

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE FLOTA DE CAMIONES MINEROS**

Trabajo de Titulación para optar al  
Título de Ingeniero de Ejecución en  
Control e Instrumentación Industrial

Alumno:

Héctor Meza Salgado

Profesor Guía:

Mag. Guelis Montenegro Zamora

## RESUMEN

**KEYWORDS:** Internet de las Cosas (IoT), Telemetría, GPS

Este proyecto se centra en diseñar una solución de IoT avanzada para el monitoreo y la gestión de flotas de camiones mineros. La solución aprovecha un dispositivo externo, el Freematics ONE+ Traccar Edition, que se conecta a los camiones mineros para recoger datos de telemetría y geo-referenciación en tiempo real. Estos datos son enviados a la plataforma Microsoft Azure a través de una conexión 4G.

En la plataforma Azure, los datos son procesados y analizados utilizando Azure IoT Hub, Azure Functions, Azure Cosmos DB, Azure Stream Analytics y Azure Machine Learning. La analítica avanzada y el Machine Learning se utilizan para predecir el mantenimiento requerido, optimizar las rutas, mejorar la eficiencia de los camiones y aumentar la seguridad.

Los usuarios pueden acceder y tomar decisiones basadas en los datos a través de un portal web personalizado que incluye un panel de control de Power BI. El portal también permite a los usuarios configurar alertas, definir umbrales de operación y gestionar los datos.

El objetivo del proyecto es proporcionar a las empresas mineras una solución integral para la gestión de su flota de camiones, mejorando la eficiencia operacional, la seguridad y la sostenibilidad.

Para lograr el objetivo se identifica el problema, sus posibles soluciones y se realiza un análisis de mercado y una evaluación económica para determinar la factibilidad técnica y comercial del proyecto.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1: PLANTEO DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	3
<b>1. PLANTEO DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	4
<b>1.1 ESTUDIO DE MERCADO</b> .....	4
1.1.1 Estadísticas de la Industria .....	6
1.1.2 Soluciones presentes actualmente .....	7
1.1.3 Mercado Potencial y Objetivo .....	11
<b>1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	14
<b>1.3 REQUERIMIENTOS</b> .....	15
<b>1.4 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN</b> .....	17
1.4.1 Alternativa 1: Contratar un Servicio Establecido .....	17
1.4.2 Alternativa 2: Implementar los requerimientos planteados con recursos internos de las empresas. ....	18
1.4.3 Alternativa 3: Servicio desarrollado a medida para la industria minera para el Monitoreo y Seguimiento de Flota de camiones. ....	20
<b>1.5 ALTERNATIVA SELECCIONADA</b> .....	22
1.5.1 Análisis alternativas de Solución .....	22
1.5.2 Evaluación de las Alternativas .....	24
<b>1.6 OBJETIVOS Y PROPUESTA DE VALOR</b> .....	26
1.6.1 Objetivo General .....	26
1.6.2 Objetivos Específicos .....	26
1.6.3 Propuesta de Valor .....	27
<b>CAPÍTULO 2: FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN</b> .....	29
<b>2. FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN</b> .....	30
<b>2.1 SOLUCIÓN DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b> .....	30
2.1.1 Diagrama de bloques de la solución .....	30
2.1.2 Diagrama de arquitectura .....	33
2.1.2 Recursos necesarios .....	42
2.1.2.1 Dispositivo de monitoreo .....	43
2.1.2.2 Plataforma de nube back end: Microsoft Azure IoT .....	46
2.1.2.3 Aplicaciones front end .....	50

<b>CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA</b> .....	60
<b>3. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b> .....	61
<b>3.1 DETERMINACIÓN MANO DE OBRA</b> .....	61
<b>3.2 VALOR VENTA DEL SERVICIO</b> .....	63
<b>3.3 INGRESOS Y EGRESOS</b> .....	66
3.3.1 Ingresos .....	67
3.3.2 Egresos .....	69
<b>3.4 TABLAS DEPRECIACIÓN</b> .....	72
<b>3.5 TABLAS AMORTIZACIÓN</b> .....	73
<b>3.6 FLUJO DE CAJA</b> .....	74
3.6.1 Flujo de caja sin financiamiento .....	75
3.6.2 Flujo de caja 25% financiamiento .....	76
3.6.3 Flujo de caja 50% financiamiento .....	77
3.6.4 Flujo de caja 75% financiamiento .....	78
<b>3.7 SELECCIÓN TIPO DE FINANCIAMIENTO</b> .....	79
<b>3.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD</b> .....	79
<b>CONCLUSIONES</b> .....	82
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	84

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1. Comparación de planes Entel Ocean Onway	9
Figura 1-2. Precios de los planes, Entel Ocean Onway	9
Figura 2-1. Diagrama de bloques sistema de monitoreo	32
Figura 2-2. Diagrama de Arquitectura de la Solución Propuesta	33
Figura 2-3. Sensores que posee un camión minero	36
Figura 2-4. Dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition	45
Figura 2-5. Configuración de parámetros del camión	51
Figura 2-6. Ventana de Gestión de ubicaciones de vehículos	51
Figura 2-7. Pantalla para búsqueda de camiones y visualización de su posición	52
Figura 2-8. Pantalla para el registro de número (IMEI) de las SIMCard	52
Figura 2-9. Informe de estado del vehículo	55
Figura 2-10. Pantalla de gestión de alertas	55
Figura 2-11. Ejemplo de código Python para enlazar los datos georreferenciales con Azure Maps	56
Figura 2-12. Ejemplo de seguimiento de ruta de los camiones	57
Figura 2-13. Informe de ejemplo para mostrar los datos de análisis avanzados	59

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1. Oportunidad calculada en una fanera minera del norte de Chile considerando un contrato a tres años.	17
Tabla 1-2. Costo suscripción para la contratación de servicios de análisis de datos por tres años utilizando como referencia los precios de Entel Ocean Oneway.	17
Tabla 1-3. Costos de mantención de los servicios y dispositivos arrendados por tres años	18
Tabla 1-4. Análisis cualitativo comparativo opción 1	22
Tabla 1-5. Análisis cualitativo comparativo opción 2	23
Tabla 1-6. Análisis cualitativo comparativo opción 3	23

Tabla 1-7. Definición de factores de comparación y su ponderación	24
Tabla 1-8. Aplicación factores de comparación sobre las alternativas de solución	
Propuestas	25
Tabla 2-1. Resumen de especificaciones técnicas del dispositivo Freematics	
ONE+ Traccar Edition	44
Tabla 3-1. Detalle alcance suscripciones del servicio.	66
Tabla 3-2. Cuadro Ingresos año 1	69
Tabla 3-3. Ingresos estimados horizonte temporal del proyecto	69
Tabla 3-4. Costos fijos anuales	71
Tabla 3-5. Costos variables anuales	71
Tabla 3-6. Tabla de comisiones por venta	71
Tabla 3-7. Costos estimados horizonte temporal del proyecto	72
Tabla 3-8. Depreciación activos tangibles	72
Tabla 3-9. Cálculo amortización financiamiento del 25%	73
Tabla 3-10. Cálculo amortización financiamiento del 50%	73
Tabla 3-11. Cálculo amortización financiamiento del 50%	74
Tabla 3-12. Flujos del proyecto sin financiamiento	75
Tabla 3-13. Ratios financieros asociados	75
Tabla 3-14. Flujos del proyecto con financiamiento del 25%	76
Tabla 3-15. Ratios financieros asociados	76
Tabla 3-16. Flujos del proyecto con financiamiento del 50%	77
Tabla 3-17. Ratios financieros asociados.	77
Tabla 3-18. Flujos del proyecto con financiamiento del 75%	78
Tabla 3-19. Ratios financieros asociados	78
Tabla 3-20. Comparación escenarios construcción flujo de caja	79
Tabla 3-21. Flujo de caja considerando una disminución de los ingresos	81
Tabla 3-22. Flujo de caja considerando un aumento de los egresos	81
Tabla 3-23. Resumen análisis de sensibilidad escenario sin financiamiento	81

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### **A. SIGLAS:**

API	: Application Programming Interfaces (interfaz de programación de aplicaciones)
AWS	: Amazon Web Services
CAGR	: Compound annual growth rate (Tasa de crecimiento anual compuesto)
CAN	: Controller Area Network
COLCHILCO	: Comisión Chilena del Cobre
DTC	: Diagnostic Test Code
ECU	: Engine Control Unit (Unidad de control del Motor)
GCP	: Google Cloud Platform
GPRS	: General Packet Radio Service
GPS	: Global Positioning System (Sistema de posicionamiento Global)
GSM	: Global System for Mobile (Communications)
IMEI	: International Mobile Equipment Identity (identidad internacional)
IMU	: Inertial Measure Unit (Unidad de Medición Inercial)
IoT	: Internet of Things
LTE	: Long Term Evolution
MIL	: Malfunction Indication Lamp (Luz indicadora de fallo)
ML	: Machine Learning
MQ	: Management Queues
MQTT	: MQ Telemetry Transport
MQTT	: MQ Telemetry Transport
OBD	: On Board Diagnostics
PMBok	: Project Management Body of Knowledge
SQL	: Structured Query Language (lenguaje estructurado de consulta)
TCP/IP	: Transport Control Protocol / Internet Protocol
TIR	: Tasa Interna de Retorno

UART	: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (receptor/transmisor asíncrono universal)
USB	: Universal Serial Bus
VAN	: Valor Actual Neto
WACC	: Weighted Average Cost of Capital (Costo promedio ponderado del capital)

**B. SIMBOLOGÍA:**

4G	: Fourth Generation (Cuarta Generación)
5G	: Fifth Generation (Quinta Generación)
Bm	: Biphase Modulation
DB	: DataBase
GB	: GigaBytes
MB	: MegaBytes
MWh	: Mega Watt por Hora
RPM	: Revoluciones por Minuto
SIM	: Subscriber Identity Module (módulo de identificación de abonado)
UF	: Unidad de Fomento

## **INTRODUCCIÓN**

La gestión de flotas es una tarea crucial para las empresas que dependen de vehículos y maquinarias para llevar a cabo sus operaciones diarias. Sin embargo, hay sectores empresariales que enfrentan desafíos adicionales en la gestión de flotas debido a la naturaleza de su actividad. Caben en este segmento las empresas de la minería, la logística de última milla, las empresas de distribución de combustible y otras empresas similares se encuentran entre las que podrían tener problemas para rastrear sus vehículos y gestionar sus flotas de manera efectiva.

