muestra la ubicación geográfica del Embalse Caren, destacando su entorno topográfico y la distribución de los accesos principales utilizados por la maquinaria y personal de la faena. Esta referencia visual permite dar una perspectiva más acertada respecto a las condiciones del terreno y la dinámica operacional del área de trabajo. también podemos mencionar que su ubicación dentro de un sector de relieve variable evidencia la importancia de contar con rutas claras y definidas para el tránsito seguro, considerando pendientes, radios de giro y zonas de mayor exposición a riesgos asociados a las operaciones de los trabajos diaria.

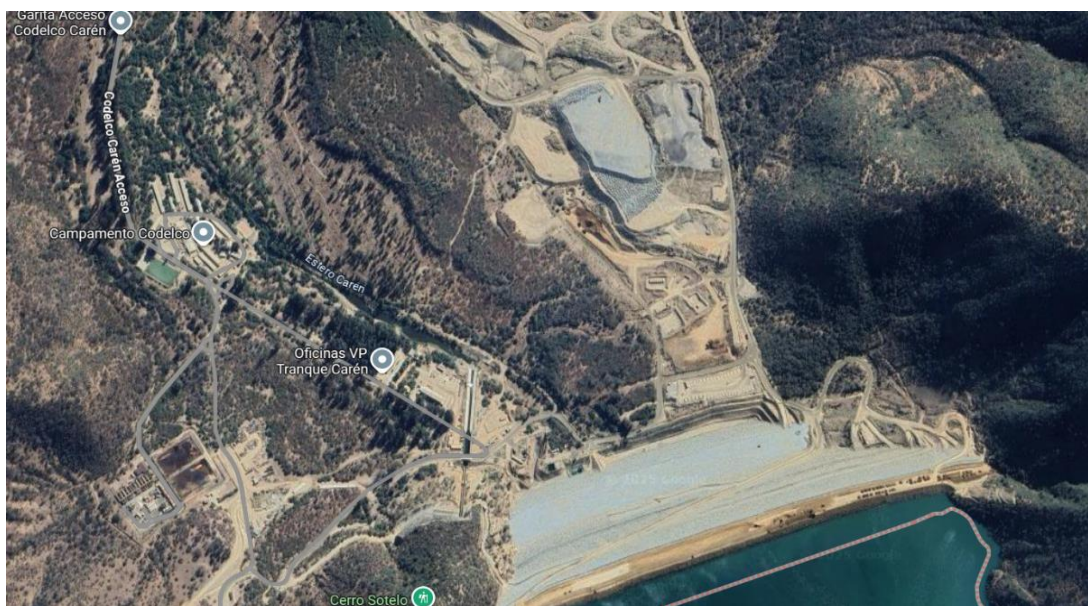


Fuente: Google Earth (2025) Figura 2. Localización del Embalse Caren respecto a la comuna de Alhué y alrededores.

Como se logra observar en la Figura 2, la imagen satelital muestra con claridad el emplazamiento del Embalse Caren y su entorno geográfico general. En la vista se distingue la cuenca completa del embalse destacada por un contorno punteado con rojo, permitiendo visualizar su extensión general dentro del valle y la relación que mantiene con las zonas montañosas que lo rodean. También se identifican puntos de referencia relevantes, como el Campamento Codelco en donde también se ubican las

oficinas de acciona y la localidad de La Quesería, junto con la proximidad a la Reserva Nacional Roblería de Loncha y sectores rurales como Hijuelas de Pincha.

Esta imagen geográfica es fundamental para comprender la ubicación estratégica del proyecto, las características topográficas del terreno y los desafíos operacionales que implica trabajar en un entorno cordillerano con rutas irregulares y pendientes pronunciadas.



Fuente: Google Earth (2025) Figura 3. Área del proyecto Embalse Caren dentro de la Hacienda Loncha, propiedad de Codelco.

Al realizar un mayor acercamiento de la Figura 2, la figura 3 permite observar con detalle la zona operacional donde se desarrollan las obras del Embalse Caren. En esta vista se distinguen claramente las instalaciones principales del proyecto, incluyendo las oficinas centrales de Codelco y los sectores asignados a empresas contratistas y subcontratistas, como Acciona. Si profundizamos la observación se logran visualizar los caminos internos de acceso, áreas de explotación, zonas de acopio y sectores administrativos, lo que entrega una imagen representativa precisa de cómo se distribuye el funcionamiento de la faena.



Esta imagen satelital ampliada es fundamental para comprender la disposición espacial de las actividades, la ubicación de las instalaciones críticas y la relación entre los puntos operativos dentro del entorno geográfico del embalse.

1.2. RUBRO

Acciona es una empresa internacional líder en el desarrollo de soluciones sostenibles de infraestructura y energía, con un enfoque en la innovación, la excelencia y la responsabilidad social. Su visión es dar respuesta al desafío global de lograr un desarrollo sostenible y productivo que permita mejorar la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

En su misión, Acciona se orienta a anticipar y satisfacer las necesidades de sus clientes mediante proyectos confiables, versátiles y de alta calidad, incorporando de manera permanente la innovación tecnológica y el desarrollo de las personas. La compañía pone especial énfasis en la formación continua de su capital humano, la diversificación de sus áreas de negocio y la generación de soluciones que aporten al progreso social y ambiental.

Dentro de sus áreas de acción, Acciona participa en proyectos de infraestructura, construcción, energías renovables, agua y servicios.

Además, podemos destacar que Acciona por su compromiso con la sostenibilidad y la gestión eficiente de recursos, trabajando con los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) en cada una de sus labores operacionales. La empresa ha consolidado su presencia en más de 40 países, posicionándose como un referente global en obras que requieren altos estándares de ingeniería, seguridad y cuidado del medio ambiente.

A nivel internacional, Acciona desarrolla proyectos de gran complejidad técnica, integrando sistemas constructivos modernos y tecnologías avanzadas que permiten



optimizar tiempos, recursos y eficiencia operativa. Su experiencia abarca obras viales, hidráulicas, energéticas, sociales y de infraestructura crítica, en las que incorpora metodologías de trabajo como BIM, modelamiento digital de terrenos, análisis predictivo y monitoreo en tiempo real. Estas herramientas fortalecen la planificación, reducen los riesgos asociados a la operación y permiten una gestión preventiva alineada con normativas locales e internacionales.

La empresa también destaca por su compromiso con la seguridad y salud ocupacional, estableciendo protocolos rigurosos basados en la identificación temprana de peligros, la evaluación de riesgos y la implementación de controles efectivos en terreno. Para ello, promueve programas de capacitación continua, cultura preventiva, liderazgo visible y participación de los trabajadores, elementos esenciales para garantizar operaciones seguras, especialmente en proyectos que involucran maquinaria pesada, actividades de alto riesgo o condiciones topográficas complejas.

En el ámbito de la sostenibilidad ambiental, Acciona impulsa iniciativas que reducen el impacto de sus actividades, promoviendo la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la aplicación de estrategias de economía circular. Este enfoque ha permitido optimizar el uso de materiales, disminuir emisiones y avanzar en la elaboración de proyectos más resilientes y respetuosos con el entorno natural.

En Chile, Acciona ha ejecutado obras relevantes en sectores como energía solar y eólica, construcción de hospitales, infraestructura pública, plantas desaladoras y rutas críticas para el desarrollo del país. Su participación en proyectos emblemáticos ha permitido la transferencia de conocimiento, la generación de empleo y el fortalecimiento de capacidades técnicas en los territorios donde opera.

Todo lo anterior convierte a Acciona en un socio estratégico para proyectos de alta exigencia técnica como el Embalse Caren. Su capacidad de gestión, su compromiso con la seguridad y la sostenibilidad, y su enfoque en la innovación tecnológica la posicionan



como una empresa preparada para enfrentar los desafíos actuales y futuros de la infraestructura moderna.

1.3. PROCESOS

Los procesos en los que trabaja Acciona siguen una estructura operativa basada en estándares internacionales y normativas nacionales en materia de construcción y prevención de riesgos. Entre los principales procesos destacan:

Planificación y diseño

- Análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental.
- Diseño de obras con criterios de sostenibilidad e innovación.

Gestión contractual y normativa

- Cumplimiento de la Ley 16.744 y los D.S. 44, 132 y 594.
- Aplicación de políticas de seguridad y medioambiente junto a Codelco VP.

Construcción y ejecución

- Desarrollo de obras civiles e hidráulicas con control de calidad.
- Uso de maquinaria pesada y recursos especializados.

Seguridad y gestión preventiva

- Identificación de riesgos críticos.
- Implementación de herramientas como Tarjeta Verde, ART y liderazgo visible.

Gestión ambiental y sostenibilidad

- Control de impactos ambientales y eficiencia energética.
- Promoción de conductas preventivas y compromiso sostenible.

Supervisión y mejora continua

- Monitoreo de indicadores de seguridad y desempeño.



- Retroalimentación y optimización de procesos.

1.4. PRODUCTOS/SERVICIOS

Energías Renovables

Acciona es un operador global dedicado exclusivamente a las energías renovables, con una presencia significativa en Chile desde 2006. Ofrece:

- **Proyectos de energía eólica** (Parque Eólico Punta Palmeras en Coquimbo, parques San Gabriel y Tolpán Sur en La Araucanía).
- **Desarrollo y operación de plantas fotovoltaicas emblemáticas**, como El Romero Solar, Almeyda, Margarida I y II, Usya y Tama te Ra'a (Isla de Pascua).
- **Centro de Control de Energías Renovables (CECOER)** en Chile que opera de forma remota plantas eólicas, solares, subestaciones y líneas de transmisión, integrándose a una red global para maximizar la eficiencia operativa.

Agua y Saneamiento

Acciona lidera soluciones integrales en gestión del agua, incluyendo:

- **Diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de agua potable**, depuración de aguas residuales, plantas desaladoras por ósmosis inversa y tratamientos terciarios para reutilización del agua.
- **Un ejemplo clave en Chile**: la primera planta desaladora para uso minero, en Copiapó (Región de Atacama), con capacidad de 54 000 m³/d, bajo contrato EPC + O&M por 20 años.

Infraestructura de Transporte y Energética

Acciona también desarrolla proyectos en infraestructura crítica:

- **Diseño y construcción de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas**
Además de centros de datos (data centers) para clientes, integrando ingeniería, montaje electromecánico y puesta en marcha.



- **Servicios de handling aeroportuario en 14 aeropuertos chilenos** (incluyendo Santiago, Calama, Antofagasta, Concepción, entre otros)
Abarcando servicios al pasajero, operaciones de rampa, carga, venta de billetes, deshielo y atención a PMR, con una cuota de mercado superior al 60%.

Infraestructura Social y Ciudadana

Acciona participa en el desarrollo de infraestructuras sociales con enfoque sostenible:

- **Construcción y operación de hospitales sostenibles**
Como Exequiel González Cortes y Marga-Marga, con gestión mediante asociaciones público-privadas y servicios integrales de operación, limpieza, residuos y energía.
- **Proyectos destinados al bienestar urbano**
Como campus universitarios, museos, espacios culturales y regeneración de ecosistemas, todos alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Programas Sociales con Energía Renovable

A través de su fundación acciona.org, la empresa opera un programa clave en comunidades aisladas:

- **Proveer electricidad renovable**
Más de 2 600 personas en 160 comunidades rurales de la región de Coquimbo en 2024. Esto ha permitido ahorro energético, mejor acceso a salud, educación, desarrollo económico y reducción de emisiones de CO₂ (~767 ton/año), mediante sistemas fotovoltaicos domiciliarios con baterías.

Infraestructura de Obras Civiles de Transporte

Además de energía, agua y construcción convencional, Acciona diseña, construye y mantiene carreteras, autopistas, puentes, túneles, ferrocarriles, metros y tranvías, así como otro tipo de infraestructura de transporte.



También participa en concesiones de infraestructura (vías, transporte, redes de movilidad, concesiones públicas) lo que le permite no solo construir, sino administrar y operar proyectos de largo plazo.

Diseño y construcción de carreteras, túneles, puentes y estructuras de transporte

ACCIONA ofrece servicios integrales de infraestructura de transporte: diseño, construcción, operación y mantenimiento de carreteras, autopistas, túneles, puentes, ferrocarriles, puertos y otras obras de transporte.

Este servicio permite habilitar vías de acceso y tránsito seguro en zonas complejas, garantizando conectividad, resistencia estructural y cumplimiento de estándares de seguridad y normativa técnica.

Infraestructura de Transporte e Ingeniería Civil

ACCIONA ofrece diseño, construcción, operación y mantenimiento de infraestructura de transporte — autopistas, carreteras, túneles, puentes, ferrocarriles, puertos y otras obras de conectividad.

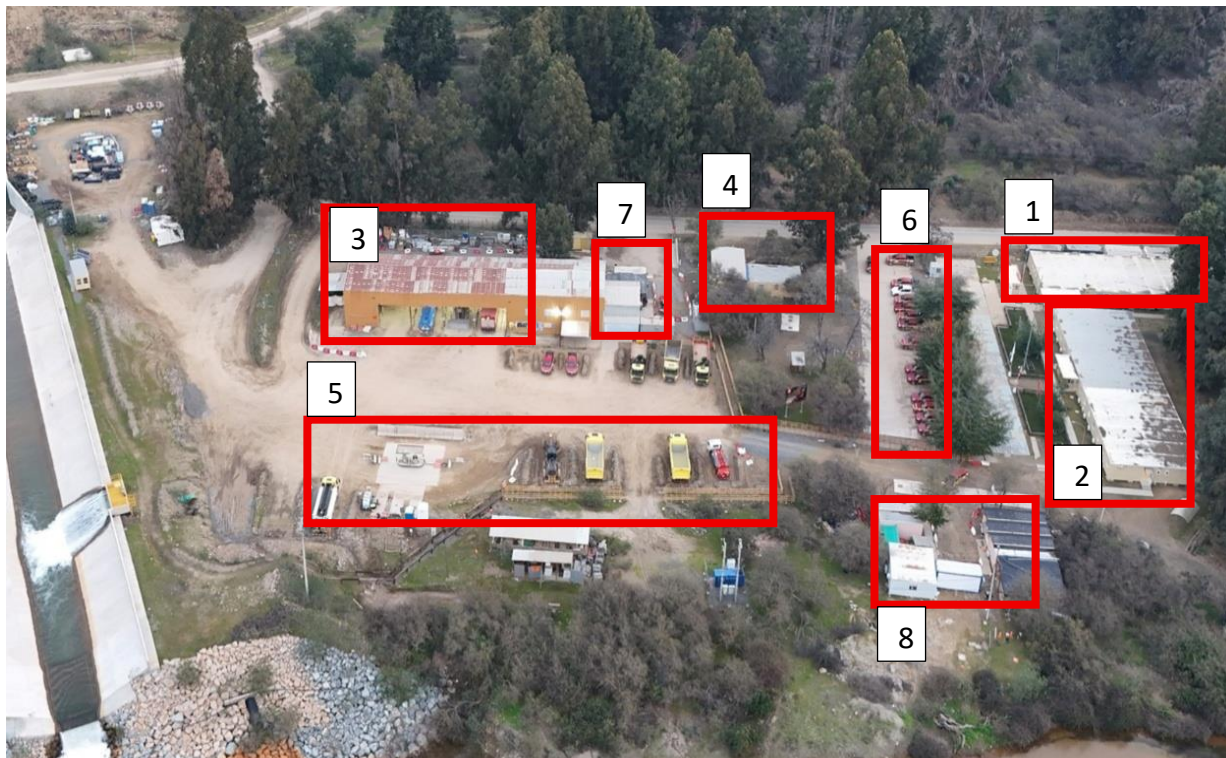
Esto incluye también obras de ingeniería civil en terrenos complejos, sistemas de acceso vial, caminos estructurados, túneles y soluciones de transporte adaptadas a condiciones topográficas adversas.

Soluciones de Movilidad Eléctrica y Energía Renovable / Servicios Energéticos Integrados

ACCIONA, a través de su división energética, ofrece generación de energía 100 % renovable (eólica, solar, hidroeléctrica, biomasa, etc.), soluciones de autoconsumo, eficiencia energética, así como infraestructura de recarga para flotas y vehículos eléctricos.

Además, implementa servicios energéticos integrados adaptados a las necesidades del cliente, apuntando a sostenibilidad, autonomía energética y eficiencia operativa.

1.5. LAY OUT



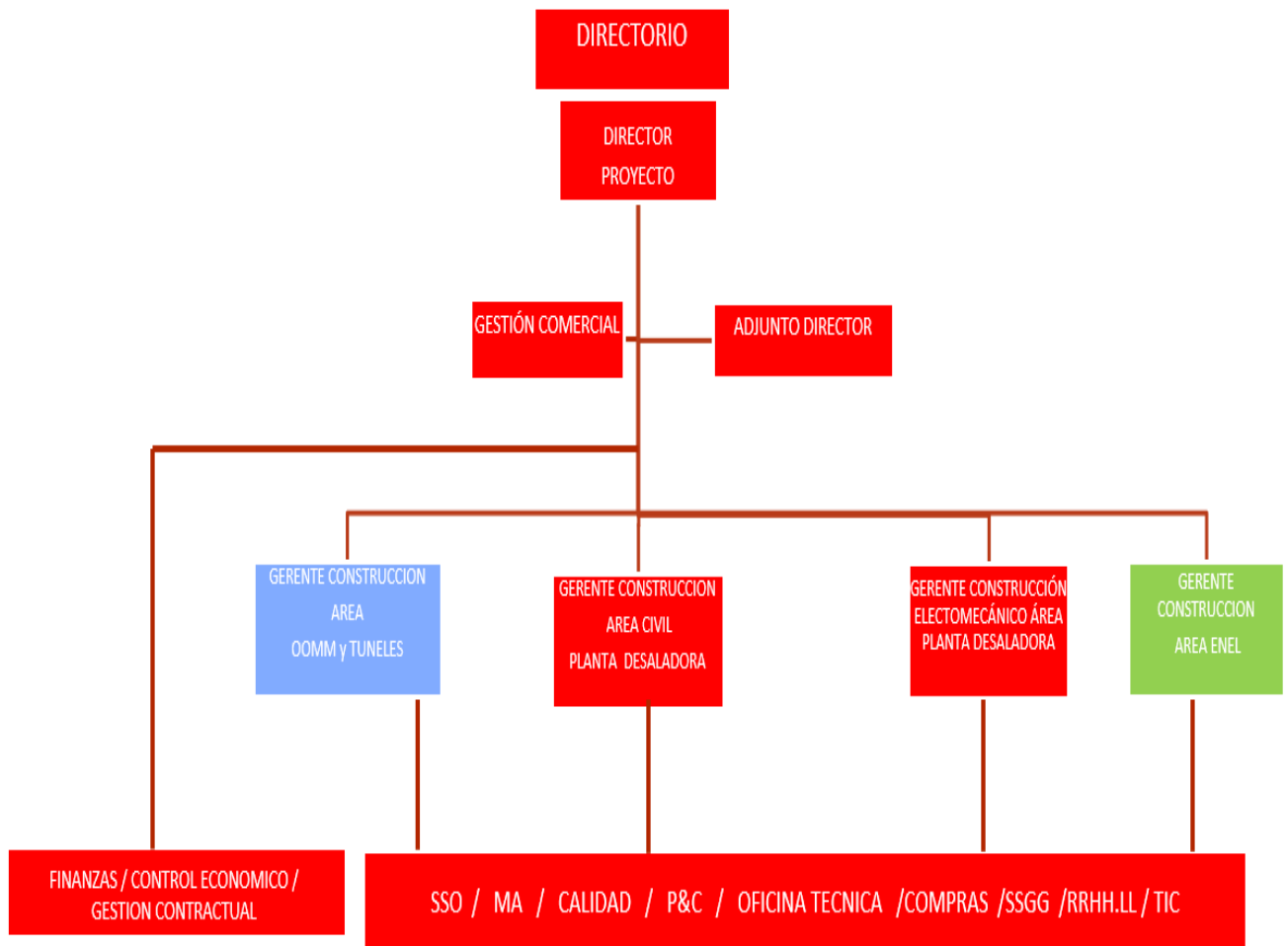
Ubicaciones:

1. Centro de oficinas de ACCIONA
2. Centro de oficinas CODELCO VP
3. Taller mecánico
4. Centro policlínico
5. Bencinera o centro de abastecimiento
6. Estacionamiento de camionetas de transporte
7. almacén de materiales de trabajo y EPP para personal de trabajo.
8. Oficinas de empresas externas



1.6. ORGANIGRAMA

ORGANIGRAMA GENERAL





Número de trabajadores desde enero hasta octubre del año 2025

Personal propio

Meses	Hombres	Mujeres
Enero	619	28
Febrero	627	27
Marzo	645	30
Abril	654	29
Mayo	642	30
Junio	612	30
Julio	587	39
Agosto	612	31
Septiembre	619	32
Octubre	623	34

Personal externo

Meses	Hombres + Mujeres
Enero	102
Febrero	118
Marzo	145
Abril	138
Mayo	123
Junio	122
Julio	119
Agosto	148
Septiembre	160
Octubre	185

Gestión preventiva desarrollada por Acciona en el Embalse Caren

La gestión preventiva desarrollada por Acciona en el proyecto Embalse Caren se enmarca en su Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional, el cual se basa en una política corporativa orientada a la protección de la vida y salud de los trabajadores, el cumplimiento de la normativa legal vigente y la mejora continua del desempeño preventivo.

Dicha gestión considera la identificación de peligros y evaluación de riesgos asociados a las distintas actividades del proyecto, permitiendo establecer controles operacionales y medidas preventivas para la ejecución segura de las labores,



especialmente en aquellas consideradas críticas, como el tránsito de vehículos y maquinaria.

Asimismo, Acciona implementa procedimientos de trabajo seguro y controles operacionales que permiten planificar y ejecutar las actividades bajo condiciones controladas, complementados con programas de capacitación y entrenamiento que buscan asegurar la competencia de los trabajadores de acuerdo con los riesgos presentes en el proyecto Embalse Caren.

La gestión preventiva incorpora la participación de los trabajadores mediante instancias formales de comunicación y reporte de incidentes, junto con acciones de vigilancia de la salud orientadas al control de la exposición a riesgos laborales.

Finalmente, el sistema preventivo contempla la investigación de accidentes e incidentes, así como el seguimiento y evaluación periódica del desempeño en seguridad y salud ocupacional, con el propósito de fortalecer la mejora continua y prevenir la ocurrencia de eventos no deseados en el desarrollo del proyecto.



CAPITULO 2. MARCO TEORICO Y LEGAL



2.1. MARCO TEORICO

Las obras de infraestructura en la cual se desarrolla en la empresa Acciona, específicamente en la construcción del Embalse Caren, ubicado en la comuna de Melipilla, Región Metropolitana de Chile, los métodos de seguridad operacional y la eficiencia del tránsito interno de maquinaria pesada y transporte liviano presenta una dificultad crítica para el éxito del proyecto. Esta faena presenta rutas con pendientes superiores a los 12° sin mencionar las rutas nuevas que se crean por el constante cambio de terreno por causa de las tronaduras constantes y una alta frecuencia de circulación de camiones de construcción, lo que incrementa significativamente los riesgos asociados al desplazamiento de equipos pesados y livianos en el terreno de trabajo. (Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2022). Manual de Carreteras (Volumen 3: Geometría, Capítulo 4)., 2020), (Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2024). Guía de presentación de proyectos menores a 5000 TPM., 2024)

Frente a este desafío, nace la necesidad de diseñar un plan de marcha de forma rápida y eficiente que este adaptado a las condiciones topográficas, las características técnicas de los vehículos y el cumplimiento de la normativa vigente en materia de transporte y prevención de riesgos laborales. Este tipo de planificación no solo busca reducir la probabilidad de accidentes, sino también mejorar la eficiencia operativa, facilitar el uso de un nuevo plan de marcha, reduciendo riesgos de traslado y asegurando la continuidad de las actividades normales de construcción. (SONAMI. (2016). Guía de operación y tránsito de equipos, vehículos y personas., 2016)

El marco teórico va a explorar los principales fundamentos conceptuales y normativos que nutren esta iniciativa, tomando temas reiterativos en la prevención como la seguridad operacional en obras de infraestructura, la planificación de rutas en pendientes mayores de 12°, las fichas técnicas de la maquinaria utilizada, el marco legal aplicable en Chile y el impacto de estas nuevas medidas en la productividad de la



faena. La utilización de estos conceptos resulta esencial para garantizar un entorno laboral seguro y eficiente en proyectos de alta demanda de seguridad como el Embalse Carén.

Plan de marcha

Instrucciones operativas diseñadas para organizar y controlar el tránsito de maquinaria pesada en una obra. Incluye la planificación de rutas internas, identificación de zonas críticas, delimitación de velocidades, señalización, procedimientos de emergencia y ficha técnica de los equipos de transporte. Busca optimizar el flujo vehicular y prevenir incidentes en terrenos complejos. (Codelco. (2014). Estándares de Control de Fatalidades ECF 3: Maquinarias Industriales., 2014)

Pendiente vial

Inclinación del terreno sobre el cual se desplazan los vehículos de tipo pesado y liviano, medida en grados. En trabajos de infraestructura, pendientes superiores a 12° requieren medidas especiales de seguridad debido al aumento del riesgo de volcamiento, pérdida de tracción y fallas de frenado. (Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2022). Manual de Carreteras (Volumen 3: Geometría, Capítulo 4)., 2020)

Seguridad operacional

Conjunto de prácticas, medidas y sistemas que buscan garantizar el desarrollo seguro de las actividades dentro de una faena, minimizando riesgos para trabajadores, equipos e infraestructura. Implica una planificación adecuada, cumplimiento normativo y gestión activa de peligros. (Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO). (2024). Informe anual de seguridad y salud en el trabajo 2024, 2024)



Maquinaria pesada y liviana

La maquinaria utilizada en obras de construcción se clasifica comúnmente en pesada y liviana, según su tamaño, capacidad operativa y función. La maquinaria pesada comprende equipos como camiones tolva, excavadoras, bulldozers, grúas y cargadores frontales, los cuales son esenciales para tareas de gran envergadura como movimientos de tierra y transporte de materiales. Por su volumen y peso, su operación en rutas con pendientes requiere condiciones de tránsito controladas y operadores capacitados. Por otro lado, la maquinaria liviana incluye equipos de menor tamaño como compactadoras, minicargadores, generadores y herramientas motorizadas, que, aunque presentan menores riesgos operacionales, también deben considerarse en la planificación del tránsito interno. Ambos tipos de maquinaria requieren rutas seguras, señalización adecuada y separación de flujos para evitar interferencias y garantizar la seguridad operacional dentro de la faena. (Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). (s.f.). Previsión de riesgos en obras viales., 2016)

Infraestructura vial en obras

Sistema de caminos, accesos y rutas diseñadas dentro de la faena para permitir el tránsito interno de maquinaria y personal. Su diseño debe considerar la carga esperada, el tipo de suelo, la climatología y la topografía, garantizando estabilidad y seguridad. (Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2022). Manual de Carreteras (Volumen 3: Geometría, Capítulo 4)., 2020)

Eficiencia operativa

Medida de la capacidad de una faena para ejecutar tareas con un uso óptimo de tiempo y recursos. En el contexto del tránsito interno, una planificación eficaz del flujo vehicular permite reducir tiempos de espera, minimizar accidentes y aumentar la



productividad general del proyecto. (Codelco. (2019). Guía de Controles Críticos SSO y Riesgos Operacionales., 2019)

2.2. MARCO LEGAL

Actualmente la regulación legal en Chile de seguridad operacional, tránsito de maquinaria y prevención de riesgos laborales en obras de infraestructura está constituida en una serie de normativas principalmente nacionales e internacionales, que establecen las orientaciones técnicas y legales que deben observar las empresas constructoras como Acciona en la ejecución de proyectos de alta complejidad, como el Embalse Caren.

Leyes

Constitución Política de la República de Chile (1980, Estado de Chile)

La Constitución establece que:

La Constitución asegura a todas las personas: el derecho a la vida y a la integridad física y psíquica (Constitución Política de la República de Chile, 1980, art. 19, n.º 1).

Este principio constitucional sienta las bases para el desarrollo de políticas públicas y normativas orientadas a la protección de los trabajadores en todos los ámbitos laborales, incluyendo obras de infraestructura de alto riesgo.



Ley N°16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales (1968, Estado de Chile)

Esta ley establece que:

“Los empleadores estarán obligados a organizar y mantener servicios de prevención de riesgos profesionales en sus empresas, conforme a las normas que establezca el reglamento” (Ley 16.744, 1968, art. 66).

Ley N° 18.290 de Tránsito (1984, Estado de Chile)

La Ley de Tránsito establece que:

Todo conductor deberá mantener el control del vehículo bajo cualquier circunstancia, adaptando su conducción a las condiciones del camino, del tránsito y de la visibilidad (Ley 18.290, 1984, art. 143).

Este principio también aplica a los operadores de maquinaria pesada y liviana dentro de faenas privadas, dado que deben cumplir con normas de conducción segura.

Esto incluye la integración de medidas técnicas y organizativas para mitigar los riesgos derivados del tránsito interno de maquinaria pesada en zonas con pendientes elevadas.

Ley N°21.643 – Ley Karin: Prevención del Acoso Laboral, Sexual y Violencia en el Trabajo (2024, Ministerio del Trabajo y Previsión Social)

La Ley Karin establece la obligación de contar con un protocolo interno para prevenir, investigar y sancionar el acoso laboral, acoso sexual y violencia en el trabajo. Exige canales de denuncia confidenciales, medidas de resguardo y capacitación obligatoria para todo el personal. Su aplicación es fundamental en faenas de alta rotación y múltiples contratistas, asegurando ambientes laborales seguros y protegidos.



Ley N° 20.123: Trabajo en Régimen de Subcontratación (2006, Ministerio del Trabajo y Previsión Social)

La Ley N° 20.123 regula el trabajo en régimen de subcontratación, el funcionamiento de las empresas de servicios transitorios y el contrato de trabajo de servicios transitorios. Esta ley es importante en proyectos en el Embalse Caren, donde participan múltiples contratistas y subcontratistas, ya que establece la responsabilidad de la empresa principal que es Codelco VP (mandante) en materia de cumplimiento de las normas laborales y de seguridad y salud en el trabajo.