En el caso de las empresas mineras, por ejemplo, es común que las operaciones se desarrollen en lugares remotos y difíciles de alcanzar, lo que hace que la comunicación y el seguimiento de los vehículos sean un desafío. Además, los equipos de minería pueden requerir mantenimiento constante y seguimiento para garantizar que estén en buen estado de funcionamiento, lo que puede aumentar la complejidad de la gestión de flotas.

En la logística de última milla, las empresas enfrentan desafíos en la planificación y coordinación de rutas, entregas y recogidas en tiempo real. Esto requiere una gestión de flotas muy precisa para garantizar que los vehículos lleguen a sus destinos de manera oportuna, lo que a su vez puede tener un impacto en la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la empresa.

Por otro lado, las empresas de distribución de combustible enfrentan desafíos específicos debido a la naturaleza inflamable y peligrosa de sus productos. La seguridad es una preocupación clave en la gestión de flotas de estas empresas, y es necesario contar con sistemas precisos de seguimiento y monitoreo para garantizar que los conductores sigan los procedimientos de seguridad y minimizar los riesgos de accidentes.

Por lo anterior, en este informe se hace un análisis de los problemas mencionados anteriormente, ya que son comunes en diferentes rubros e industrias. Este análisis común sirve de base para cimentar el diseño de un sistema de monitoreo vehicular, teniendo en

consideración los problemas que son transversales en la minería, logística de última milla y transporte de combustibles.

Considerando lo anterior, ya que se necesita hacer seguimiento a camiones mineros en su respectivas faenas y traslados, además de obtener datos del funcionamiento de estos, se hace evidente que, la utilización de dispositivos GPS y sensores puede ser una alternativa viable, siempre y cuando se cuente con tecnología adecuada a las condiciones a las que se enfrentan estos equipos y las condiciones de monitoreo a las que se debe enfrentar este proyecto. Si bien, se puede deducir que esta solución es aplicable no solo a la industria minera, sino que a muchas más, para dar un marco de trabajo viable, se decide aplicar la solución solo a la minería principalmente por la gran cantidad de vehículos circulando que no cuentan con tecnologías de rastreo, no obtención de indicadores de funcionamiento del vehículo, y dado que, los camiones nuevos si incorporan esta tecnología de fábrica hay una alta demanda a nivel mundial, por lo que las listas de espera para la entrega de camiones nuevos es en promedio de 8 a 10 años.

**CAPÍTULO 1: PLANTEO DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN**

## **1. PLANTEO DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN**

### **1.1 ESTUDIO DE MERCADO**

Para el análisis de mercado de un servicio de IoT para la gestión de flotas de camiones mineros, se consideraron varios aspectos:

✓ **Tamaño y crecimiento del mercado:**

- La minería es una de las industrias más antiguas y sigue siendo un componente esencial de la economía global. A nivel mundial, la industria de la minería y los metales está valorada en billones de dólares y se espera que crezca en los próximos años.
- El mercado de IoT, por otro lado, también ha estado creciendo rápidamente. Se espera que el mercado global de IoT alcance los \$1.39 billones de dólares en 2026, desde \$761.4 mil millones en 2020, según un informe de MarketsandMarkets[1].

Esto sugiere que hay una oportunidad considerable para una solución de IoT dirigida a la industria minera.

✓ **Tendencias de la industria**

La industria minera está adoptando cada vez más la digitalización y la automatización para mejorar la eficiencia y la seguridad. La tecnología IoT puede desempeñar un papel clave en esta transformación, proporcionando la capacidad de monitorear y gestionar remotamente las operaciones de los camiones mineros.

Además, la creciente conciencia de los impactos ambientales de la minería está llevando a un enfoque en las prácticas de minería sostenible. La tecnología IoT puede ayudar a alcanzar estos objetivos, permitiendo un monitoreo más preciso del consumo de combustible y las emisiones.

✓ **Competencia**

Existen varios competidores en este espacio, desde startups de tecnología hasta empresas establecidas de equipos mineros que están expandiendo sus servicios para

incluir soluciones digitales. Algunos competidores clave podrían ser empresas de la talla de Caterpillar, Komatsu, Hitachi y empresas de tecnología como IBM y Bosch a nivel internacional. Y a nivel local existen empresas como Entel, Black GPS y TrackChile que son algunos de los actores que se presentan como competencia directa.

Cada competidor tiene sus propias fortalezas y debilidades, por lo que será importante analizar qué ofrece cada uno y cómo se puede diferenciar su propia oferta.

✓ Clientes

Los clientes potenciales para esta solución son las empresas de minería que operan flotas de camiones. Estas pueden variar desde pequeñas operaciones mineras hasta grandes corporaciones internacionales.

Estas empresas buscan principalmente mejorar la eficiencia y la seguridad de sus operaciones, por lo que una solución de gestión de flotas basada en IoT tendría que demostrar cómo puede ayudar a lograr estos objetivos.

Para contextualizar el estudio de mercado se realizaron distintas metodologías y se ocuparon fuentes de información tanto secundarias como primarias.

En un inicio se recopiló, a través de fuentes secundarias, información acerca de la oferta y demanda de productos sustitutos, masa de flotas promedio, información de empresas y actividades. En cuanto a fuentes primarias, como encuestas y entrevistas, se realizaron sobre una base acotada de personas y empresas que están directamente asociadas a la problemática en estudio, en el Anexo A se puede apreciar el tenor de las preguntas y un resumen de los resultados. Además, el resultado de la encuesta se complementa con un conocimiento experto de la industria minera en cuanto a operaciones y se tiene conocimiento de primera fuente de las necesidades que se deben cubrir dada la experiencia personal de quien suscribe y la red de contactos personales que se han logrado en el ejercicio profesional.

Se analizó el mercado con el propósito de esclarecer mejor el contexto que da origen a la brecha detectada y con ello, la solución propuesta, además de la situación comercial de este tipo de soluciones.

### 1.1.1 Estadísticas de la Industria

Al hacer un estudio de indicadores y estadística importante dentro de la minería, es posible señalar lo siguiente:

- *Costos de producción:* Los costos de producción en la minería pueden variar ampliamente según el tipo de mineral, la ubicación de la mina y el tamaño de la operación. Según un informe de COCHILCO [2] (Comisión Chilena del Cobre), los costos de producción en la minería del cobre en Chile para el año 2021-2022 aumentó 29¢US\$/lb producto de un aumento de los precios de los insumos y menor producción
- *Inversiones en exploración:* Según COCHILCO, las inversiones en exploración en la minería chilena disminuyeron un 9,3% en 2020 en comparación con el año anterior, alcanzando los 318 millones de dólares. Sin embargo, las inversiones en exploración de cobre aumentaron en un 16,8%, mientras que las inversiones en exploración de oro y plata disminuyeron en un 44,4% y 27,8%, respectivamente.
- *Gastos en maquinarias y equipos:* Según un informe de FitchRatings [3], se espera que los gastos en maquinarias y equipos en la minería chilena aumenten en un 14,9% en 2021 en comparación con el año anterior, impulsados por la recuperación del sector minero después de los impactos de la pandemia de COVID-19. También se espera que los gastos en maquinarias y equipos se mantengan sólidos en los próximos años, ya que las empresas buscan aumentar su producción y eficiencia.
- *Costos de energía y combustible:* Los costos de energía y combustible son una parte importante de los costos de operación de la minería. Según un informe de COCHILCO, el costo promedio de la energía eléctrica para la minería en Chile en 2020 fue de 98,2 dólares por MWh, lo que representó un aumento del 4,4% en

comparación con el año anterior. Los costos de combustible también pueden variar según el tipo de combustible y la ubicación de la mina.

- *Gastos en seguridad y medio ambiente:* La seguridad y el medio ambiente son áreas clave de inversión para las empresas mineras. Según COCHILCO, los gastos en seguridad y salud ocupacional en la minería chilena en 2020 alcanzaron los 376 millones de dólares, mientras que los gastos en medio ambiente alcanzaron los 315 millones de dólares. Estos gastos incluyen inversiones en infraestructuras de seguridad, capacitación de trabajadores y medidas de mitigación ambiental.

De estos indicadores se puede inferir que la industria minera sigue en auge, pese a las contingencias sanitarias y políticas de los últimos años, lo que hace prever que la inversión en infraestructura, nuevas faenas y optimización de activos no sólo se mantendrá, si no que, probablemente aumente, con lo cual las posibilidades de inversión en nuevas tecnologías y/o soluciones innovadoras también aumenten.