La norma indica que:

Regula el trabajo en régimen de subcontratación, el funcionamiento de las empresas de servicios transitorios y el contrato de trabajo de servicios transitorios (Ley N° 20.123, 2006, artículos 1–9 sobre régimen de subcontratación)

Esta ley refuerza que tanto Codelco VP como las empresas contratistas, entre ellas Acciona y sus subcontratos, deben asegurar condiciones de seguridad homogéneas para todos los trabajadores presentes en la faena, independientemente de su empleador directo.

Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (1994, Ministerio del Medio Ambiente)

La Ley N° 19.300 establece el marco general de la gestión ambiental en Chile y regula el ingreso de proyectos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

La ley indica que:

Deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental aquellos proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental (Ley N° 19.300, 1994, art. 8°).



Esta norma define los requisitos y obligaciones que deben cumplir las obras que puedan generar impactos relevantes sobre el entorno, especialmente aquellas asociadas a movimientos de tierra, obras hidráulicas y tránsito de maquinaria pesada.

Código del Trabajo (2023, Ministerio del Trabajo y Previsión Social)

El artículo 184 del Código del Trabajo menciona que:

“El empleador estará obligado a tomar todas las medidas necesarias para proteger eficazmente la vida y salud de los trabajadores, informando de los posibles riesgos y manteniendo las condiciones adecuadas de higiene y seguridad en las faenas” (Código del Trabajo, 2023).

Esta disposición justifica la necesidad de crear un plan de marcha adaptado a las condiciones del terreno, con rutas seguras, señalización adecuada y control de tráfico interno.

Aunque está orientado al ámbito minero, aplica también en faenas que presentan condiciones similares, como el uso de tronaduras y maquinaria pesada.

Decretos supremos

Reglamento de Seguridad Minera D.S. N.º 132 (2004, Ministerio de Minería)

Este reglamento menciona sobre:

“Las vías de tránsito para vehículos y personas deberán estar claramente señalizadas, ser mantenidas en condiciones adecuadas y cumplir con los radios de giro y pendientes máximas establecidos” (D.S. N.º 132, 2004, art. 96).

Decreto Supremo N° 594 (1999, Ministerio de Salud)

El DS N°594 señala que:

Los lugares de trabajo deberán cumplir con condiciones sanitarias y ambientales



básicas, evitando riesgos que puedan afectar la seguridad y salud de los trabajadores (D.S. N° 594, 1999, art. 8, fracción 3).

En el proyecto, esto se traduce en:

- Mantener condiciones físicas seguras en caminos internos de la faena.
- Implementar protocolos que reduzcan la exposición a riesgos derivados de terrenos irregulares.
- Registrar y controlar incidentes y accidentes para la mejora continua del plan de seguridad.

Decreto N° 44 Reglamento sobre Gestión Preventiva de los Riesgos Laborales (2025, Ministerio del Trabajo y Previsión Social)

El Decreto N° 44 establece que:

“El Reglamento sobre Gestión Preventiva de los Riesgos Laborales, que obliga a los empleadores a implementar instrumentos de gestión preventiva como la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (MIPER), los Mapas de Riesgo y el Programa de Trabajo Preventivo, con el fin de garantizar entornos laborales seguros y saludables”. (Dirección del Trabajo de Chile, 2025, art. 2°)

En el marco del plan de marcha, este decreto se aplica a:

- La identificación y control de riesgos en el transporte y operación de maquinaria pesada en rutas con pendientes superiores a 12°, promoviendo la prevención de accidentes y la mejora continua de la seguridad vial interna.



Decreto Supremo N° 248: Reglamento para la Aprobación de Proyectos de Diseño, Construcción, Operación y Cierre de los Depósitos de Relaves (2007, Ministerio de Minería)

El Decreto Supremo N° 248 establece el reglamento que regula los procedimientos y requisitos técnicos para la aprobación de los proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves mineros.

Según lo que estipula el artículo 1°, este reglamento tiene por objeto fijar normas sobre:

Procedimientos para la aprobación de los proyectos de depósitos de relaves mineros y requisitos de diseño, construcción, operación y cierre (D.S. N° 248, 2007, artículos 1–4 sobre requisitos técnicos, seguridad y operación de depósitos de relaves).

Esta normativa se relaciona directamente con el Embalse Caren, que corresponde a una infraestructura de manejo de relaves. El D.S. 248 fija criterios de seguridad estructural, control de riesgos, monitoreo y cierre, que deben ser considerados de forma coherente con el sistema digital de plan de marcha y las medidas preventivas asociadas al tránsito de camiones y maquinaria pesada en las cercanías del depósito.

Normas técnicas

Norma ISO 45001:2018 - Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018, Organización Internacional de Normalización – ISO)

Esta norma internacional establece que:

La organización debe planificar, implementar y controlar los procesos necesarios para cumplir con los requisitos del sistema de gestión de SST, eliminando peligros y reduciendo riesgos (ISO, 2018, cláusula 8.1.1).



como el del Embalse Caren, la ISO 45001 proporciona una base metodológica para gestionar los peligros del tránsito interno de maquinaria en condiciones topográficas difíciles.

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) (2023, Ministerio de Vivienda y Urbanismo)

La OGUC señala que:

Las obras deberán contar con accesos apropiados que permitan el ingreso y circulación de vehículos de emergencia y maquinaria necesaria para la construcción (OGUC, 2023, art. 2.6.2)

Este punto va directamente con el diseño de la infraestructura vial interna y su compatibilidad con el tipo de equipos utilizados.

Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas (MOP) (2022, Ministerio de Obras Públicas)

Este documento técnico establece que:

Para caminos de acceso restringido, las pendientes longitudinales recomendadas no deben superar el 12%, salvo justificación técnica (MOP, 2022, Volumen 3: Geometría, Cap. 4).

En caso en que se superen estos valores, deben implementarse medidas especiales como rampas de escape, señalización reforzada y control estricto del tránsito que es a lo que nos centraremos.



CAPITULO 3. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DE LA EMPRESA



En este capítulo se tiene por objetivo analizar en detalle la situación actual de la empresa en relación con sus condiciones operativas, preventivas y de gestión asociadas al proyecto Embalse Caren. A través de la revisión de los procesos, las prácticas de seguridad existentes, la infraestructura disponible y el comportamiento operacional en las rutas internas, se busca encontrar los factores que influyen directamente en la accidentabilidad y en la exposición a riesgos críticos dentro de la faena. Este diagnóstico permite reconocer brechas, debilidades y oportunidades que pueden impulsar la propuesta del proyecto que sirven como base para justificar la necesidad de desarrollar un sistema eficiente y actualizado, en concordancia con los estándares exigidos por el mandante y la normativa vigente.

3.1 INVENTARIOS CRITICOS DE ACCIDENTABILIDAD

El inventario crítico de accidentabilidad tiene como objetivo identificar y evaluar los principales peligros y riesgos presentes en las operaciones del proyecto Embalse Caren, considerando el tema del proyecto, nos enfocaremos específicamente en las actividades asociadas al tránsito de maquinaria pesada, rutas en pendientes y alteraciones topográficas de la faena.

A continuación, se presenta una tabla que identifica los principales peligros y riesgos asociados a las condiciones actuales de operación, especialmente aquellos relacionados con el tránsito y maquinarias pesadas dentro de la faena.

Tabla 1: inventario critico de accidentabilidad Embalse Caren

N°	Proceso / Actividad	Peligro	Riesgo Asociado	Nota / Comentario	Probabilidad	Severidad	Evaluación del Riesgo (Nivel)
1	Tránsito en pendientes >12°	Pérdida de control del vehículo	Volcamiento o colisión	Rutas con desnivel pronunciado	Probable	Grave	Alto
2	Rutas post-tronadura	Terreno inestable	Derrumbe lateral o vuelco	Suelo suelto, cambios diarios	Posible	Grave	Alto
3	Conducción con baja visibilidad	Polvo, clima o poca iluminación	Colisión o pérdida de control	Sectores con polvo o falta de luz	Probable	Moderada	Medio-Alto
4	Descenso con carga pesada	Falla de frenos	Pérdida total de control	Frecuente en camiones tolva	Posible	Crítica	Alto
5	Cruce entre maquinaria pesada y vehículos livianos	Interacción de flujos	Colisión lateral	Sectores campamento-yacimiento	Probable	Moderada-grave	Medio-Alto
6	Señalización insuficiente	Falta de advertencias	Despistes o choque contra borde	Señales deterioradas	Posible	Moderada	Medio
7	Exceso de velocidad	Conducción riesgosa	Volcamiento o colisión	Conducta recurrente	Probable	Grave	Alto
8	Borde de ruta debilitado	Pretil erosionado	Caída lateral o vuelco	Común tras lluvias	Posible	Grave	Alto
9	Fatiga del operador	Disminución de reacción	Errores operacionales	Turnos prolongados	Probable	Moderada-grave	Medio-Alto
10	Carga mal distribuida	Inestabilidad del vehículo	Vuelco en curvas	Tolvas y dumpers	Posible	Grave	Alto

Como se observa en la columna de evaluación del riesgo, varios de los eventos identificados alcanzan un nivel de riesgo alto, lo cual representa una situación especialmente preocupante de seguridad para la empresa. Este resultado evidencia que, de no desarrollar medidas correctivas adecuadas, los accidentes potenciales asociados a estas condiciones podrían generar consecuencias de gran impacto, tanto en la seguridad de los trabajadores como en la continuidad operacional del proyecto.



3.2 BRECHA LEGAL

La brecha legal se centrará en el Decreto N°44, ya que mediante una autoevaluación interna realizada por la empresa Acciona se identificaron diversas irregularidades en la aplicación de artículos que se actualizaron de dicho decreto. Este proceso de autoevaluación permitió analizar el grado de cumplimiento de los requisitos normativos que se han actualizado, evidenciando tanto los aspectos conformes como aquellos con deficiencias. En este análisis mencionamos especialmente las leyes con menor nivel de cumplimiento, con el objetivo de determinar las áreas críticas que requieren la formulación de planes de acción para garantizar el cumplimiento legal.

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 7, Inciso 1.

Incumplimiento Legal:

Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos. La entidad empleadora deberá confeccionar una matriz de identificación de peligros y evaluación de los riesgos laborales asociados a los procesos, tareas y puestos de trabajo, la que deberá estar disponible en los lugares de trabajo y ser informada a las personas trabajadoras, incluidos el Comité Paritario, el delegado de Seguridad y Salud en el Trabajo y los dirigentes sindicales. Para la confección de la matriz, la entidad empleadora deberá considerar la exposición a los agentes y factores de riesgos laborales existentes en el lugar de trabajo, tales como los riesgos ergonómicos, psicosociales, la violencia y el acoso en el trabajo, los accidentes del trabajo y enfermedades profesionales que se hayan producido, así como los riesgos asociados a los programas de vigilancia ocupacional, con enfoque de género.

Plan de acción: Se debe actualizar el formato de MIPER para estar acorde a las necesidades del proyecto que se lleva a cabo.



Requisito Legal: D.S N°44, Art. 8, Inciso 3.

Incumplimiento Legal:

El programa de trabajo preventivo de la entidad empleadora deberá constar por escrito y ser aprobado por su representante legal, indicando la fecha de su aprobación y de sus modificaciones, cuando corresponda. Además, previo a su implementación, deberá ser difundido por medio de avisos o informaciones fácilmente visibles en los lugares de trabajo o bien, a través de los correos electrónicos de las personas trabajadoras que estuvieren disponibles de conformidad a la ley y, en todo caso, remitirse un ejemplar al Comité Paritario. El programa de trabajo preventivo se encuentra en implementación según la nueva normativa.

Plan de acción: El programa de trabajo preventivo se encuentra en implementación según la nueva normativa.

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 10, Inciso 1,2.

Incumplimiento Legal:

Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 15 de este reglamento, la entidad empleadora será responsable de informar convenientemente a las personas trabajadoras expuestas a los riesgos derivados del uso de máquinas, equipos y elementos de trabajo, acerca de su manejo adecuado y seguro, a fin de garantizar que su utilización no constituye un riesgo para quienes las manipulan. Adicionalmente deberá informar para este mismo fin acerca del contenido sustancial de los manuales, cuando existan, de las instrucciones y las fichas técnicas que hayan proporcionado los fabricantes, importadores y proveedores de máquinas, equipos y elementos de trabajo preventiva.

Plan de acción: Se debe confeccionar y difundir el programa de seguridad de máquinas, equipos y herramientas portátiles.



Requisito Legal: D.S N°44, Art. 13, Inciso 3.

Incumplimiento Legal:

Los resultados de dicha evaluación deberán registrarse y mantenerse disponibles para la autoridad fiscalizadora y el respectivo Comité Paritario, cuando corresponda.

Plan de acción: Se debe realizar capacitación de 1 hora.

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 14.

Incumplimiento Legal:

Será obligación de la entidad empleadora realizar, al menos anualmente, una evaluación del cumplimiento del programa de trabajo preventivo a que se refiere el artículo 8 de este reglamento. En particular deberá evaluarse la eficacia de las acciones programadas y disponer las medidas de mejora continua que se requieran.

Plan de acción: Se debe realizar una evaluación anual del cumplimiento de programa según la normativa.

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 52.

Incumplimiento Legal:

El Departamento de Prevención de Riesgos debe asesorar y apoyar a la entidad empleadora en la identificación y evaluación de riesgos laborales, el diseño seguro de puestos de trabajo, la gestión de EPP, la capacitación, la vigilancia ambiental y de la salud, la promoción de estilos de vida saludables, la gestión del cumplimiento normativo y la elaboración de planes de emergencia y mejora continua en seguridad y salud laboral.



Plan de acción: Se debe asesorar y apoyar la entidad empleadora en la identificación y evaluación de riesgos laborales.

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 15, Inciso 1.

Incumplimiento Legal:

La entidad empleadora deberá garantizar que cada persona trabajadora, previo al inicio de las labores, reciba de forma oportuna y adecuada información acerca de los riesgos que entrañan sus labores, de las medidas preventivas y los métodos o procedimientos de trabajo correctos, determinados conforme a la matriz de riesgos y el programa de trabajo preventivo regulados en este reglamento. Mientras se encuentre pendiente la elaboración de la matriz y el programa, la entidad empleadora deberá informar los riesgos inherentes a la actividad que realiza.

Plan de acción: Se deben hacer charlas de inducción de riesgos laborales (IRL).

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 16, Inciso 1.

Incumplimiento Legal:

En las oportunidades y con la periodicidad que defina el programa de trabajo preventivo, que no podrá exceder de dos años, la entidad empleadora deberá efectuar una capacitación teórica o práctica, según corresponda, a las personas trabajadoras, acerca de las principales medidas de seguridad y salud que deben tener presente para desempeñar sus labores, considerando el enfoque de género.

Plan de acción: Charlas IRL. Se deben confeccionar y ajustar los IRL con enfoque de género.



Requisito Legal: D.S N°44, Art. 67, Inciso 1.

Incumplimiento Legal:

Si en un lugar de trabajo o faena existe un agente de riesgo que pueda causar una enfermedad profesional, la respectiva entidad empleadora deberá evaluar dicho riesgo y solicitar la incorporación al programa de vigilancia ambiental y de salud, conforme a los protocolos del Ministerio de Salud y los programas establecidos por los organismos administradores del Seguro de la Ley N° 16.744.