### 1.1.2 Soluciones presentes actualmente

Soluciones de rastreo de flotas existen muchas en el mercado, sin embargo, una de las más modernas es la solución que ofrece Entel a través de su unidad digital Entel Ocean[3], especializados en entregar soluciones flexibles y escalables orientadas al monitoreo y rastreo de vehículos. En particular, Entel Ocean ofrece Onway, es una solución de gestión de flota por suscripción. Esta solución utiliza un dispositivo 4G LTE en la red de Entel, provee una plataforma de geolocalización en tiempo real y módulos de analítica. Tienen planes comerciales, como:

- *Plan Medium*

Con el Plan Medium (Figura 1-1), Entel Ocean promete un ahorro del 15% de ahorro de combustible a largo plazo mejorando el comportamiento de conducción. Este plan, considera las siguientes características incluidas:

- Posicionamiento en tiempo real
- Alertas y recordatorios personalizados
- Mapas Actualizados
- Seguimiento de rutas en línea
- Historial de recorridos
- Google Maps, Mapa de tráfico en tiempo real con vista 360° a nivel de calle por Street View
- Direcciones reales y homologables
- Puntos de Interés y marcas
- Administración de zonas virtuales (Geocercas)
- Perfil de conducción

El costo de este servicio (Figura 1-2) es de 0,31UF a un plazo de 24 meses, habiendo otras alternativas de planes y opciones de término anticipado del servicio.

- *Plan Pro*

Con el Plan Pro (Figura 1-1), Entel Ocean promete un ahorro del 15% de ahorro de combustible a largo plazo mejorando el comportamiento de conducción, además, agrega a la oferta de servicios incluidos anteriormente, los siguientes puntos:

- Compatibilidad con accesorios para la seguridad vial  
Cámaras, sensores complementarios de somnolencia, BT, Wifi y otros.
- Compatible con accesorios para el estado de la carga transportada
  - Básculas.
  - Sensores para medir el estado de la carga como temperatura, calidad del aire y otros.

El costo de este servicio (Figura 1-2) es de 0,45UF a un plazo de 24 meses, habiendo otras alternativas de planes y opciones de término anticipado del servicio.

- *Plan Expert*

Entel Ocean Oneway ofrece un servicio que, a los puntos anteriores de los planes Medium y Pro (Figura 1-1), agrega los siguientes:

- Analítica del consumo de combustible.
- Analítica del estado del vehículo con lectura directa del ECU (Engine Control Unit, Unidad de control del Motor).

El costo de este servicio (Figura 1-2) es de 0,31UF a un plazo de 24 meses, habiendo otras alternativas de planes y opciones de término anticipado del servicio.



Fuente: <https://entelocean.com/onway>

Figura 1-1. Comparación de planes Entel Ocean Oneway.

Cuota Mensual sin IVA (en UF)	Medium	Pro	Expert
Contrato con sólo servicio (sin plazo)	0,22	0,24	0,34
Contrato Comodato a 24 meses (*)	0,31	0,45	0,67
Contrato Comodato a 36 meses (*)	0,29	0,39	0,57
Costo de salida en Contrato a 24 meses	0,11	0,20	0,28
Costo de salida en Contrato a 36 meses	0,08	0,15	0,20

Fuente: <https://entelocean.com/onway>

Figura 1-2. Precios de los planes, Entel Ocean Oneway.

Otra empresa que ofrece servicios de este tipo es una transnacional que inicio su servicio “Michelin Flotas Conectadas” a contar del segundo semestre del 2021, del Grupo Michelin, líder en venta de neumáticos para todo tipo de vehículos. Este servicio brinda información a las empresas para el seguimiento de sus costos, ya sea a través de servicios de telemetría, de hardware y software para sus vehículos; ayuda a mejorar su movilidad de una manera más segura tanto para la vialidad como para la carga que llevan y de una manera más sostenible, pues se ahorra combustible, y también en la compra de neumáticos, entre otros atributos.

El servicio se basa en 3 pilares principales:

- ✓ Monitoreo Logístico: permite programar las entregas, localizar vehículos en tiempo real, monitorear el tráfico, personalizar áreas y puntos de interés, así como también generar alertas sobre velocidad y trayecto (por ejemplo, que el vehículo mantenga un determinado recorrido).
- ✓ Control de Costos: alternativa intermedia que, sumado al servicio de Monitoreo Logístico, permite consolidar todos los costos en un solo panel con la importación de datos de consumo de combustible, control de multas y documentos.
- ✓ Gestión Avanzada: además de los dos servicios mencionados, esta opción incluye reportes del comportamiento de los conductores, con una retroalimentación automática y personalizada enviada a cada chofer. Permite corregir malos hábitos y reducir infracciones que pueden generar riesgos de accidentes y mayores costos.

Adicionalmente, hay disponibles otros servicios que pueden complementar estas 3 opciones.

Así como existe la solución que propone Entel y Michelin, otras empresas ofrecen soluciones similares, pero no son tan robustas, por ejemplo, no ofrecen accesorios complementarios y tampoco ofrecen soluciones de analítica. En general, otras soluciones en Chile se limitan solo a ofrecer un dispositivo de GPS y un centro de control para monitorear los equipos en tiempo real. Algunas de las empresas que ofrecen soluciones de características similares son:

- BlackGPS
- NVS
- Verizon Connect
- GPSur
- TrackChile

### 1.1.3 Mercado Potencial y Objetivo

Se hace necesario analizar el mercado que da cabida a esta solución identificando en primer lugar el mercado potencial para este tipo de soluciones, para luego enfocarse en el mercado objetivo.

**Mercado potencial:** El mercado de este tipo de soluciones no es menor, puede dirigirse a todo tipo de flotas de vehículos de distintas industrias que requieran gestión y seguimiento de sus vehículos.

Aunque esta solución de IoT está diseñada específicamente para flotas de camiones mineros, su funcionalidad puede ser aplicable a una amplia gama de industrias que utilizan flotas de vehículos pesados. Algunos mercados adicionales a considerar podrían ser:

- ✓ **Transporte y Logística:** Las empresas de logística y transporte de carga que manejan flotas de camiones también se beneficiarían de las capacidades de monitoreo y optimización de la solución. Podrían utilizar la solución para mejorar la eficiencia de sus rutas, reducir el tiempo de inactividad de los vehículos, aumentar la vida útil de sus camiones y mejorar la seguridad.
- ✓ **Industria de la Construcción:** Los equipos de construcción, como excavadoras, grúas y volquetes, también podrían beneficiarse de la telemetría en tiempo real y los análisis predictivos para el mantenimiento. Además, el seguimiento de la ubicación de los equipos puede mejorar la eficiencia de la gestión del sitio de construcción.
- ✓ **Sector de Residuos y Reciclaje:** Los vehículos utilizados en la recolección de residuos y en operaciones de reciclaje también podrían beneficiarse de esta solución. La

telemetría en tiempo real y los análisis predictivos pueden ayudar a minimizar el tiempo de inactividad y optimizar las rutas de recolección.

- ✓ Servicios Municipales y de emergencias: Los vehículos de servicios municipales como camiones de bomberos, vehículos de policía, ambulancias y otros vehículos de emergencia podrían beneficiarse de la telemetría en tiempo real y los análisis predictivos para el mantenimiento y la gestión.
- ✓ Agricultura: Los vehículos y maquinaria agrícola también pueden beneficiarse de esta solución. Los datos de telemetría pueden ayudar a optimizar el uso de maquinaria, prever el mantenimiento y mejorar la eficiencia operativa.
- ✓ Combustibles: Los camiones y vehículos utilizados en la distribución de combustibles y gas también pueden beneficiarse de esta solución. El seguimiento en tiempo real y las alertas pueden mejorar la seguridad y la eficiencia en entornos potencialmente peligrosos.

Cada uno de estos mercados tiene sus propios desafíos y requerimientos únicos, por lo que sería esencial adaptar la solución a las necesidades específicas de cada industria.

**Mercado objetivo:** Dada la necesidad detectada dentro de empresas de la industria minera, y el potencial de la oportunidad por no estar siendo abarcada debidamente por el mercado, es que se definen estas como el principal mercado objetivo.

El mercado objetivo inicial para esta solución de IoT será la industria minera, dada la naturaleza específica de la aplicación. Dentro de la industria minera, se apunta específicamente a las siguientes segmentaciones:

- ✓ Grandes corporaciones mineras: Estas empresas operan a gran escala y a menudo tienen operaciones en varias ubicaciones geográficas. Tienen una gran cantidad de vehículos y maquinaria para manejar y, por lo tanto, pueden beneficiarse significativamente de una solución de gestión de flotas eficiente. Además, estas empresas suelen tener el capital necesario para invertir en tecnología avanzada.

- ✓ Empresas pequeñas y mineras medianas: Estas empresas pueden no tener la misma escala que las grandes corporaciones, pero aun así manejan una cantidad significativa de vehículos y maquinaria. A menudo buscan maneras de mejorar su eficiencia y competir con las empresas más grandes, por lo que una solución de gestión de flotas puede ser muy atractiva para ellas.
- ✓ Operaciones mineras en regiones remotas: Las operaciones mineras en ubicaciones remotas a menudo enfrentan desafíos únicos, como la dificultad de monitorear y mantener sus vehículos. Esta solución, con su capacidad para proporcionar telemetría en tiempo real y análisis predictivos, puede ser especialmente valiosa para estas empresas.

En primera instancia se apunta al segmento de pequeñas y medianas empresas mineras, para luego expandirse a otros segmentos dentro de la misma industria. Esto permitirá diversificar la base de clientes y aumentar un potencial de crecimiento.

Sin embargo, la estrategia de entrada a cada segmento variará en función de las necesidades y el tamaño de la empresa. Podría involucrar asociaciones estratégicas, canales de ventas directos o indirectos, y ajustes al modelo de precios para adaptarse a las diferentes estructuras de costos y presupuestos de las empresas objetivo.