Plan de acción: Se continúa con implementación de protocolo MINSAL.

Requisito Legal: D.S N°44, Art. 67, Inciso 5.

Incumplimiento Legal:

La entidad empleadora deberá gestionar la vigilancia de la salud, dando cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 5 inciso primero del Código del Trabajo. Para ello, deberá solicitar al organismo administrador la incorporación de las personas trabajadoras expuestas a los programas de vigilancia correspondientes.

Plan de acción: Se continúa con implementación de protocolo MINSAL.



3.3 ESTADISTICAS DE ACCIDENTABILIDAD

A continuación, se presentan los resultados del índice de alto potencial (IAP) para los años 2024 en donde se presentaron 5 accidentes de alto potencial y lo que va en el 2025 que ocurrieron 2 (enero–octubre), calculados en base a los accidentes de alto potencial registrados en la empresa Acciona y las horas hombre trabajadas en cada periodo.

Tabla 1: HH de trabajadores de acciona embalse caren 2024

MESES	HORAS HOMBRE	HORAS MUJER	HH TOTAL
ENERO	28.094	1.529	29.623
FEBRERO	36.439	3.066	39.505
MARZO	68.901	4.191	73.092
ABRIL	79.981	4.653	84.634
MAYO	94.155	5.658	99.813
JUNIO	98.280	5.913	104.193
JULIO	101.738	6.059	107.797
AGOSTO	104.880	7.008	111.888
SEPTIEMBRE	85.387	5.236	90.623
OCTUBRE	102.960	6.168	109.128
NOVIEMBRE	106.632	5.952	112.584
DICIEMBRE	111.372	5.220	116.592
	TOTAL		1.079.412

Tabla 2: HH de trabajadores de acciona embalse caren (enero-octubre) 2025

MESES	HORAS HOMBRE	HORAS MUJER	HH TOTAL
ENERO	111.948	5.484	117.432
FEBRERO	104.904	5.208	110.112
MARZO	117.936	5.760	123.696
ABRIL	118.800	5.568	124.368
MAYO	117.768	4.632	122.400
JUNIO	108.096	5.364	113.460
JULIO	113.460	7.116	120.576
AGOSTO	115.488	6.180	121.668
SEPTIEMBRE	113.220	5.904	119.124
OCTUBRE	123.444	6.696	130.140
		TOTAL	1.202.976

- HH 2024 = 1.079.472
- HH 2025 (enero–octubre) = 1.202.976



Y aplico la fórmula:

$$\text{Índice de alto potencial (IAP)} = \frac{N^{\circ} \text{ Accidentes AP} \times 200.000}{HH \text{ trabajadas}}$$

Cálculo del Índice de Alto Potencial 2024

- Accidentes AP = 5
- HH 2024 = 1.079.472

$$IAP_{2024} = \frac{5 \times 200.000}{1.079.472}$$

$$IAP_{2024} = \frac{1.000.000}{1.079.472}$$

$$IAP_{2024} = 0,93$$

Índice de Alto Potencial 2024 = 0,93

Cálculo del Índice de Alto Potencial 2025 (Enero – Octubre)

- Accidentes AP = 2
- HH 2025 = 1.202.976

$$IAPt_{2025} = \frac{2 \times 200.000}{1.202.976}$$

$$IAP_{2025} = \frac{400.000}{1.202.976}$$

$$IAP_{2025} = 0,33$$

Índice de Alto Potencial 2025 (Enero–Octubre) = 0,33



A continuación, presentaremos el número de incidentes y accidentes con y sin tiempo perdido correspondiente al año 2024.

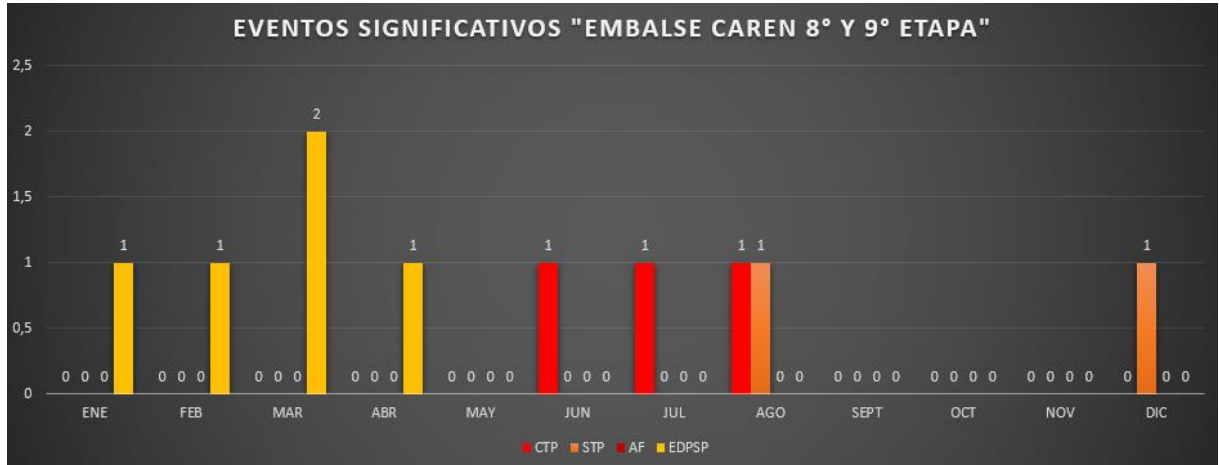
Tabla 3: Accidente/ incidentes acciona 2024 "Embalse Caren"

NÚMERO DE INCIDENTES/ACCIDENTES	2024												TOTAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	
CLASIFICACIÓN													
ACCIDENTE FATAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCIDENTE CTP	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
ACCIDENTE STP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
ACCIDENTE DE TRAYECTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCIDENTE COMÚN (NAT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EVEN TO DE ALTO POTENCIAL SIN DAÑO A PERSONAS EDPS P	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
DAÑO MATERIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FALLA OPERACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TOTAL DE EVENTOS: 10

Si integramos estos valores en una gráfica de barras nos quedaría de la siguiente manera.

Gráfica 1: Accidentes/Incidentes con y sin tiempo perdido Acciona 2024 Embalse Caren



Como se logra apreciar se cuenta con 5 accidentes los cuales equivales a 3 CTP y 2 STP, también se registran 5 eventos de daño potencial sin daño a personas, esto da un total de 10 eventos en lo que fue el año 2024.

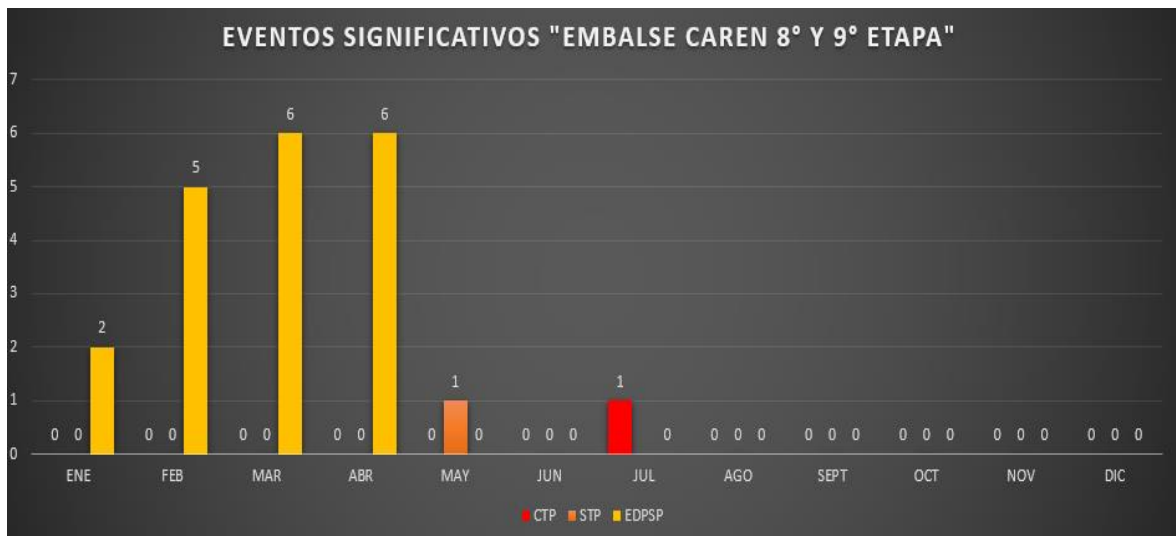
Ahora veremos los datos del 2025 que se evalúa desde enero a octubre.

Tabla 4: Accidente/ incidentes acciona 2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"

NÚMERO DE INCIDENTES/ACCIDENTES	2025												TOTAL	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC		
ACCIDENTE FATAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCIDENTE CTP	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ACCIDENTE STP	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ACCIDENTE DE TRAYECTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACCIDENTE COMÚN (NAT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EVENO DE ALTO POTENCIAL SIN DAÑO A PERSONAS EDPS	2	5	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
DAÑO MATERIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FALLA OPERACIONAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TOTAL DE EVENTOS: 21

Grafica 2: Accidentes/Incidentes con y sin tiempo perdido Acciona 2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"



Como se logra apreciar sobre los datos del 2025 desde enero hasta octubre se han presentado 2 accidentes, 1 CTP y 1 STP y 19 eventos potenciales sin daño a personas.

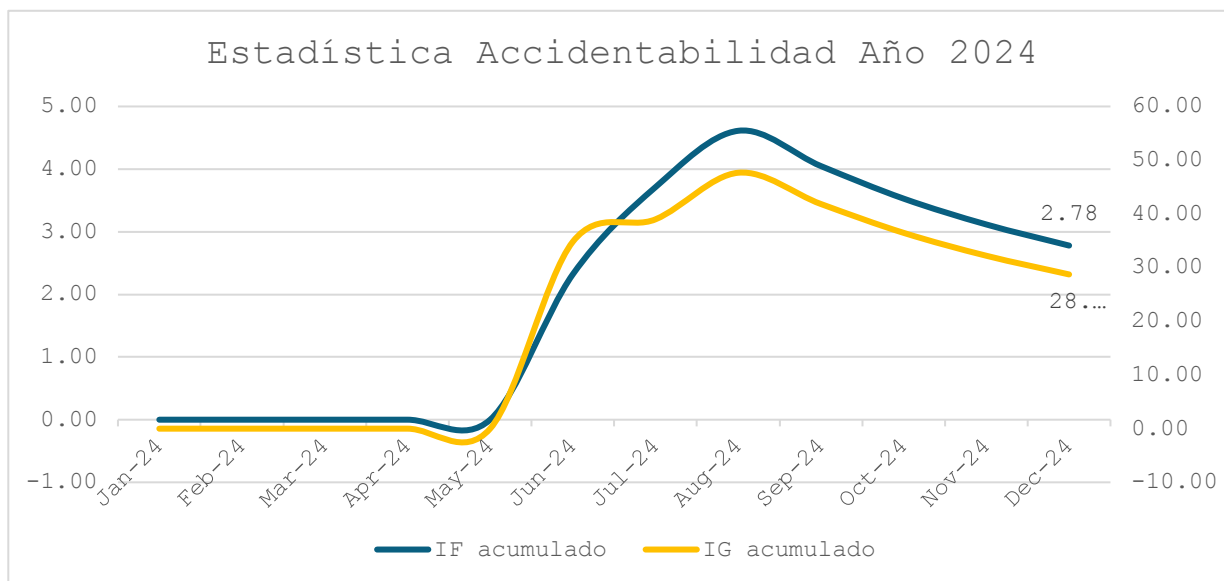
A continuación, se analizará la tabla y grafico de los indicadores SSO del año 2024 en la cual se mostrará el índice de frecuencia y el de gravedad del embalse Caren.



Tabla 5: Índice de frecuencia y de gravedad Acciona 2024 “Embalse Caren”

Periodo	HH	HH. Acumulada	Accidente	Ac. acumulado	Días perdido	Días perdido acumulado	IF	IF acumulado	IG	IG acumulado
ene-24	29623	29623	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
feb-24	39505	69128	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
mar-24	73092	142220	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
abr-24	84634	226854	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
may-24	99813	326667	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
jun-24	104193	430860	1	1	15	15	9,60	2,32	143,96	34,81
jul-24	107797	538657	1	2	6	21	9,28	3,71	55,66	38,99
ago-24	111888	650545	1	3	10	31	8,94	4,61	89,38	47,65
sept-24	90623	741168	0	3	0	31	0	4,05	0,00	41,83
oct-24	109128	850296	0	3	0	31	0	3,53	0,00	36,46
nov-24	112584	962880	0	3	0	31	0	3,12	0,00	32,20
dic-24	116592	1079472	0	3	0	31	0	2,78	0,00	28,72

Gráfica 3: índice de frecuencia/Gravedad Acciona 2024 “Embalse Caren”





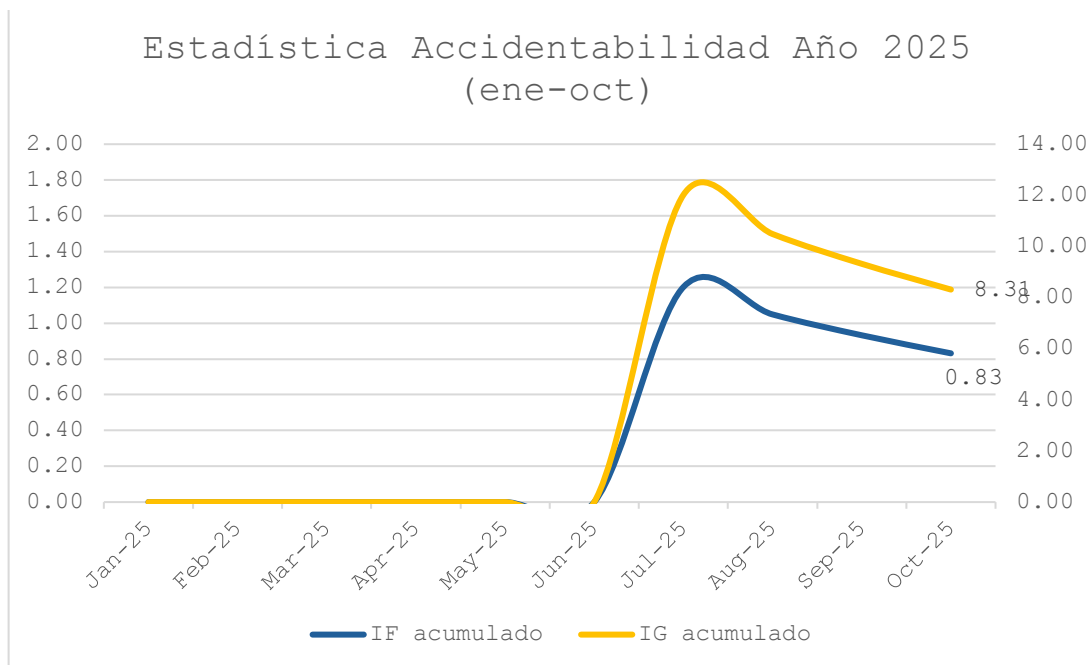
La gráfica 3 muestra el comportamiento acumulado del Índice de Frecuencia (IF) y del Índice de Gravedad (IG) durante el año 2024. Se observa un periodo estable rondando al valor 0 entre enero y mayo, correspondiente a una baja ocurrencia de accidentes con y sin tiempo perdido durante ese periodo del año. A partir de junio se nota un aumento significativo en ambos indicadores, alcanzando su punto máximo entre agosto y septiembre, lo que relaciona la ocurrencia de eventos con días perdidos y un mayor nivel de riesgo operativo. Posteriormente en los meses de octubre a diciembre, se visualiza una tendencia a la baja tanto en IF como en IG, lo que indica una recuperación del control operacional y la eficiencia de acciones preventivas.