Un indicador importante es que en una sola faena minera mediana existen en promedio más de 1000 equipos mineros entre tuneladoras, excavadoras, máquinas para instalar dispositivos, tolvas, camiones de agua, cintas transportadoras móviles, Bulldozer, palas, transformadores móviles, baños móviles y otros dispositivos y equipos que las mineras necesitan rastrear. En particular, los camiones, de distintos tipos, pueden llegar a representar un tercio de la flota vehicular de una faena.

## **1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Las empresas en general siempre desean optimizar sus operaciones para ganar en eficiencia y disminuir costos. En particular la industria minera tiene altos costos de operación y uno de los más elevados tienen que ver con la mantención y operación de su flota de camiones, para distintos propósitos, desde camiones que transportan material en bruto en la faena, camiones aljibes, para transporte de carga, etc. Poseen grandes flotas donde la mayoría de los vehículos no cuentan con el equipo necesario para capturar datos básicos de telemetría de operación ni tampoco dispositivos de posicionamiento que permitan controlar y optimizar su uso y funcionamiento. Por otra parte, la nueva gama de camiones mineros de alto rendimiento que se usan en las faenas de extracción si poseen estos equipos, sin embargo, su alta demanda hace que el tiempo de espera para la entrega de nuevos vehículos sea de 8 a 10 años, por lo que las empresas mineras se han visto en la necesidad de extender la vida útil de su actual flota e incluso refeccionar camiones ya dados de baja para continuar sus operaciones y abrir nuevas faenas.

Dado lo anterior, en los últimos años algunas empresas mineras adquieren y utilizan soluciones basadas en sistemas de monitoreo y rastreo por suscripción utilizando sistemas GPS. Por su alto costo, no son accesibles para pequeñas y medianas empresas. Sin embargo, estos servicios tienen un grado de generalidad y estandarización, con el que han sido desarrolladas, que ocasionan problemas de adaptación a las necesidades específicas de pequeñas y medianas empresas mineras. Por otra parte, la mayoría de estos servicios no cubren la captura de telemetría de datos significativos que se pueden obtener de un camión minero: velocidad, consumo de combustible, temperatura del motor, presión de los neumáticos, alertas del vehículo, etc. Y si la consideran, no incluyen los dispositivos necesarios para obtener dicha información, por lo que las soluciones de mercado no cubren completamente las necesidades detectadas.

Adicionalmente, el costo de estos servicios no es un tema menor, si sólo consideramos una faena con 500 camiones a monitorear y tomando como referencia los

costos promedio de un servicio como en planteado en el mercado nacional el costo mensual puede llegar varios de cientos de UF.

En resumen, los problemas que se deben resolver son los siguientes:

- ✓ Costos operativos elevados: Los camiones mineros son esenciales para el transporte de minerales y materiales en las operaciones mineras. Sin embargo, el alto costo de combustible, el mantenimiento no planificado y la ineficiencia en las rutas aumentan significativamente los costos operativos.
- ✓ Consumo ineficiente de combustible: Los camiones mineros consumen grandes cantidades de combustible, y a menudo, el consumo puede ser ineficiente debido a rutas inadecuadas, prácticas de conducción subóptimas o problemas mecánicos.
- ✓ Tiempos de detención prolongados: Las paradas no planificadas debido a averías mecánicas o problemas técnicos pueden resultar en tiempos de detención prolongados, lo que afecta la productividad general de la operación.
- ✓ Mantenimiento reactivo y costoso: La falta de información en tiempo real sobre el estado de los camiones puede llevar a un enfoque reactivo en el mantenimiento, lo que resulta en mayores costos y tiempos de inactividad.
- ✓ Falta de visibilidad y análisis de datos: La falta de una plataforma tecnológica que recopile y analice datos de telemetría y posicionamiento impide que los operadores y gerentes tomen decisiones informadas para mejorar la eficiencia operativa.

### **1.3 REQUERIMIENTOS**

Considerando específicamente las necesidades de empresas de la industria minera, se hace el levantamiento de requerimientos funcionales de este tipo de producto; que se centra solo en estas características específicas y técnicas.

Para los requerimientos descritos a continuación se asignan niveles de obligación, con la intención de enfatizar en aspectos críticos y básicos que debe incorporar la solución de otros que son deseables, pero no cruciales. Los niveles de obligación establecidos son:

- Debe: Requisitos indispensables que cubren la especificación de una plataforma de ingeniería.
- Debería: Requisitos que pueden no ser cumplidos si existe una razón legítima. De no ser incorporados, se deben considerar y ponderar las implicaciones asociadas.
- Puede: Requisitos deseables de ser incorporados, pero al no ser críticos no existe consecuencia valorable o de gran impacto.

El producto Debe:

1. Hacer seguimiento y rastreo de vehículos motorizados, principalmente camiones.
2. Tomar indicadores de variables relevantes de los vehículos (velocidad, temperatura, consumo de combustible, presión, revoluciones, etc.).
3. Todos los datos registrados deben ser enviados a la nube (plataforma como servicio, IoT Cloud).
4. Una aplicación back end que reciba la información y aplique lógica de negocio a los datos para alertas, indicadores, seguimiento y control.
5. Una aplicación front end, web y móvil, orientada al usuario final para visualizar el recorrido de los vehículos y sus indicadores.

El producto Debería:

6. Hacer analítica de datos con la información recopilada.
7. Planificar y optimizar rutas.
8. Entregar análisis de costos de combustible, kilómetros recorridos, velocidad promedio, etc.

El producto Puede:

9. Gatillar alertas para mantenimiento preventivo de los vehículos.
10. Indicar probabilidad de falla de componentes para gestionar stock de repuestos con antelación.

## **1.4 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Existen varias alternativas para proporcionar soluciones de gestión de flotas y monitoreo en tiempo real, dentro de estas alternativas se presentan tres que pueden abordar el problema planteado.

### **1.4.1 Alternativa 1: Contratar un Servicio Establecido**

Existen varias soluciones y software presentes en el mercado que se adecuan a las necesidades y oportunidades detectadas. Ante eso se propone entregar a las empresas un servicio de consultoría que provea un protocolo para la selección de un servicio establecido.

Se deben tener en consideración que los servicios analizados, cuentan con control de flota, sin embargo, no ofrecen una solución orientada a la minería y tampoco logran cubrir todos los requerimientos planteados. Esto implicaría que se deban contratar diversos servicios por separado e integrarlos. Lo que aumenta en dificultad y costo la solución.

En el apartado de “Estudio de Mercado” se tomó como referencia el servicio ofrecido por Entel Ocean Onway, que si bien se acerca a los requerimientos planteados no los cubre en su totalidad.

En cuanto a los costos, el servicio de Entel Ocean Onway tiene un costo mensual de 0,57 UF por vehículo a monitorear en su plan básico, que sólo incluye rastreo satelital como se ve en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Oportunidad calculada en una fanera minera del norte de Chile considerando un contrato a tres años.

<b>Equipos/dispositivos a rastrear</b>	<b>Meses del contrato</b>	<b>UF del plan Expert por Equipo/Dispositivo</b>	<b>TOTAL</b>
500	36	0,57	10.260 UF

Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la página web de Entel Ocean

A la oportunidad económica anterior, se le debe agregar la eventual contratación de servicios de análisis de datos, los cuales también se pagan por Equipo/dispositivo suscrito como se ve en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Costo suscripción para la contratación de servicios de análisis de datos por tres años utilizando como referencia los precios de Entel Ocean Oneway.

Equipos/dispositivos a rastrear	Meses del contrato	Analítica Avanzada Expert	TOTAL
1.300	36	0,1	4.680 UF

Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la página web de Entel Ocean

Además, como los equipos deben tener mantención, se debe considerar el precio de las mantenciones; como se observa en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Costos de mantención de los servicios y dispositivos arrendados por tres años

Equipos/dispositivos a rastrear	Meses del contrato	Mantenimiento avanzado Expert	TOTAL
1.300	36	0,1	4.680 UF

Fuente: Elaboración propia en base a los valores de la página web de Entel Ocean

Finalmente, sumando los valores expuestos por los servicios contratados se obtiene un TOTAL de 36.036 UF para un contrato de tres años de servicio, el cual consta de rastreo con GPS y telemetría a 500 camiones, analítica avanzada y mantenimiento a los dispositivos instalados en los equipos y plataforma contratada para esos dispositivos.

#### 1.4.2 Alternativa 2: Implementar los requerimientos planteados con recursos internos de las empresas.

Si una empresa desea implementar su propio sistema de monitoreo y gestión de flota sin depender de un servicio externo, es importante considerar varios aspectos clave para garantizar el éxito de la implementación y el funcionamiento eficiente del sistema. Aquí hay algunas recomendaciones para guiar el proceso:

- ✓ *Requisitos y objetivos claros:* Definir claramente los requisitos y objetivos del sistema de monitoreo y gestión de flota es fundamental. La empresa debe identificar qué información específica necesita recopilar, qué aspectos de la operación desea optimizar y qué beneficios espera obtener del sistema.

- ✓ *Selección de tecnología:* Investigar y elegir las tecnologías y dispositivos adecuados para el sistema. Esto podría incluir GPS y sensores de telemetría para monitorear la ubicación, rendimiento y estado de los camiones. Asegúrate de que los dispositivos sean compatibles con los vehículos y cumplan con los requisitos de precisión y durabilidad necesarios para el entorno minero.
- ✓ *Infraestructura de comunicación:* Asegurarse de contar con una infraestructura de comunicación confiable para transmitir los datos desde los dispositivos en los camiones hasta el centro de monitoreo. Esto podría ser a través de redes móviles, WiFi, o incluso redes satelitales, dependiendo de la ubicación y la disponibilidad de cobertura.
- ✓ *Centro de monitoreo y software:* Establecer un centro de monitoreo desde donde se analizarán los datos y se tomarán decisiones informadas. Seleccionar o desarrollar un software de gestión de flota que permita visualizar y analizar los datos recopilados de manera eficiente y efectiva.
- ✓ *Capacitación del personal:* Asegurarse de que el personal que utilizará el sistema esté debidamente capacitado en su uso y en la interpretación de los datos. La capacitación adecuada garantizará que el sistema se utilice de manera óptima para lograr los objetivos establecidos.
- ✓ *Seguridad de datos:* Considerar la seguridad de los datos recopilados y transmitidos. Implementar medidas para proteger la información sensible y garantizar que solo las personas autorizadas tengan acceso a los datos.
- ✓ *Integración con otros sistemas:* Si la empresa ya utiliza otros sistemas, como sistemas de gestión de mantenimiento o planificación, asegurarse de que el sistema de monitoreo y gestión de flota pueda integrarse con ellos para una operación más holística y sin problemas.
- ✓ *Pruebas y ajustes:* Antes de implementar el sistema a gran escala, se deben realizar pruebas piloto en un entorno controlado para identificar posibles problemas y

realizar ajustes necesarios. Esto permitirá refinar la solución antes de su implementación completa.

- ✓ *Seguimiento y mejora continua:* Una vez implementado, se debe realizar un seguimiento continuo del rendimiento del sistema y analizar los resultados obtenidos. Esto permitirá identificar áreas de mejora y optimizar el sistema con el tiempo.

Al cumplir estos requisitos y recomendaciones y tener en cuenta los aspectos mencionados, la empresa estará preparada para implementar y operar con éxito su propio sistema de monitoreo y gestión de flota, lo que les permitirá optimizar sus operaciones mineras y reducir los costos de manera efectiva. Para ello se considera la incorporación y/o compra de todos los implementos necesarios para el desarrollo y la implementación de un sistema de control de flota, además de la designación de un equipo de trabajo para la realización de este.

Esta alternativa implica altos costos de implementación, esfuerzo en levantamiento de requerimientos y especificaciones de desarrollo de la solución, mano de obra especializada para abordar el desarrollo y conocimiento que no se posee, dado el negocio de la empresa no sería la gestión de flotas ni la recopilación de información desde los vehículos y ese conocimiento debe ser interiorizado. Esto hace que la alternativa sea costosa en tiempo y dificultad, no sólo en capital. Se estima que a lo menos se requiere un período de desarrollo de entre 6 y 8 meses en desarrollo, más unos 3 meses de marcha blanca y ajustes, por lo que fácilmente un proyecto de esta envergadura puede requerir un año de dedicación antes que esté completamente operativo y en condiciones de entregar información confiable para realizar análisis y gestión.

#### 1.4.3 Alternativa 3: Servicio desarrollado a medida para la industria minera para el Monitoreo y Seguimiento de Flota de camiones.

Se soluciona el problema específico de las mineras, considerando contexto e implicancias del trabajo en faena (poca señal, intermitencia, lentitud, etc.)

La solución considera un módulo de hardware que sea capaz de obtener los datos de telemetría del vehículo en tiempo real, obtener sus coordenadas GPS y enviar esos datos recopilados a una base de datos en la nube. Luego, una aplicación compuesta por diversos módulos procesa los datos y la presentan para análisis y seguimiento. Sus principales componentes son:

- **Módulo de telemetría, GPS y comunicación.**

Este módulo rescata la información de telemetría de los camiones, captura las coordenadas de geolocalización de los camiones y la envía a una base de datos de nube. Este componente debe ser capaz de conectarse a los instrumentos del camión para obtener datos de funcionamiento y operación, para en tiempo real enviar esa información a la nube, junto con los datos de geolocalización mediante comunicación por WiFi por las distintas redes presentes en faena o por redes 4G/5G LTE, discriminando automáticamente porque red comunicarse. También, en caso de falta de comunicación, este módulo es capaz de almacenar los datos internamente hasta encontrar conexión con su servidor.

- **Módulo Back End**

Este módulo contempla la plataforma de nube que debe sostener el servicio, que en este caso es Microsoft Azure IoT y sus servicios asociados. Los datos transmitidos por los dispositivos IoT serán recibidos y almacenados en una base de datos en la nube, como Azure SQL. Aquí, los datos serán procesados, analizados y transformados en información útil. Los servicios de Azure como Azure Stream Analytics y Azure Machine Learning se utilizarán para analizar los datos en tiempo real y aplicar modelos de aprendizaje automático para predecir eventos, como posibles fallos de los vehículos. Además, Azure IoT Hub proporcionará la comunicación bidireccional con los dispositivos IoT.

En el back end también estarán desarrollados los procesos para analítica avanzada que disponibilizarán los datos preprocesados para análisis y visualización al front end.

- **Módulo Front End**

El front end de la solución será un portal web accesible para los usuarios. Aquí, los usuarios podrán ver los datos de telemetría de los vehículos, la ubicación en tiempo real de los camiones, recibir alertas sobre posibles problemas con los vehículos y tomar medidas adecuadas. También permitirá a los usuarios definir parámetros operativos y gestionar los datos recogidos. El portal web se construirá utilizando tecnologías web modernas y será diseñado para ser fácil de usar, proporcionando una visión clara y actualizada de la flota de camiones en todo momento. La seguridad será una prioridad, y se implementarán medidas para asegurar que los datos son accesibles solo para los usuarios autorizados.

Estos tres módulos trabajarán en conjunto para proporcionar una solución integral de gestión de flotas para camiones mineros, permitiendo un mayor control, eficiencia y seguridad en las operaciones de la flota. Aunque esta solución implica un tiempo de desarrollo e implementación para que se encuentre operativa, para las empresas clientes esto será transparente, ya que para ellas el servicio estará disponible desde su contratación.

## 1.5 ALTERNATIVA SELECCIONADA

### 1.5.1 Análisis alternativas de Solución

Con la intención de explicitar las implicancias de cada una de las alternativas de solución, se procede a realizar una evaluación individual y comparativa de cada una de ellas, como se puede ver en la Tabla 1-4.

- ✓ Contratar un Servicio Establecido

Tabla 1-4. Análisis cualitativo comparativo opción 1.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Solución empaquetada, contratar y usar	No se adapta completamente a requerimientos específicos de las empresas mineras

No requiere personal interno que administre la solución	La telemetría de los vehículos está limitada a indicadores básicos
Costo fijo por suscripción	Requiere contratar servicios por separado para acercarse a los requerimientos específicos (aumenta el costo)

Fuente: elaboración propia

- ✓ Implementar los requerimientos planteados con recursos internos de las empresas; en la Tabla 1-5.

Tabla 1-5. Análisis cualitativo comparativo opción 2.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Solución propia, completamente adaptada a las necesidades de la empresa	Altos costos de desarrollo y mantenimiento dado que implica costos iniciales significativos, como recursos humanos, infraestructura y licencias de software
Se puede ampliar la solución con nuevos requerimientos e integrar con sistemas propios de la empresa	El desarrollo de una solución completa de gestión de flotas y telemetría puede llevar tiempo considerable
Propiedad intelectual de la solución y absoluta confidencialidad de los datos	Se requiere de un equipo de desarrollo altamente calificado y experimentado en diversas tecnologías y disciplinas, como IoT, análisis de datos, desarrollo web y móvil, entre otros

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Servicio desarrollado a medida para la industria minera para el Monitoreo y Seguimiento de Flota de camiones.

Tabla 1-6. Análisis cualitativo comparativo opción 3.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Enfoque especializado, dado que, como empresa independiente que se enfoca	Al adquirir una solución de una empresa independiente, es posible que las

<p>exclusivamente en ofrecer esta solución de gestión de flotas y telemetría a empresas mineras, se puede desarrollar un producto altamente especializado y adaptado específicamente a las necesidades de esta industria.</p>	<p>empresas mineras no puedan personalizar la plataforma de acuerdo con sus necesidades y procesos internos de manera tan detallada como si lo desarrollaran internamente.</p>
<p>Experiencia y conocimiento del mercado, porque una empresa independiente que se especializa en esta solución puede contar con un equipo de expertos con amplia experiencia en el sector minero y en tecnologías relevantes, lo que permite ofrecer un enfoque más directo y efectivo para resolver los problemas específicos de las empresas mineras.</p>	<p>Al depender de una empresa externa para el servicio de gestión de flotas y telemetría, las empresas mineras pueden enfrentar cierta dependencia externa en términos de soporte técnico, actualizaciones y mantenimiento continuo.</p>
<p>Menores costos iniciales para las empresas mineras porque al adquirir el servicio de una empresa externa, pueden evitar los costos iniciales asociados con el desarrollo interno de la solución. Esto permite tener un mejor control de sus costos operativos y una solución específicamente diseñada para la esta industria.</p>	<p>La falta de control directo sobre la infraestructura puede generar preocupaciones en términos de seguridad y privacidad.</p>

Fuente: elaboración propia.

### 1.5.2 Evaluación de las Alternativas

Para evaluar las alternativas de solución y tomar una decisión informada se definen por una parte factores de comparación, Tabla 1-7, para contrastar las diferentes alternativas con su respectivo factor de ponderación, para luego confeccionar una matriz, Tabla 1-8, que resume los factores aplicados a las diferentes alternativas, permitiendo determinar rápidamente la alternativa que obtiene una mejor evaluación.

Tabla 1-7. Definición de factores de comparación y su ponderación.

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ponderación</b>
Impacto	Cómo afecta positivamente la solución a la auto gestión del patrimonio de las personas.	40%
Prioridad	Permite priorizar las alternativas de inversión.	10%
Coherencia	Entre el problema planteado y la solución propuesta.	30%
Innovación	Innovación de la solución propuesta.	20%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fuente: elaboración propia en base a criterios de evaluación del PMBOK.