Ahora veremos los índices de frecuencia y gravedad de lo que va del 2025 desde enero a octubre.

Tabla 5: Índice de frecuencia y de gravedad Acciona 2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"

Periodo	HH	HH. Acumulada	Accidente	Ac. acumulado	Días perdido	Días perdido acumulado	IF	IF acumulado	IG	IG acumulado
ene-25	117432	117432	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
feb-25	110112	227544	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
mar-25	123696	351240	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
abr-25	124368	475608	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
may-25	122400	598008	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
jun-25	113460	711468	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
jul-25	120576	832044	1	1	10	10	8,29	1,20	82,94	12,02
ago-25	121668	953712	0	1	0	10	0,00	1,05	0,00	10,49
sept-25	119124	1072836	0	1	0	10	0,00	0,93	0,00	9,32
oct-25	130140	1202976	0	1	0	10	0,00	0,83	0,00	8,31

Grafica 4: índice de frecuencia/Gravedad Acciona 2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"



La gráfica 4 que muestra el IF y IG correspondiente de enero–octubre del año 2025 muestra un comportamiento similar al del año anterior en cuanto a la tendencia inicial, se ve que ambos indicadores, IF e IG acumulados, se mantienen en valores cercanos a cero durante el primer semestre, reflejando ausencia de accidentes con días perdidos o una muy baja frecuencia de eventos relevantes.

Sin embargo, al comparar ambos años, se observa que el aumento de los índices en 2025 es más moderado. En 2024, el incremento significativo comienza en junio y alcanza su punto máximo entre agosto y septiembre, con valores más elevados tanto en IF como en IG. En comparación al 2025 el incremento aparece recién a partir de julio, alcanzando un máximo menor en agosto y mostrando una pendiente de descenso más pronunciada hacia los meses siguientes, esto muestra una mejoría en la gestión preventiva durante 2025, donde la gravedad y la frecuencia de los accidentes fue inferior a la registrada en 2024.

En el año 2024 y lo va del 2025 se da un total de 7 accidentes con lesión y 24 sin lesión, sumando esto se totaliza como 31 eventos de riesgo en donde esto varía según el tipo de accidentes que frecuenta el trabajador.

Grafica 5: Cantidad y tipos de accidentes 2024-2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"

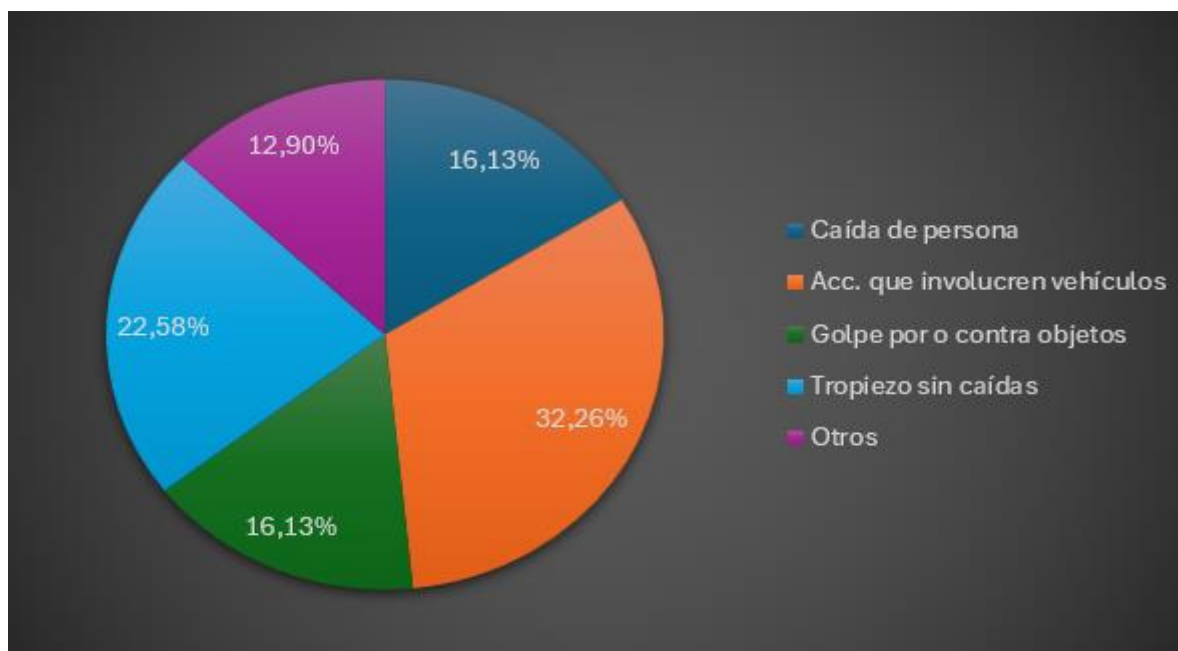


Como se logra ver la mayor cantidad de accidentes se centra en lo accidentes que involucren vehículos, es este caso podrían ser choques o volcamiento por fallas las rutas que podrían estar en mal estado.

también se observa que este tipo de accidentes supera con claridad al resto de las categorías, lo que evidencia que el tránsito interno representa un riesgo visible dentro de la faena. Las caídas de personas, golpes por objetos y tropiezos mantienen valores moderados, pero aun así reflejan condiciones operativas que requieren supervisión constante. El notable aumento de incidentes vehiculares sugiere la necesidad de

reforzar el control de rutas, mejorar la planificación de desplazamientos y fortalecer los procedimientos de operación segura de maquinaria pesada.

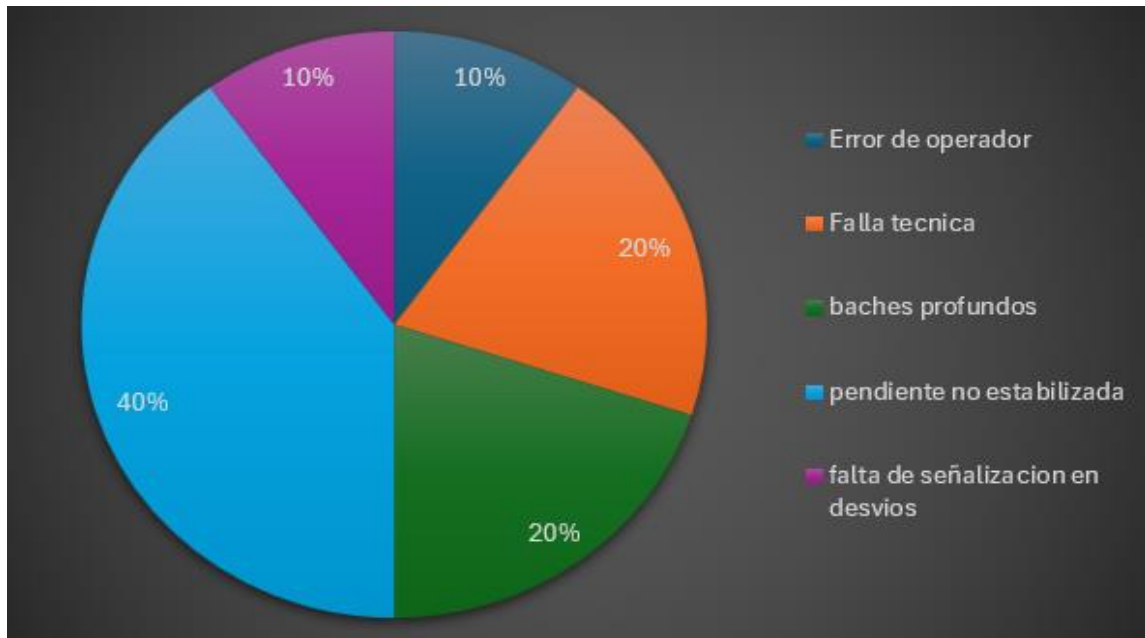
Grafica 6: Porcentaje de accidentes 2024-2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"



En total el índice de porcentaje más alto corresponde a accidentes que involucren vehículos, si desglosamos los tipos de accidentes que tengan que ver con vehículos nos quedaría lo siguiente.

En la gráfica se aprecia que este tipo de eventos representa más de un tercio del total, lo que confirma que el tránsito interno es el principal generador de incidentes y accidentes dentro de la faena. Los demás tipos de accidentes, como caídas de persona, golpes por objetos y tropiezos sin caída, mantienen proporciones similares entre sí, lo que indica que su ocurrencia es más distribuida y menos significativa en comparación con los eventos vehiculares. Esta estadística refuerza la necesidad de enfocarse en el control de rutas, condiciones del camino y da un pie a la propuesta del plan de marcha, ya que son factores directamente relacionados con la causa principal mostrada por la estadística.

Grafica 7: Desglose de accidentes Que involucren vehículos 2024-2025 (enero-octubre) "Embalse Caren"

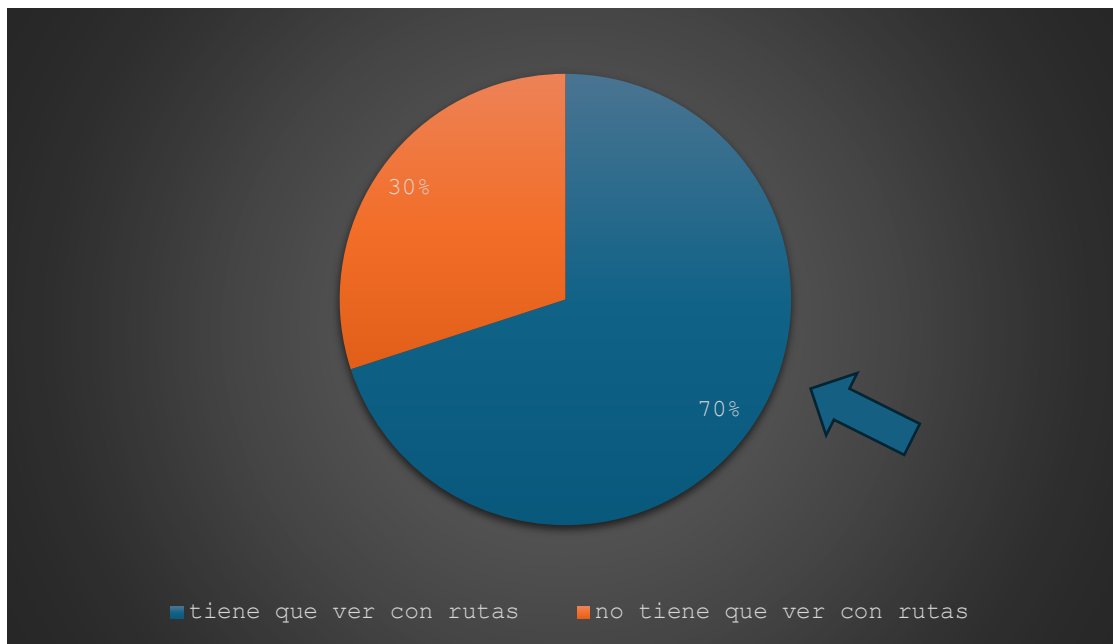


Como se logra apreciar en la gráfica 7 la mayoría de los incidentes y accidentes son por pendientes no estabilizadas, pero también podemos notar que también algunos de los otros accidentes/incidentes tienen que ver con las rutas y los caminos.

Si analizamos los resultados, los baches profundos y la falta de señalización en desvíos representan factores de riesgo adicionales que contribuyen de manera importante a la ocurrencia de eventos operacionales. Asimismo, la presencia de fallas técnicas y errores de operador, aunque con porcentajes menores, evidencia que las condiciones de la maquinaria y el comportamiento humano interactúan directamente en la generación de incidentes.

Las fallas técnicas de la maquinaria y el mal manejo de maniobra del equipo de transporte por causa del operador es una separación a lo que es un accidente o incidente provocado por la ruta en donde circulan los camiones, así que si separamos estos factores nos quedaría de la siguiente manera.

Grafica 8: Desglose de accidentes Que involucren vehículos 2024-2025 (enero-octubre) “Embalse Caren”



Si analizamos los datos del gráfico 8, se percibe que cerca del 70% de los accidentes e incidentes que involucran vehículos y maquinaria pesada están directamente relacionados con las condiciones de las rutas y trayectos internos del Embalse Carén. Esta situación refleja la poca preparación vial, sumada a la ausencia de un sistema estructurado de plan de marcha, ha sido un factor determinante en la ocurrencia de la mayoría de los eventos no deseados asociados al tránsito de vehículos y maquinaria pesada durante los últimos años en la faena.

Este porcentaje evidencia que la infraestructura vial interna requiere intervenciones prioritarias en estabilización de pendientes. Además, la tendencia registrada confirma que se necesita una gestión rigurosa y más eficiente de las rutas la cual esta podría reducir significativamente los incidentes, reforzando la importancia de implementar mejoras operacionales y tecnológicas en la planificación del tránsito.



CAPITULO 4. PLAN DE RUTA Y MARCHA DIGITAL DE SEGURIDAD



El desarrollo de un sistema digital de plan de marcha en tiempo real para camiones de construcción promueve un avance fundamental en la gestión preventiva de riesgos dentro de la faena del Embalse Carén. Este sistema busca y propone optimizar la seguridad operacional y reducir los índices de accidentabilidad asociados al tránsito de maquinaria pesada en rutas con pendientes superiores a los 12°, condición frecuente en esta obra debido a las modificaciones topográficas generadas por las tronaduras semanales y lluvias en terrenos lodosos lo cual esto hace que las rutas tengan unos constantes cambios de terreno.

El sistema propuesto desarrolla herramientas digitales de georreferenciación, monitoreo y gestión de datos que permiten actualizar de manera inmediata las rutas internas, señalar zonas críticas, establecer límites de velocidad y alertar a los operadores frente a condiciones inseguras. A su vez, se incorpora dentro del marco normativo vigente, en especial el Decreto Supremo N°44 (que empezó a funcionar en febrero del 2025) sobre gestión preventiva de riesgos laborales y la norma ISO 45001;2018, asegurando un enfoque de mejora continua en la seguridad y salud ocupacional.

Este capítulo aborda el diseño y aplicación del sistema digital, junto con los programas de prevención y gestión preventiva que sustentan su funcionamiento. De esta forma, se propone una solución tecnológica alineada con los estándares exigidos por Codelco VP y la política de seguridad de Acciona Chile, orientada a lograr una operación segura, eficiente y sustentable.