Tabla 1-8. Aplicación factores de comparación sobre las alternativas de solución propuestas.

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>CRITERIO DE EVALUACION</b>				<b>TOTAL</b>
	<b>IMPACTO</b>	<b>PRIORIDAD</b>	<b>COHERENCIA</b>	<b>INNOVACIÓN</b>	
Alternativa 1	10%	2%	15%	5%	32%
Alternativa 2	15%	3%	15%	10%	43%
<b>Alternativa 3</b>	<b>25%</b>	<b>5%</b>	<b>20%</b>	<b>12%</b>	<b>62%</b>

Fuente: elaboración propia.

Definición de mecanismos de validación de propuestas:

Se escoge la alternativa 3: *Servicio desarrollado a medida para la industria minera para el Monitoreo y Seguimiento de Flota de camiones*, porque es una solución que satisface las necesidades de personalización de las mineras. Cumple con los requerimientos planteados. Al ser una solución basada en servicios de nube está garantizado el uptime de la plataforma, la capacidad de cómputo y la posibilidad de ajustar la demanda y sus costos de acuerdo a las necesidades de crecimiento natural o por situaciones estacionales. Se ofrece una alternativa que permite a las mineras contratar una solución especializada en sus requerimientos a un costo competitivo, desde los cuáles se puede generar valor y aumentar las oportunidades de reducción de costos y optimización de las labores de transporte en faenas mineras (transporte de mineral, agua, trabajadores, explosivos, equipos de asistencia a la minería subterránea y a rajo abierto, entre otras tareas).

## **1.6 OBJETIVOS Y PROPUESTA DE VALOR**

En el dinámico y desafiante entorno de la industria minera, la eficiencia operativa y la gestión precisa de los recursos son fundamentales para el éxito. La necesidad de optimizar la operación de flotas de camiones mineros se ha convertido en un objetivo primordial para las empresas en busca de mejorar su competitividad, reducir costos y garantizar la seguridad de sus operaciones.

### **1.6.1 Objetivo General**

Dada la problemática planteada, el objetivo general es diseñar una solución de IoT para la gestión de flotas mineras con el fin de mejorar la eficiencia operativa, la seguridad y la toma de decisiones a través de la recolección, análisis y visualización en tiempo real de datos de telemetría y geolocalización de los vehículos, en base al estándar OBD II, dispositivo GPS y de comunicaciones para monitorear los parámetros operacionales, funcionales y de ubicación de los vehículos mineros.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos son:

- ✓ Describir el contexto de la problemática

La gestión de flotas en la industria minera presenta varios desafíos únicos debido a su escala y a las condiciones difíciles y variables bajo las cuales operan.

- ✓ Seleccionar la instrumentación y/o dispositivos del proyecto

Para esta solución, los dispositivos IoT que se utilizarán son los dispositivos Freematics ONE+ Traccar Edition. Estos dispositivos se conectarán a los camiones mineros y recolectarán datos a través de la interfaz OBD-II (On-Board Diagnostics) de los vehículos.

- ✓ Diseñar el servicio de nube que almacena y procesa los datos de los camiones

El diseño de la plataforma en la nube de la solución estará basado en la plataforma Azure utilizando componentes trabajarán juntos para proporcionar una solución de gestión de

flotas completa y segura, capaz de recoger, procesar, analizar, visualizar y actuar sobre los datos de telemetría y geolocalización de los camiones mineros en tiempo real.

- ✓ Realizar estudio de los costos del proyecto

Hacer una estimación de costos para un proyecto de esta naturaleza requiere tener en cuenta una serie de factores, incluyendo el costo de los dispositivos IoT, el costo de la plataforma en la nube, el desarrollo y mantenimiento del software, y los costos operativos.

### 1.6.3 Propuesta de Valor

La propuesta de valor del servicio de gestión de flotas con telemetría y geo-referenciación radica en ofrecer a las empresas mineras una solución integral y avanzada para optimizar sus operaciones de camiones, impulsando la eficiencia, la seguridad y la rentabilidad. Esta propuesta se basa en la entrega de varios beneficios clave:

- ✓ Optimización Operativa: Esta solución permite una gestión más efectiva de la flota al proporcionar información en tiempo real sobre el rendimiento de los camiones y la ubicación precisa. Esto lleva a una mayor eficiencia en la asignación de rutas y recursos, así como a una reducción de tiempos de inactividad no planificados.
- ✓ Ahorro de Costos: Al analizar datos de telemetría y geo-referenciación, la solución identifica oportunidades para reducir el consumo de combustible, minimizar el desgaste de componentes y prevenir costosas averías mediante el mantenimiento predictivo. Estos ahorros contribuyen directamente a la rentabilidad de las operaciones mineras.
- ✓ Toma de Decisiones Informada: La plataforma brinda información en tiempo real sobre la flota, permitiendo que los tomadores de decisiones tomen medidas basadas en datos precisos y actuales. Esto conduce a decisiones más acertadas en términos de asignación de recursos, planificación de rutas y mantenimiento.
- ✓ Mejora de la Seguridad: La solución proporciona alertas en tiempo real sobre comportamientos de conducción riesgosos y desviaciones no autorizadas. Esto contribuye a un entorno más seguro para los conductores y otros trabajadores, reduciendo los riesgos y la probabilidad de accidentes.

- ✓ **Mantenimiento Predictivo:** La solución permite la identificación temprana de problemas en los camiones mediante análisis avanzados de datos. Esto se traduce en una reducción significativa de tiempos de inactividad no planificados y en la prolongación de la vida útil de los vehículos.
- ✓ **Escalabilidad y Adaptabilidad:** Esta plataforma está diseñada para crecer junto con las operaciones mineras. A medida que la flota se expande, la solución puede adaptarse y continuar ofreciendo sus beneficios sin comprometer el rendimiento.
- ✓ **Facilidad de Uso:** Se considera la experiencia del usuario, por lo tanto el diseño de la interfaz es intuitiva y fácil de usar, permite que incluso los usuarios con poca experiencia técnica puedan aprovechar al máximo todas las capacidades de la solución, garantizando una adopción efectiva.

En resumen, la propuesta de valor de este servicio de gestión de flotas con telemetría y geo-referenciación radica en la capacidad de mejorar la eficiencia, reducir costos operativos, proporcionar toma de decisiones informada y mejorar la seguridad en las operaciones mineras. La solución está diseñada para agregar un valor significativo al optimizar los recursos, aumentar la productividad y maximizar la rentabilidad de las empresas mineras.

**CAPÍTULO 2: FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN**

## **2. FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN**

En un mundo donde la tecnología evoluciona constantemente, el aprovechamiento de soluciones tecnológicas avanzadas se ha convertido en un pilar fundamental para el éxito y la eficiencia en diversas industrias. En este contexto, se presenta una solución innovadora de gestión de flotas que combina telemetría y geo-referenciación para revolucionar la forma en que se administra y optimiza la operación de camiones mineros.

### **2.1 SOLUCIÓN DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA**

El propósito de este proyecto es diseñar una solución que permita hacer gestión sobre los datos de telemetría básicos de un camión minero, como lo son datos de velocidad, consumo de combustible, temperatura del motor, presión de neumáticos, etc.), además de hacer un seguimiento a las rutas y trayectoria del camión mediante la captura de sus coordenadas georreferenciales y así tener un monitoreo continuo – sin caídas ni interrupciones del servicio – del vehículo.

Esta solución necesita recoger y almacenar estos datos y enviarlos un sistema Back-End basado en una plataforma de nube para su almacenamiento y procesamiento en tiempo real, para que finalmente, a través de una capa Front End se pueda analizar y visualizar dichos datos para hacer gestión sobre la flota de vehículos y reducir costos de operación, realizar mantenciones preventivas basadas en datos y disminuir los tiempos de inoperancia de estos vehículos por fallas no previstas.

#### **2.1.1 Diagrama de bloques de la solución**

A nivel conceptual la solución de monitoreo y gestión de flota de camiones mineros utilizando tecnologías de Internet de las cosas (IoT) y análisis de datos es la siguiente:

La solución de monitoreo y gestión de flota de camiones mineros es un sistema integral basado en tecnologías de Internet de las cosas (IoT), dispositivos GPS y de

comunicaciones, además de análisis de datos, diseñado para optimizar las operaciones mineras, reducir costos y mejorar la eficiencia. Esta solución permite a las empresas mineras recopilar, analizar y visualizar datos en tiempo real sobre la telemetría y la ubicación de sus camiones para tomar decisiones informadas y estratégicas.

**Componentes clave de la solución:**

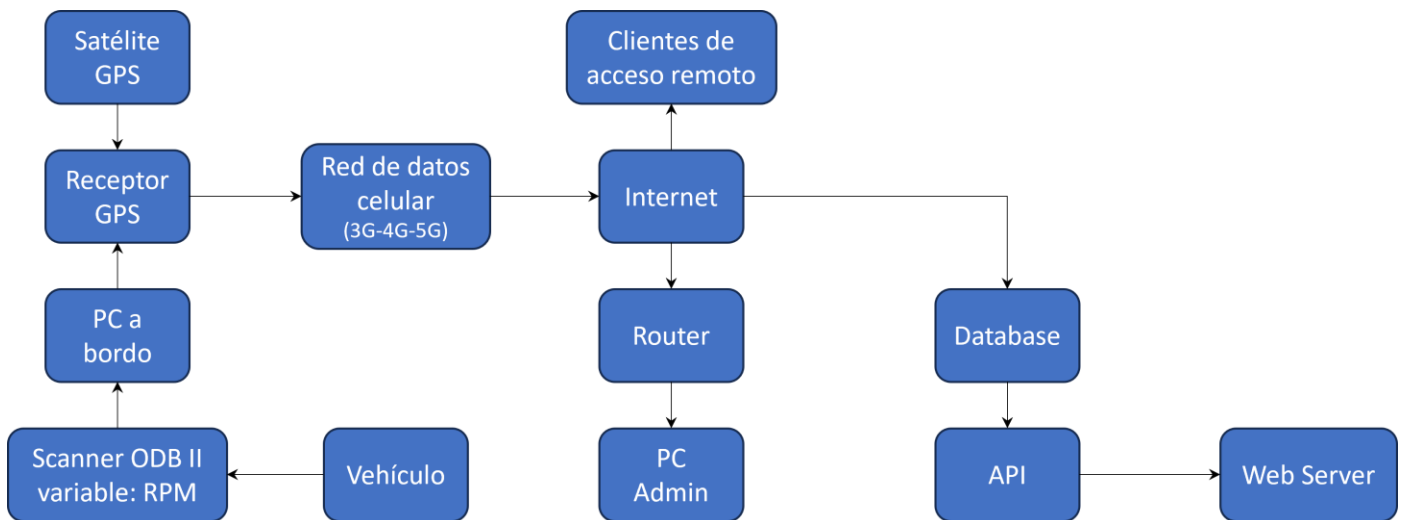
- ✓ Dispositivos IoT en los camiones: Cada camión minero está equipado con un dispositivo IoT que incluye sensores de telemetría y un receptor GPS. Estos dispositivos recopilan datos sobre el rendimiento del camión, como la velocidad, el consumo de combustible, la temperatura y el estado de los componentes.
- ✓ Comunicación y conectividad: Los dispositivos IoT envían los datos recopilados a través de una red de comunicación segura a un punto central en la nube, donde se almacenan y procesan.
- ✓ Plataforma de análisis de datos: En la nube, una plataforma de análisis de datos procesa y analiza los datos recibidos de los camiones. Aquí se aplican algoritmos y modelos de análisis para identificar patrones, tendencias y anomalías en el rendimiento de los camiones.
- ✓ Almacenamiento y gestión de datos: Los datos procesados se almacenan en una base de datos centralizada que permite el acceso y la consulta eficiente de la información. También se pueden utilizar técnicas de almacenamiento en caché para mantener los datos en memoria para un acceso más rápido.
- ✓ Visualización y reportes: La información procesada se presenta a los operadores y gerentes a través de paneles de visualización y reportes interactivos. Estas interfaces muestran datos en tiempo real y ofrecen información detallada sobre la ubicación de los camiones, su rendimiento y el cumplimiento de las rutas planificadas.
- ✓ Alertas y notificaciones: La solución puede incluir la configuración de alertas y notificaciones automatizadas que informen a los operadores y gerentes sobre eventos críticos o desviaciones significativas en el rendimiento de los camiones.
- ✓ Integración con sistemas existentes: La solución puede integrarse con otros sistemas utilizados en la operación minera, como sistemas de gestión de mantenimiento,

planificación y logística, para una visión holística y una toma de decisiones más informada.

#### Beneficios de la solución:

- ✓ Optimización de rutas y consumo de combustible.
- ✓ Reducción de costos operativos y tiempos de detención.
- ✓ Mantenimiento preventivo y reducción de fallas.
- ✓ Toma de decisiones basada en datos en tiempo real.
- ✓ Mayor eficiencia y productividad en la operación minera.

En resumen, la solución de monitoreo y gestión de flota de camiones mineros basada en IoT y análisis de datos es una herramienta poderosa para mejorar la eficiencia y la rentabilidad en la industria minera, permitiendo un enfoque más proactivo y estratégico en la gestión de la flota de camiones.

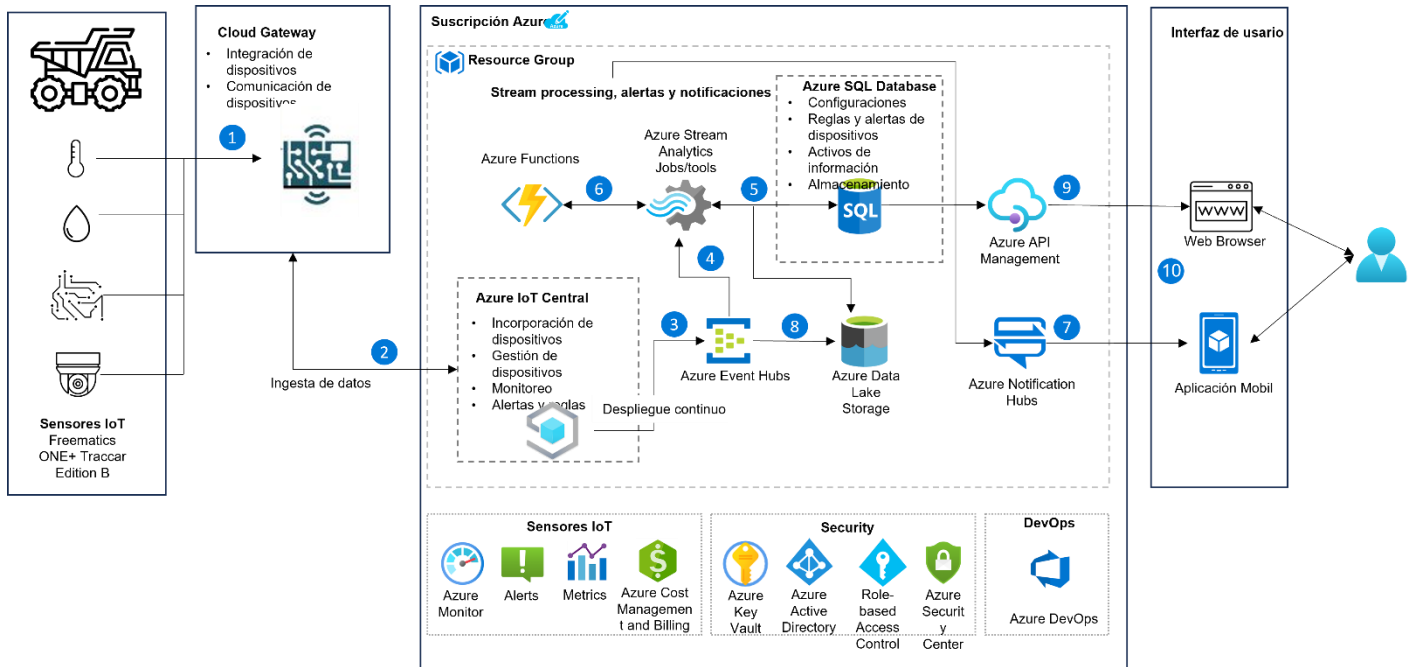


Fuente: elaboración propia.

Figura 2-1 Diagrama de bloques sistema de monitoreo

### 2.1.2 Diagrama de arquitectura

El diagrama de la Figura 2-2 refleja cómo se recopilan datos del dispositivo que se conecta al camión (Edge Device), y los servicios de nube asociados para receptionar y almacenas los datos (Location Service) y las consultas vía llamada de API.



Fuente: elaboración propia en base arquitectura Microsoft Azure.

Figura 2-2. Diagrama de Arquitectura de la Solución Propuesta

El diseño de esta solución está basado en los servicios de nube de Microsoft Azure y su plataforma para IoT (Internet de las Cosas)[4].

- 1. Integración con Freematics ONE+ Traccar Edition:** Se implementará una solución que recopile los datos del dispositivo de telemetría Freematics ONE+ Traccar Edition. Estos datos incluyen tanto información del camión, que se obtiene a través del estándar OBD II, como información geográfica, que se obtiene a través del GPS incorporado. Los datos serán enviados a través de la conexión 4G del dispositivo.
- 2. Azure IoT Central:** de IoT Hub será la pieza central de la solución. Los datos enviados por el dispositivo Freematics se transmitirán a Azure IoT Hub, que actúa como una puerta de enlace entre el dispositivo y el resto de la solución. IoT Hub proporciona

una forma segura y escalable de recibir estos datos y distribuirlos a otras partes de la solución.