4.1 FUNCIONAMIENTO Y USO DEL SISTEMA DIGITAL EN TIEMPO REAL

El sistema digital funciona mediante la recopilación continua de información proveniente de las distintas rutas existentes dentro del área de trabajo. Todos los datos obtenidos son almacenados, procesados y actualizados en tiempo real dentro de la plataforma. A medida que el camión o maquinaria de construcción se desplaza por las rutas operacionales, el sistema registra variables relevantes como pendientes y distancias del trayecto.

La recopilación de datos de las rutas se realiza a través del GPS integrado en el camión o maquinaria, el cual permite determinar con precisión la ubicación, el recorrido y las variaciones topográficas del terreno.

4.2 USO DEL SISTEMA DIGITAL EN EMBALSE CAREN

A continuación, se presentará el funcionamiento del programa a través del área de trabajo del Embalse Caren.

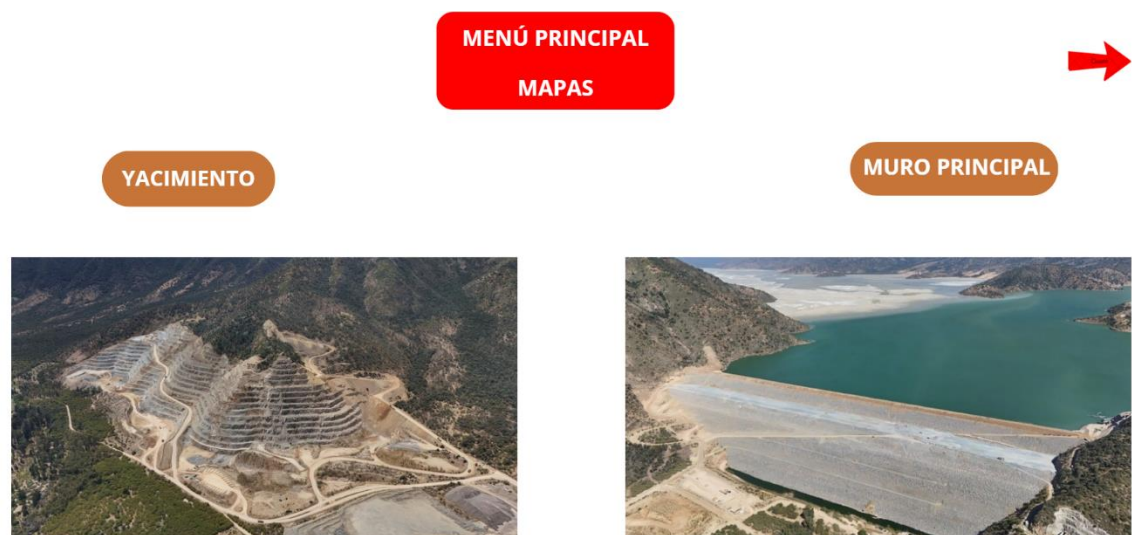


Ilustración 1

Como se logra ver en la ilustración 1, el menú esta dividido en 2 áreas que corresponden a los 2 terrenos de trabajo en donde se frecuentan las rutas de las maquinarias pesadas.



Ilustración 2



Ilustración 3

Al seleccionar la opción “Yacimiento” o “Muro principal” se mostrará el mapa del terreno con los caminos destacados en rojo que representan las rutas en donde circulan los equipos de transporte y también los puntos en donde se ubican las zonas de carga, descarga, estacionamientos y zonas de carga de combustible.

A continuación, seleccionaremos un punto para ejemplificar, en este caso usaremos un punto de “Yacimiento”.

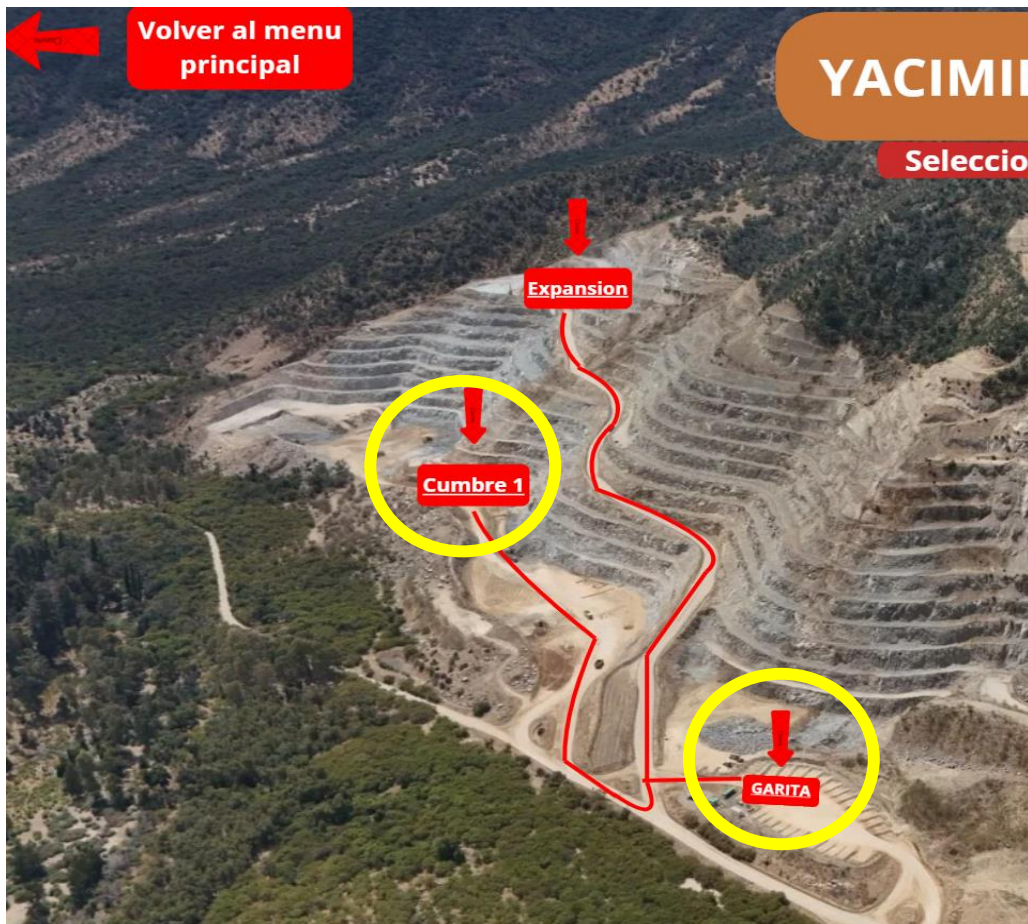


Ilustración 4

Como se muestra en la ilustración 4 seleccionaremos el punto “Garita” como área de referencia y mostraremos su conexión de camino hacia “Cumbre 1”.



RUTAS DE YACIMIENTO (GARITA)

Selecciona



Garita a cumbre 1



Garita a expansión

Ilustración 5

Al elegir el punto de preferencia se abrirá un menú en donde se muestran las rutas que conectan con el área de referencia seleccionada.

Como se ve en la imagen pusimos un círculo amarillo que define donde seleccionaremos nuestra ruta, como se ve esas son rutas exclusivas que se encuentran en el área de yacimiento en el sector de garita, estos nombres los que se mencionas están hechos por la empresa para que los trabajadores se ubiquen y reconozcan mejor los terrenos en donde suelen estar.

Para continuar con el ejemplo vamos a escoger en este caso la ruta del punto de garita hasta el punto de cumbre 1.

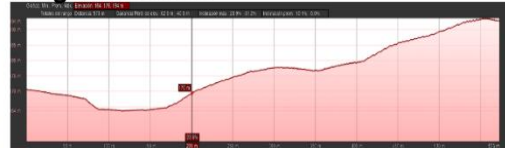


RUTA DESDE GARITA A CUMBRE 1



Max. inclinación: 23,9%

Longitud: 554 mt.



Referencia estimada

Seleccionar camión que circula la ruta



TOLVA



LUBRICADOR, PETROLERO, COMBUSTIBLE
(VM 330/VM350)



DUMPER

Ilustración 6

Al seleccionar la ruta, se mostrarán datos en donde se muestra la estimación del recorrido de los camiones, la máxima inclinación y longitud de la ruta.

En la parte de selección notara los tipos de camiones que frecuentan el recorrido de la ruta seleccionada, en este caso son los camiones tipo tolva, lubricador, petrolero, combustible y dumper.

En este caso seleccionaremos los camiones tolva como ejemplo ya que son el modelo de camiones que más hay y se usa dentro de la faena del embalse caren.

[← Volver al menu principal](#)


TRACTO CAMIÓN DUMPER VM 330/350 C.FABRICA

SELECCIONAR PROTOCOLO DE DESCENSO/ASCENSO

FICHA TÉCNICA

Tipo: CAMION TOLVA	Marca: VOLVO	Modelo: FMX 500
Motor: D13C Euro 5	Tracción: 8 x 4	Caja: I- SHIFT
Tara Equipo Vacío: 11.400 Kg.	Carga Máxima: 45.000 Kg.	Peso Bruto Veh. (P.B.V): 56.400 Kg.

Frenos Auxiliares
[1] Obturador Escape: NO [2] Freno Motor: VEB Freno de válvulas de 410 CV [3] Retardador: Tarder hidráulico



- Garita a expansion
- Garita a cumbre 1**
- Acopio 3B hasta inicio fase 1
- Inicio fase 1 a fase 1
- De cota 249 a cota 340
- Cota 181.1 a Cota 294
- Inicio rampa muro a rampa principal
- Inicio rampa muro a estribo derecho
- PAMO A PK 1200
- PK 1200 A CRUCE SOTELO
- De curva 4 a curva 5
- DE curva 9 a curva 11
- De curva 13 a curva 14
- De camino principal a acopio mentidero 3

Ilustración 7

Como se ve en la ilustración 7, se aprecia la ficha técnica del camión seleccionado con sus rutas predeterminadas en el área de trabajo, como se ve en la parte superior derecha se pueden seleccionar los otros tipos de camiones y se les abrirá su ficha técnica con sus rutas respectivas.

también se logra apreciar una imagen del modelo del camio que sirven para que el operador reconozca a la perfección cual usara y vera una lista de todos los puntos en donde transita el camión con cada uno de los puntos que se encuentran en la faena, en la lista del lado derecho de la imagen marcamos con amarillo el punto de ejemplo que seleccionaremos, en este caso continuaremos el ejercicio y elegiremos la ruta de garita a cumbre 1.



Desde garita a cumbre 1 (TOLVA)

PLAN DE MARCHA



Plan de ascenso
Marcha: 6ta
Equipo: vacío
velocidad de ascenso: 20km/h
RPM: 1500
Frenos retardador: 0
Uso de frenos de servicio: Cuando sea necesario



Plan de descenso
Marcha: 5ta
Equipo: cargado
velocidad de descenso: 17 km/h
RPM: 1600
Frenos retardador: 1
Uso de frenos de servicio: Cuando sea necesario

Ilustración 8

Como se ve en la ilustración 8, se libera la información del plan de marcha en la cual el camión seleccionado debe ir, estos parámetros el conductor u operador debe cumplir para reducir la probabilidad de generar un accidente.

El plan estima la marcha en la que debe ir el camión, tanto en ascenso como en descenso, también considera si el equipo está vacío o está cargado en la trayectoria, considera la velocidad en la que debe ir tanto en subida como en bajada, se consideran las revoluciones por minuto del camión, los frenos retardadores y el uso de frenos de servicios que mayormente se utiliza cuando sea necesario según la necesidad del operador



4.3 PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGO

El programa de prevención de riesgos se basa en la estructura de un sistema digital de plan de marcha. Este programa se encuentra alineado con la Ley N°16.744, el Decreto Supremo N°44 y la ISO 45001:2018, y tiene como propósito identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados a la operación de camiones de construcción en rutas internas del embalse Carén.

El programa considera los siguientes factores:

Identificación de peligros y evaluación de riesgos

Mediante la aplicación de la Matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (MIPER), se analizan las tareas críticas relacionadas con el tránsito de camiones tolva, camiones de abastecimiento y maquinaria pesada. Se evalúan la pendiente del terreno, la condición del suelo, la visibilidad, la carga transportada y la frecuencia de circulación.

El sistema digital vincula esta información en tiempo real, generando avisos de precaución cuando un vehículo ingresa a una zona con riesgo alto o pendiente superior a los límites establecidos.

Control operacional

El control operacional se centra en la definición de medidas preventivas y correctivas a la cual estas incluyen:

Velocidades máximas según grado de pendiente en este caso sobre 12° grados, señalización digital y física (barreras, letreros, etc.), protocolos de estacionamiento seguro y frenado asistido, supervisión en terreno mediante drones o cámaras de monitoreo conectadas al sistema digital y actualización diaria de rutas tras cada tronadura o modificación topográfica.



Capacitación y sensibilización del personal

Cada operador de maquinaria pesada y ligera debe recibir una inducción específica sobre el uso del plan de marcha digital, las condiciones de las rutas, los procedimientos de emergencia y las limitaciones operacionales de su equipo.

El programa contempla:

Charlas de Información de Riesgos Laborales (IRL), simulacros de emergencias en rutas de alta pendiente, capacitaciones anuales con enfoque de género, conforme al artículo 16 del D.S. N°44 según lo establecido en la norma.

Vigilancia y seguimiento

El sistema digital cuenta con un módulo de registro que permite monitorear en tiempo real la ubicación de los camiones, su velocidad, historial de rutas y cumplimiento de los límites operativos.

Esta información es utilizada por el área de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO) para generar reportes semanales, identificar desviaciones y generar medidas correctivas inmediatas.

Participación del Comité Paritario y roles definidos

El Comité Paritario y los supervisores de seguridad deben participar activamente en la revisión del sistema y la actualización de los procedimientos preventivos.

Los siguientes roles principales son:

- Gestión SSO: responsable de la actualización y control del programa.
- Asesor en Prevención de Riesgos de terreno (APR): supervisa el cumplimiento diario en faena.
- Operadores: aplican los procedimientos definidos en el plan de marcha digital.



Evaluación de eficacia

El programa se evalúa anualmente para medir su efectividad, en esta evaluación se considerará los siguientes indicadores como:

- Tasa de accidentabilidad por tránsito vehicular.
- Porcentaje de cumplimiento de rutas seguras.
- Número de capacitaciones realizadas.
- Retroalimentación de trabajadores y mandante.

Los resultados se agregan al sistema digital para actualizar la información y mejorar continuamente las condiciones de seguridad y la precisión de la información disponible.

Esta evaluación permite identificar y reconocer brechas operacionales, definir oportunidades de mejora e implementar ajustes en los procedimientos asociados al tránsito interno. De igual manera, los indicadores recopilados sirven como base para la planificación estratégica a futuro, garantizando que las acciones preventivas respondan a las necesidades reales de la faena y a las exigencias actuales de las normativas vigentes.

4.4 SISTEMA DE GESTION PREVENTIVA

El sistema de gestión preventiva está desarrollado y diseñado para asegurar la operatividad y control del plan de marcha digital, utilizando elementos tecnológicos, administrativos y normativos que aseguran la prevención de riesgos en las rutas internas del Embalse Caren.

Este sistema integra procedimientos de supervisión continua, evaluación de condiciones de ruta y actualización periódica de los parámetros críticos del tránsito



dentro de la faena, lo que permite mantener un control permanente sobre los factores que influyen en la seguridad operacional.

Estructura del sistema

El sistema cuenta con tres niveles interconectados:

Nivel 1

Monitoreo: uso de sensores GPS instalados en camiones para registrar posición, velocidad, inclinación y estado mecánico. Estos datos se transmiten a una plataforma central gestionada por el Departamento SSO.

Nivel 2

Análisis: software de gestión que procesa la información recibida, identificando rutas críticas, incidentes y desviaciones del plan de marcha.

Nivel 3

Respuesta: sistema de alertas visuales y sonoras que notifican a los operadores y supervisores sobre condiciones inseguras, bloqueos o desvíos.

Esta estructuración permitirá el orden en el que trabajan los operadores que controlaran el sistema, con estos niveles su funcionalidad tendrá una manera efectiva y rápida para captar la información que se consiga, podemos decir que es el camino en la que ira la información recolectada hasta su inminente utilidad.

Integración con la gestión SSO (Seguridad y salud ocupacional)

El sistema se vincula directamente con la plataforma de Seguridad y Salud Ocupacional de Acciona, permitiendo la trazabilidad completa de los eventos de seguridad, desde la detección del riesgo hasta la implementación de medidas correctivas.



Esta integración cumple con lo exigido por el artículo 52 del D.S. N°44 según lo decreta la actual norma vigente que empezó a correr el año 2025, referente al rol asesor del Departamento de Prevención en la identificación de riesgos, capacitación, gestión de EPP y promoción de condiciones seguras de trabajo.

Control documental y trazabilidad

Todos los registros del sistema digital (rutas, incidentes, capacitaciones y reportes de mantenimiento) quedan almacenados en una base de datos respaldada de la empresa en este caso Acciona Chile, facilitando auditorías internas y revisiones por parte de la autoridad fiscalizadora.

El sistema genera reportes automáticos que se envían semanalmente al Comité Paritario y al área de gestión del cliente (Codelco VP).

Beneficios operacionales y preventivos

La utilización de este sistema aporta beneficios medibles las cuales son:

- Reducción de un 30% en la exposición a riesgos de volcamiento o colisión.
- Mejora de la eficiencia logística, al disminuir tiempos de tránsito y esperas.
- Cumplimiento normativo garantizado según ISO 45001 y D.S. N°44.
- Incremento en la percepción de seguridad y confianza del personal operativo.

Plan de mejora continua

El sistema opera bajo el principio de mejora continua (PDCA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).



Indicadores de desempeño

Para evaluar la efectividad del sistema se proponen los siguientes indicadores:

- Tasa de incidentes viales en rutas con pendiente mayor a 12°grados.
- Cumplimiento del plan de marcha digital (porcentaje de rutas actualizadas semanalmente).
- Horas de capacitación en tránsito seguro por trabajador.
- Número de alertas activadas y atendidas dentro de la plataforma digital.

Estos permitirán realizar un seguimiento constante del rendimiento preventivo y asegurar que el sistema mantenga niveles óptimos de seguridad operacional.

4.5 ADMINISTRACION Y GESTION DEL SISTEMA DIGITAL

La administración del sistema digital es importante para garantizar que la información cargada en la aplicación sea precisa, actualizada y correcta. El funcionamiento del plan de marcha depende directamente de la calidad y rendimiento de este proceso.

Responsable de entregar la información

La información proviene de:

- **APR de terreno:** Responsables en inspeccionar rutas, detectar cambios y reporta peligros.
- **Topografía:** Su función es entrega levantamientos post-tronadura, curvas de nivel y cambios topográficos.
- **Supervisores y jefaturas:** Su tarea es notifican cierres de caminos o desvíos operativos.
- **Operadores:** Cumplir con reportar condiciones inseguras mediante la aplicación.



Estos datos se entregan diariamente mediante informes, checklist o comunicación directa con SSO.

Carga de información al sistema

La carga y actualización del sistema digital es realizada por:

- **Gestión SSO:** Al recibir la información su función es validar datos e ingresarlo al sistema
- **Administrador del Sistema de Plan de Marcha:** Es un funcionario especializado con permisos para editar rutas, pendientes, límites de velocidad y alertas.

Proceso de carga de datos:

1. Recepción de datos del campo.
2. Validación técnica (SSO + Topografía).
3. Carga digital en el sistema.
4. Publicación y notificación a los operadores.

Administración operativa de la aplicación

El Administrador del Sistema realiza:

- Supervisión del funcionamiento de la plataforma.
- Actualización inmediata tras cada tronadura.
- Gestión de permisos y perfiles de usuario.
- Revisión semanal de desempeño del plan de marcha.

El APR da su apoyo constante para contrastar datos entre terreno y sistema.

Coordinación entre las áreas de trabajo



El sistema funciona gracias a una coordinación estructurada entre:

- **SSO y Topografía:** validación técnica de datos.
- **SSO y Operaciones:** evaluación de transitabilidad.
- **SSO y Comité Paritario:** revisión preventiva.
- **Operadores y SSO:** reportes desde la aplicación.

Colaboración del personal operativo

- ✓ **Operadores:** reportan condiciones inseguras y siguen rutas actualizadas.
- ✓ **Supervisores:** verifican cumplimiento.
- ✓ **Topografía:** entrega datos técnicos esenciales.
- ✓ **APR:** monitorea terreno y genera informes críticos.
- ✓ **SSO:** administra el sistema digital.

La colaboración transversal permite que la plataforma sea funcional, dinámica, confiable y útil para la toma de decisiones.

4.6. PROYECCION HIPOTETICA APLICANDO LA PROPUESTA DE PLAN DE MARCHA

Con los datos ya obtenidos en la investigación en los registros de accidentabilidad correspondientes al período 2024 y enero–octubre de 2025, el embalse caren presenta actualmente un total de 31 eventos asociados al tránsito de maquinaria y vehículos, de los cuales 7 corresponden a accidentes con lesión y 24 a incidentes o accidentes sin lesión. Esta información nos dice que es la línea base para evaluar el impacto potencial de la propuesta de implementación del sistema digital de plan de marcha.

La propuesta desarrollada en este proyecto de título plantea que, mediante la estandarización de rutas, control de pendientes, incorporación de monitoreo GPS y



una mayor anticipación a condiciones de riesgo operacional, es posible obtener una reducción cercana al 30% en los accidentes relacionado al tránsito interno, especialmente en situaciones de colisión o pérdida de control de maquinaria pesada.

En la situación actual (sin mejora), en los periodos 2024-2025(enero-octubre) contamos con:

31 eventos en total: 7 accidentes con lesión, 24 incidentes / accidentes sin lesión

Sobre esta base aplicamos la proyección gradual dando una implementación teórica del sistema de plan de marcha.

Ahora la implementación hipotética del sistema se hará a base de un proceso de 3 fases que se trabajará dentro del año para llegar a su absoluta funcionalidad.

Mes 1-3: Implementación parcial (fase inicial)

1. Instalación inicial del sistema digital de plan de marcha en los equipos
(Incluye GPS, mapa base y monitoreo básico).
2. Estandarización preliminar de rutas principales.
3. Capacitación básica a operadores y supervisión.
4. Identificación de puntos críticos: pendientes, curvas cerradas, zonas estrechas.
5. Alertas tempranas básicas (informativas, no correctivas).

Resultados:

- ✓ Los operadores comienzan a usar el sistema, pero aún están en curva de aprendizaje.
- ✓ La estandarización de rutas reduce desviaciones peligrosas.
- ✓ Se eliminan algunos errores humanos derivados de desconocimiento del área.



Mes 3-6: Implementación avanzada (fase intermedia)

1. Ajustes avanzados al sistema según retroalimentación de fase inicial.
2. Optimización de rutas secundarias y zonas de cruce.
3. Alertas mejoradas:
 - Exceso de velocidad
 - Pendientes extremas
 - Proximidad entre equipos
4. Toma de decisiones basada en datos recopilados de los meses anteriores.
5. Integración con supervisión en terreno y reporte digital.

Resultados:

- ✓ Disminuyen incidentes por malas decisiones de conducción.
- ✓ Menos exposición a zonas críticas gracias a la redirección de rutas.
- ✓ Mejor sincronización entre operadores y supervisores.

Mes 6-9: Implementación Completa (fase final)

1. Sistema completamente integrado.
2. Monitoreo en tiempo real y alertas correctivas automáticas.
3. Rutas completamente estandarizadas y mantenidas bajo criterios de seguridad.
4. Uso obligatorio en toda maniobra crítica.
5. Análisis predictivo basado en tendencias de los meses anteriores.
6. Cultura operativa consolidada en torno al tránsito seguro.

Resultado:

- ✓ Eliminación de rutas inseguras o de alto riesgo.
- ✓ Operadores interiorizan la conducción preventiva.
- ✓ Menor probabilidad de incidentes graves o de alto potencial.

Estadística de la implementación del sistema

Si aplicamos estos valores considerando nuestra base de total de eventos desde el año cero nos quedaría lo siguiente:

Tabla 6: Implementación teórico de propuesta de proyecto

Etapa / Año	Situación	Total, eventos	Con lesión (7 base)	Sin lesión (24 base)
mes 0	Situación actual (sin sistema)	31	7	24
Mes 1-3	Implementación parcial ($\approx -15\%$)	26	6	20
Mes 4-6	Implementación avanzada ($\approx -25\%$)	23	5	18
Mes 6-9	Implementación completa ($\approx -35\%$)	20	5	16

Ahora si notamos la gradualidad y eficiencia de la implementación ira en aumento mediante se vaya adaptando a la faena.

Si teorizamos los porcentajes que se muestran en cada mes y porque baja eso, se considera lo que tardaría en aplicarse con las dificultades comunes en una empresa aproximándolo a tiempo real:

Mes 1-3 (porque baja un 15%):

El sistema todavía no está afinado, pero ya reduce los incidentes de alta complejidad y permite visualizar riesgos antes no detectados.

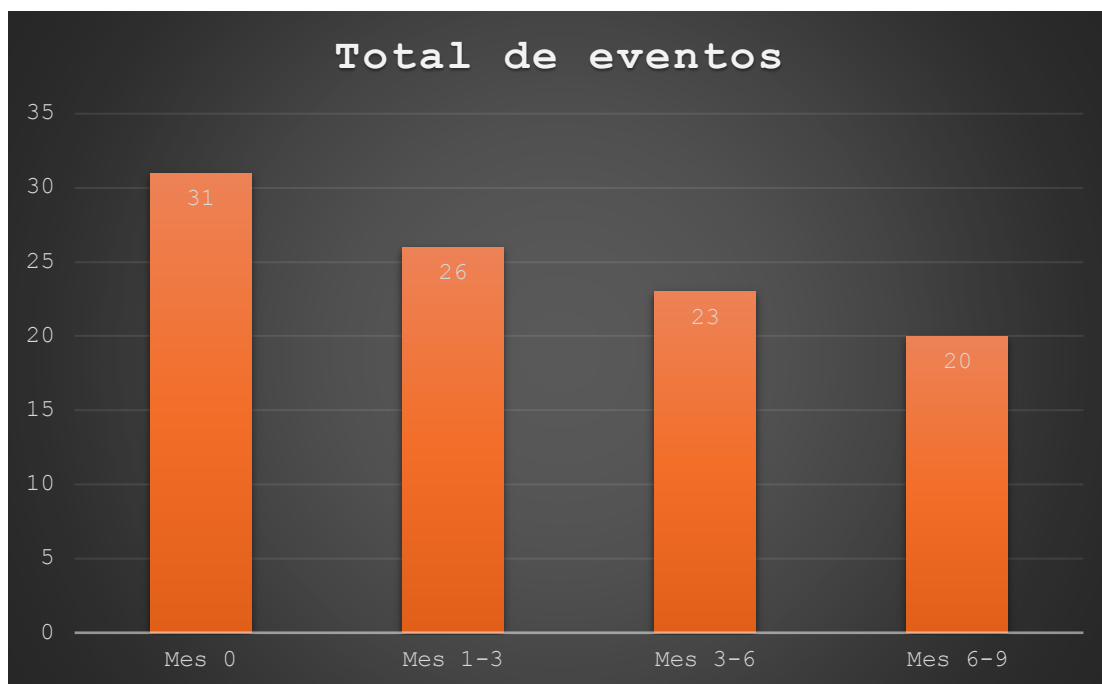
Mes 3-6 (porque baja un 25%):

El sistema alcanza madurez técnica, los operadores confían y utilizan las alertas, y las rutas peligrosas se controlan con mayor precisión.

Mes 6-9 (porque baja un 35%):

Al existir una combinación de tecnología, estandarización y cultura preventiva, se reduce la mayoría de los factores que estadísticamente generaban accidentes.

Ilustración 9: implementación teórica de proyecto plan de marcha



Como se presenta en la gráfica, la disminución de eventos que pueden generar un daño al trabajador y a la empresa reduce mediante se está implementando el sistema hasta su completa integración en la faena, podemos deducir que da resultados positivos y beneficiosos para la empresa y el trabajador ya que los valores de eventos bajaran y mantendrán un valor mínimo que no supere más de 1 evento de cualquier tipo que tenga relación con rutas de camiones dentro de la faena.



4.7. ESTIMACION DEL COSTO DE LA PROPUESTA

Análisis económico

En este apartado se desglosa y valora cada recurso humano y material considerado en la implementación del sistema digital de Plan de Ruta y Marcha de Seguridad para el Embalse Caren. El costo total se refiere a la fase de implementación y puesta en marcha durante 9 meses (aproximadamente 39 semanas), período en el cual se desarrolla, instala y capacita al personal involucrado.

Costo de implementación del proyecto

Para realizar este análisis de costos, se ha considerado el valor hora hombre (HH) promedio de los profesionales involucrados en el proyecto (desarrollo, coordinación SSO, supervisión y capacitación), estimado en \$12.000 por hora hombre. Se asume una dedicación semanal promedio de 15 HH en actividades clave del proyecto durante las 39 semanas.

Costo total estimado de implementación (9 meses): \$14.820.000



Tabla 7: Costo proyecto

Recurso	Valor HH por semana	Cantidad/Unidades	Tiempo dedicado(semanas)	duración total (semanas)	Costo (CLP)
Tiempo transcurrido en desarrollo del sistema (programación y pruebas)	12.000	12 HH/ Semana	39	39	\$5.616.000
Contratación de apoyo técnico externo (instalación GPS y sensores)	10.000	8 HH/ Semana	39	39	\$3.120.000
Coordinador de gestión SSO (validación y seguimiento)	12.000	5 HH/ Semana	39	39	\$2.340.000
Gestión de APR y supervisores de terreno (inspecciones y actualización rutas)	10.000	6 HH /Semana	39	39	\$2.340.000
Capacitación inicial operadores y supervisores (8 sesiones grupales)	-	8 sesiones	-	-	\$800.000
Licencias software básico + hosting cloud (9 meses)	-	1 suscripción	39	39	\$450.000
Instalación y configuración GPS en 20 vehículos (promedio)	-	20 unidades	-	-	\$600.000
Materiales de apoyo (folletos, pendrives con manuales, señalética básica)	-	Lote único	-	-	\$300.000
Reuniones semanales de coordinación y validación	12.000	2 HH/ Semana	39	39	\$936.000
Impresiones y otros insumos menores	-	Lote único	-	-	\$318.000

COSTO DE ASESORÍA Y GESTIÓN DEL PROYECTO (HH totales)	\$14.352.000
COSTO ADICIONAL DEL PROYECTO (materiales, licencias, capacitaciones, etc.)	\$468.000
COSTO TOTAL PROYECTO EN 9 MESES	\$14.820.000



Observaciones finales

El costo total se mantiene por debajo de los \$15 millones, lo que lo hace viable para una implementación gradual en una faena como la del Embalse Caren.

No incluyen costos recurrentes anuales posteriores (mantenimiento, actualizaciones, salario administrador), ya que este análisis se centra en la fase de implementación y puesta en marcha.

Los valores son estimaciones conservadoras basadas en precios de mercado en Chile a enero 2025 (valor HH ajustado a profesionales de prevención de riesgos y desarrollo tecnológico básico).

El Beneficio proyectado estimado del 30-35% en incidentes de tránsito (según el resumen del proyecto), podría generar ahorros indirectos superiores al costo de inversión en el mediano plazo (días perdidos, multas, indemnizaciones).

El modelo de cálculo de ahorros indirectos que se utilizó se parte de los 31 eventos registrados (7 CTP + 24 STP). La proyección de reducción del 30-35% se basa en que el 70% de estos eventos son causados por condiciones de rutas/pendientes, las cuales el sistema digital aborda directamente (estandarización, monitoreo GPS en tiempo real y actualización diaria).

Cálculo central (reducción 32,5%):

- Eventos menos: ≈ 10 por año.
- Ahorro por CTP: $2,3 \text{ eventos} \times 21 \text{ días perdidos} \times \$60.000/\text{día} \approx \$2,9 \text{ millones}$.
- Ahorro por STP: $7,8 \text{ eventos} \times \$7 \text{ millones/evento} \approx \$54,6 \text{ millones}$.
- Total, anual estimado: $\$57\text{--}60 \text{ millones CLP}$.

Con costo de implementación de \$14,8 millones, el ROI es de 3,8–4 veces en el primer año completo, recuperando la inversión en 4–6 meses. (Valores conservadores (SUSESO 2024 y mutuales). Excluye multas graves e indemnizaciones altas).



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los objetivos específicos planteados en este proyecto se cumplieron satisfactoriamente, según se evidencia en los siguientes resultados obtenidos.

Se identificaron las rutas con inclinaciones superiores a 12° más transitadas por camiones y equipos de construcción dentro del área de trabajo del Embalse Caren (cap. 1.5, 3.1 y 4.2); se analizaron las condiciones topográficas y operacionales de dichas rutas, considerando factores como tipo de suelo, estabilidad, amplitud del camino, condición del pretil, clima y frecuencia de tránsito (cap. 3.1, 3.2 y 4.3); se evaluó el desempeño y limitaciones técnicas de los camiones de construcción en relación con la inclinación del terreno y el tipo de cargas transportadas (cap. 2.1 y 4.3); y se diseñó un plan de marcha detallado que incluye velocidades recomendadas, señalización preventiva y medidas de control para el tránsito seguro en pendientes pronunciadas, materializado en un sistema digital en tiempo real (cap. 4 completo, especialmente 4.1–4.5).

La creación y desarrollo de un sistema digital en tiempo real de plan de marcha de pendientes mayor a 12 grados representa un cambio notable en la gestión de seguridad vial interna de la faena del Embalse Carén. Este modelo de proyecto combina tecnología, normativas actualizadas y cultura preventiva, asegurando que cada operador cuente con información reciente para tomar decisiones seguras durante el tránsito por rutas de alta pendiente y peligrosidad.

El programa de prevención de riesgos y el sistema de gestión preventiva actúan de manera acorde y complementaria, permitiendo no solo el cumplimiento legal, sino también la optimización de recursos y la reducción efectiva de incidentes operacionales.

De esta forma, Acciona refuerza su compromiso con la seguridad, la sostenibilidad y la innovación tecnológica, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de Codelco VP y a la consolidación de un entorno de trabajo seguro, eficiente y moderno.



Además, también se demuestra que la integración de herramientas digitales en la gestión de rutas internas permite anticipar riesgos, regular y adaptar el tránsito y mejorar la toma de decisiones operacionales. La reducción proyectada entre un 30-35% en la accidentabilidad demuestra la efectividad de implementar un sistema de control de pendientes basado en datos reales y monitoreo continuo.

En conclusión, el proyecto ofrece un modelo moderno de gestión replicable en otras faenas con condiciones similares, demostrando que la modernización de los sistemas de control de tránsito interno es fundamental para avanzar hacia operaciones seguras, eficientes y sostenibles.

Según lo analizado y a los resultados obtenidos en el presente proyecto, se recomienda que la empresa continúe fortaleciendo su modelo de gestión preventiva mediante la integración sistemática de herramientas tecnológicas, procesos estandarizados y monitoreo continuo del tránsito de maquinaria pesada.

Asimismo, se recomienda que la organización consolide una cultura preventiva sólida, fomentando la capacitación constante del personal, la participación de los operadores en la identificación de peligros.

De igual forma, se sugiere establecer un mecanismo de evaluación y mejora continua, que contemple indicadores de desempeño, auditorías internas y revisión periódica de las condiciones de ruta.

Finalmente, considerando el impacto positivo proyectado y la viabilidad técnica del modelo, se recomienda evaluar la replicabilidad del sistema proyectos futuros, de manera que Acciona continúe posicionándose como una organización innovadora, comprometida con la seguridad, la sostenibilidad y la excelencia operacional. La implementación de este tipo de soluciones tecnológicas constituye una oportunidad para modernizar la gestión preventiva y avanzar hacia operaciones más seguras, eficientes y alineadas con los desafíos actuales de la industria.



BIBLIOGRAFIA

- Acciona. (s.f.). Energía en Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/soluciones/energia/>
- Acciona. (s.f.). Agua en Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/soluciones/agua/>
- Acciona. (s.f.). Infraestructura: centros de datos, subestaciones y líneas de transmisión en Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/soluciones/transporte/areas-actividad/centros-de-datos-subestaciones-y-lineas-de-transmision/>
- Acciona. (s.f.). Infraestructuras sociales en Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/soluciones/sociales/>
- Acciona. (2024, mayo). Acciona Energía inauguró su nuevo Centro de Control de Energías Renovables en Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/actualidad/noticias/accion-energia-inauguro-su-nuevo-centro-de-control-de-energias-renovables-en-chile/>
- Acciona. (2024, abril). Acciona extiende servicio de energía renovable a comunidades aisladas en Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/actualidad/noticias/accion-extiende-servicio-energia-comunidades-aisladas-mas-2600-personas/>
- Acciona. (s.f.). Aeropuertos de Chile. Acciona Chile. Recuperado el 29 de agosto de 2025 de <https://www.accion.cl/proyectos/aeropuerto-chile>
- Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional. (2024). Obligación de Informar de los Riesgos Laborales – Contrato N°4600027250: Construcción Muro Principal y Sotelo, Embalse Carén. Acciona – Codelco VP. Presentación PowerPoint (versión modificada marzo 2024).
- Constitución Política de la República de Chile. (1980). Artículo 19, n.º 1. Recuperado de: https://leyes-cl.com/constitucion_politica_de_chile/19.htm



- Código del Trabajo. (2023). Artículo 184. Recuperado de: <https://www.suseso.cl/612/w3-article-459355.html>
- Ley N° 16.744 sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. (1968). Artículo 66. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=28650>
- Decreto Supremo N° 54, Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (1969). Artículo 4, fracción 2. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8336>
- Decreto Supremo N° 594, Ministerio de Salud. (1999). Artículo 8, fracción 3. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=167766>
- Decreto Supremo N.º 132, Reglamento de Seguridad Minera. (2004). Artículo 96. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/Navegar?idNorma=221064>
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). (2023). Artículo 2.6.2. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8201>
- ISO 45001:2018, Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2018). Cláusula 8.1.1. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Manual de Carreteras, Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2022). Volumen 3: Geometría, Capítulo 4. Recuperado de: <https://www.mop.gob.cl>
- Ley N° 18.290 de Tránsito. (1984). Artículo 143. Recuperado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=29468>
- Dirección del Trabajo de Chile. (2025). Decreto N.º 44: Reglamento sobre gestión preventiva de los riesgos laborales para un entorno de trabajo seguro y saludable (Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile, art. 2º). Recuperado de <https://www.dt.gob.cl/portal/1626/w3-article-127643.html>
- Servicio de Salud Ocupacional (SUSESOS). (2024). Informe anual de seguridad y salud en el trabajo 2024. Recuperado de https://www.suseso.cl/607/articles-755198_archivo_01.pdf
- Chile. Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2024). Ley N°21.643, que modifica el Código del Trabajo para prevenir, sancionar y erradicar el acoso laboral, acoso sexual y violencia en el trabajo. Diario Oficial de la República de Chile. Recuperado de:



<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1219324> (Ley 21.643, 2024, art. 1–últ.)

- Ley N° 20.123, Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2006). Regula el trabajo en régimen de subcontratación, el funcionamiento de las empresas de servicios transitorios y el contrato de trabajo de servicios transitorios. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=254080> (Ley N° 20.123, 2006, artículos 1–9 sobre régimen de subcontratación)
- Decreto Supremo N° 248, Ministerio de Minería. (2007). Reglamento para la aprobación de proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves. Recuperado de: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=259901> (D.S. N° 248, 2007, artículos 1–4 sobre diseño, operación y seguridad de depósitos de relaves)
- Thompson, R. J. (1998). Benchmarking haulroad design standards to reduce transportation accidents. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 12(3), 123-130. <https://doi.org/10.1080/09208118908944039>
- SmartReport. (2025). GPS y control de velocidad para flotas de minería. <https://www.smartreport.cl/blog/gps-control-velocidad-flotas-mineria-chile>
- Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). (s.f.). Prevención de riesgos en obras viales. <https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/centro-de-fichas/trabajadores/instalacion-de-faenas.pdf>
- Codelco. (2014). Estándares de Control de Fatalidades ECF 3: Maquinarias Industriales. https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/docs/20140507/20140507174458/estandares_control_de_fatalidades_ecf_codelco.pdf
- Codelco. (2019). Guía de Controles Críticos SSO y Riesgos Operacionales. https://www.codelco.com/prontus_codelco/site/docs/20201006/20201006133754/guia_controles_cr_ticos_y_riesgos_operacionales.pdf



- Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas (MOP). (2022). Manual de Carreteras (Volumen 3: Geometría, Capítulo 4). <https://www.mop.gob.cl/manual-de-carreteras/>
- Mutua de Seguridad CChC. (2016). Guía para el control de peligros en trabajos de excavaciones. <https://www.mutual.cl/portal/wcm/connect/2a486dee-a24e-402f-bddc-5ffcc57ba366/guia-control-de-peligros-en-trabajos-de-excavaciones.pdf>
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). (2024). Guía de presentación de proyectos menores a 5000 TPM. <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2025/12/20241129-Guia-Presentacion-Proyectos-menor-a-5000-tpm.pdf>
- SONAMI. (2016). Guía de operación y tránsito de equipos, vehículos y personas. <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/4.Operacion-Transito-Equipos.pdf>
- Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO). (2024). Informe anual de seguridad y salud en el trabajo 2024. https://www.suseso.cl/607/articles-755198_archivo_01.pdf



ANEXO

Anexo 1: Instrumentos de apoyo al Plan de Ruta y Marcha Digital de Seguridad

El presente anexo tiene como propósito complementar el desarrollo del proyecto de título “Plan de Ruta y Marcha Digital de Seguridad en el Embalse Caren”, incorporando los principales instrumentos técnicos y operacionales que respaldan el diagnóstico, la propuesta y el desarrollo del sistema digital explicado y mencionado en los capítulos anteriores. Estos antecedentes ayudan a reforzar la validez técnica del estudio y simplificar la comprensión de la propuesta, conforme a los lineamientos académicos de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Anexo 2: Identificación de peligros y riesgos asociados al tránsito interno

En el desarrollo del proyecto se consideró la identificación de los principales peligros presentes en el tránsito de maquinaria pesada y vehículos livianos dentro de las rutas internas del Embalse Caren. Entre los riesgos críticos identificados se encuentran el volcamiento de vehículos, la pérdida de control por fallas de frenado en descensos con carga, la inestabilidad del terreno posterior a tronaduras, la interacción entre flujos vehiculares y la deficiente señalización en rutas temporales.

El análisis de estos riesgos evidencia niveles de riesgo medio-alto y alto, lo que justifica la necesidad de desarrollar controles operacionales reforzados y herramientas digitales que se estén actualizando en tiempo real.



Anexo 3: Parámetros técnicos considerados en el plan de marcha digital

El sistema digital de plan de marcha integra parámetros técnicos referenciales de los equipos de transporte utilizados en la faena, especialmente camiones tolva y maquinaria pesada que son lo que más transita y se utilizan constantemente en la faena. Estos parámetros consideran la pendiente máxima operativa, la velocidad recomendada en ascenso y descenso, el uso adecuado de marchas, frenos de servicio y frenos retardadores, así como las revoluciones por minuto seguras para cada condición de carga.

La incorporación de esta información en la plataforma digital permite estandarizar y regular la operación de los equipos y disminuir la probabilidad de errores operacionales asociados a la conducción en terrenos complejos.

Anexo 4: Inspección y control de rutas internas

Previo a la habilitación y uso de las rutas internas, se contempla la aplicación de inspecciones operacionales enfocadas en verificar la condición del terreno, la estabilidad de los pretiles, la presencia de baches, la visibilidad, la señalización y las modificaciones generadas por tronaduras. Estas inspecciones son responsabilidad del APR de terreno y supervisores que constituyen la base para la actualización diaria del sistema digital de plan de marcha.

Este control asegura que la información entregada a los operadores sea coherente con las condiciones reales de la faena.

Anexo 5: Indicadores de seguimiento del sistema digital

Para evaluar la eficiencia del plan de ruta y marcha digital, se realizan indicadores preventivos y operacionales tales como la tasa de accidentabilidad vehicular, el índice de frecuencia, el índice de gravedad, el índice de alto potencial y el nivel de



cumplimiento del plan de marcha. Estos indicadores permiten medir el impacto del sistema en la reducción de incidentes y accidentes asociados al tránsito interno, así como apoyar la toma de decisiones en materia de mejora continua.

Anexo 6: Roles y responsabilidades en la gestión del sistema

La administración del sistema digital contempla ciertos roles definidos. El área de Seguridad y Salud Ocupacional es responsable de la validación de la información, el análisis de indicadores y la gestión del sistema. El APR de terreno apoya mediante inspecciones y reportes de condiciones inseguras. El área de topografía aporta información técnica posterior a las tronaduras y de las condiciones del terreno, mientras que los operadores deben cumplir estrictamente las instrucciones del plan de marcha digital y reportar desviaciones o riesgos detectados en ruta.

Anexo 7: Gestión y trazabilidad de la información

La información obtenida en terreno es validada y cargada en la plataforma digital, permitiendo su trazabilidad desde la detección del riesgo hasta la aplicación de medidas correctivas. Este proceso asegura el cumplimiento de los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N°44 y en la norma ISO 45001:2018, facilitando además auditorías internas y revisiones por parte del mandante.