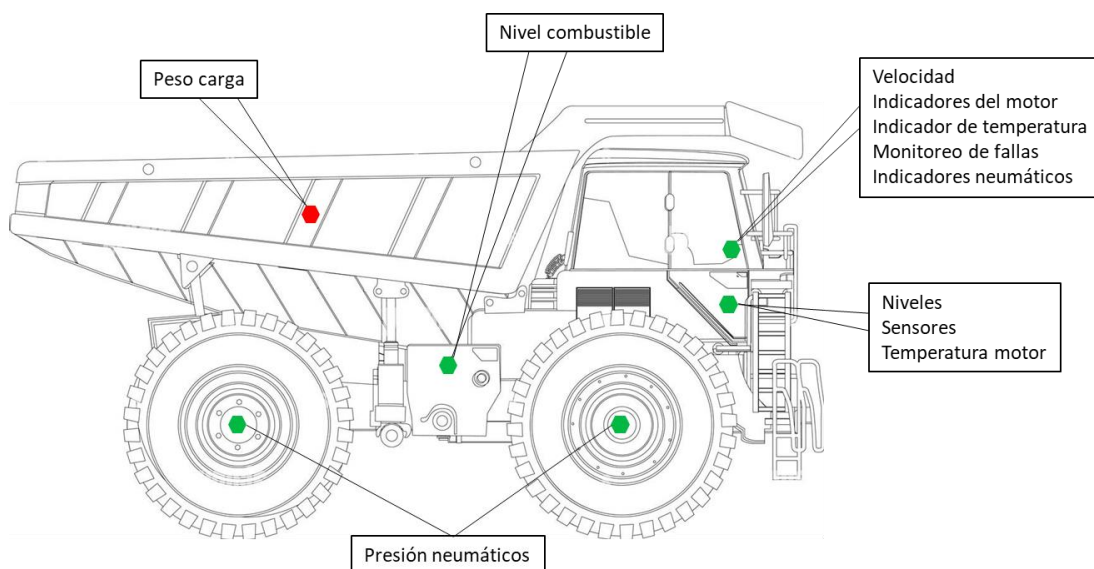
3. **Azure Event Hubs:** es un servicio de transmisión de eventos en tiempo real altamente escalable y de baja latencia, capaz de recibir e ingerir millones de eventos por segundo. Este componente distribuirá los datos recibidos a su procesamiento en tiempo real por Streaming y al área de almacenamiento.
4. **Azure Stream Analytics:** Esta herramienta permite el análisis en tiempo real de los datos de la telemetría y de la localización que fluyen desde IoT Hub. Se puede usar Stream Analytics para detectar patrones y tendencias en los datos a medida que llegan, lo que nos permite responder a ciertos eventos de manera más rápida e inteligente. Por ejemplo, se podría detectar cuando un camión está consumiendo combustible a un ritmo más elevado de lo normal y emitir una alerta o sugerir una inspección del vehículo.
5. **Azure SQL:** Actuará como base de datos principal. Los datos procesados por las Azure Functions se almacenarán aquí para su análisis y consulta. Azure SQL ofrece una alta disponibilidad, rendimiento y escalabilidad, lo que lo hace ideal para este tipo de aplicación.
6. **Azure Functions:** Las Azure Functions se utilizarán para procesar los datos que provienen del IoT Hub. Esto permitirá la transformación y enriquecimiento de los datos según sea necesario, así como la preparación de estos para ser almacenados.
7. **Azure Notification Hubs:** Es un servicio de notificaciones push escalable, altamente confiable y flexible que puede enviar notificaciones a cualquier plataforma (iOS, Android, Windows, etc.). Se utilizará para el envío de alertas críticas, avisos de mantenimiento, actualizaciones de estado y de acciones requeridas.
8. **Azure Data Lake:** Es un repositorio de almacenamiento de datos altamente escalable y seguro optimizado para análisis de big data. Tiene la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos estructurados y no estructurados provenientes de diversas fuentes. En el contexto de la solución de gestión de flotas

de camiones mineros se utilizará para el almacenamiento de los datos en bruto de telemetría y geolocalización e integración con herramientas de BI.

9. **Azure API Management:** Es un servicio que ayuda a los desarrolladores a crear, publicar, mantener, monitorizar y proteger APIs en cualquier escala. Este servicio es esencial para manejar el acceso y uso de los servicios back end en una arquitectura basada en la nube. Este componente se encarga del control de acceso, manejo de versiones, transformación de datos y caché de respuestas.
10. Finalmente, la capa de presentación al usuario, Front End, está compuesta por varios servicios Azure que se presenta a través de un portal web:
  - a. Microsoft Azure Maps: Azure Maps se utilizará para proporcionar visualizaciones geoespaciales de los datos del GPS. Esto permitirá un seguimiento en tiempo real de los camiones y su ubicación, además de la posibilidad de históricos y análisis de rutas.
  - b. Power BI: Para la visualización y análisis de los datos, se utilizará Power BI, que permitirá crear paneles de control interactivos y detallados que permiten a los usuarios entender y explorar los datos. También permitirá la creación de informes y análisis más profundos cuando sea necesario.
  - c. Alertas y notificaciones: Es posible implementar un sistema de alertas y notificaciones basado en Logic Apps o Azure Monitor, que permitirá detectar condiciones anómalas o problemáticas, como camiones que se desvían de una ruta, condiciones de mal funcionamiento de los vehículos, entre otros, y notificar al personal correspondiente de manera oportuna.

En cuanto a la telemetría que se obtendrá del camión se medirán las variables del vehículo que se puedan obtener gracias al estándar OBD-II, como se ve en la Figura 2-3.

### Sensores que tiene un camión minero (\*)



(\*) Pueden variar dependiendo de la marca, modelo y año de fabricación del camión.

Posición GPS (sólo camiones nuevos)	Aceleración y Orientación (IMU)	Velocidad	Temperatura
Presión de Neumáticos	Combustible	Frenado	Carga
Desgaste y Mantenimiento	Visión	Nivel de Agua	Calidad del Aire
Humedad	Vibración	Sonido	Distancia
Luz	Presencia de Objetos	Presión Hidráulica	Emisiones

Fuente: elaboración propia. Basado en manual del camión minero Finning 795F AC

Figura 2-3. Sensores que posee un camión minero

El dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition es un dispositivo OBD-II que se conecta a la interfaz OBD de un vehículo para obtener información de telemetría en tiempo real. Los datos exactos que se pueden obtener están sujetos a variaciones, que dependen de las capacidades del vehículo, pero a menudo incluyen:

- ✓ Datos de Diagnóstico del Motor: El dispositivo puede recopilar varios indicadores de rendimiento del motor, incluyendo la velocidad del motor (RPM), la carga del motor, la temperatura del refrigerante, y el estado del sistema de control de emisiones.
- ✓ Información de Conducción: Esto puede incluir la velocidad del vehículo, la aceleración, y el uso del freno. Algunos dispositivos también pueden recopilar información sobre el ángulo de dirección y la fuerza G.

- ✓ Datos de Combustible: Esto puede incluir el consumo de combustible en tiempo real, el nivel de combustible en el tanque, y la eficiencia del combustible.
- ✓ Códigos de Problemas de Diagnóstico DTC: Si el vehículo detecta un problema, el dispositivo puede leer el código de problema de diagnóstico correspondiente. Esto puede ayudar a identificar problemas mecánicos o eléctricos.
- ✓ Datos de Geolocalización: El dispositivo también incluye un módulo GPS, lo que significa que puede recopilar datos de geolocalización. Esto puede permitir un seguimiento en tiempo real de la ubicación del vehículo.
- ✓ Datos de Comunicación 4G: El dispositivo tiene un módulo 4G integrado, lo que permite la transmisión de los datos recopilados a través de Internet a un servidor remoto.

Todos estos datos pueden ser recopilados, transmitidos y analizados en tiempo real, proporcionando un panorama completo del rendimiento del vehículo y de su estado operativo. Esto puede ser particularmente útil para una flota de camiones mineros, donde el mantenimiento preventivo y la eficiencia operativa son cruciales.

El funcionamiento de la solución de monitoreo y gestión de flota de camiones mineros implementada sobre la plataforma Azure está dada por:

- ✓ **Dispositivos IoT en los camiones:** Cada camión minero está equipado con un dispositivo IoT que recopila datos de telemetría y posicionamiento a través de distintos tipos de sensores que el camión posee, estos variarían en cantidad y precisión dependiendo del modelo y año de fabricación del camión, entre los más comunes podemos destacar:
  - Sensor de Posición GPS: Proporciona información precisa sobre la ubicación del camión en tiempo real. Este sensor es esencial para el seguimiento de la flota, la optimización de rutas y la geo-referenciación de datos.
  - Sensores de Aceleración y Orientación (IMU): Los sensores inerciales miden la aceleración y la orientación del camión en el espacio. Estos datos son útiles

para monitorear la inclinación del vehículo, la aceleración y la deceleración, lo que puede ayudar en la seguridad y el rendimiento en terrenos irregulares.

- Sensor de Velocidad: Mide la velocidad del camión y es fundamental para el monitoreo del rendimiento, la seguridad y el cumplimiento de los límites de velocidad.
- Sensor de Temperatura: Controla la temperatura de diferentes componentes del camión, como el motor, la transmisión y los frenos. Los datos de temperatura ayudan a prevenir el sobrecalentamiento y el desgaste excesivo.
- Sensores de Presión de Neumáticos: Monitorean la presión de los neumáticos en tiempo real para prevenir accidentes y mejorar la eficiencia del combustible.
- Sensor de Combustible: Mide el nivel de combustible en el tanque y proporciona datos cruciales para el monitoreo del consumo de combustible y la eficiencia operativa.
- Sensor de Frenado: Detecta la aplicación de los frenos y proporciona información sobre la frenada, lo que es importante para la seguridad y la operación controlada del camión.
- Sensores de Carga: Algunos camiones mineros cuentan con sensores de carga que miden el peso de la carga transportada. Esto es fundamental para evitar sobrecargas y asegurar la seguridad en la operación.
- Sensores de Desgaste y Mantenimiento: Estos sensores pueden monitorear el estado de diferentes componentes del camión, como frenos, aceite, filtros, etc. Esto permite programar el mantenimiento preventivo y evitar fallas inesperadas.
- Cámaras y Sensores de Visión: Algunos camiones mineros cuentan con sistemas de cámaras y sensores de proximidad que ayudan al conductor a maniobrar con seguridad y a detectar obstáculos cercanos.

- Sensor de Nivel de Agua: Mide el nivel de agua en tanques de almacenamiento, lo cual es importante para el enfriamiento y otros sistemas hidráulicos.
- Sensor de Calidad del Aire: Monitorea la calidad del aire alrededor del camión, detectando sustancias nocivas y emisiones para garantizar un entorno de trabajo seguro.
- Sensor de Humedad: Mide la humedad del aire o de componentes internos del camión, lo cual puede ser relevante para prevenir la corrosión y otros problemas relacionados con la humedad.
- Sensores de Vibración: Detectan vibraciones en diferentes partes del camión, lo que puede indicar problemas mecánicos o de desgaste en componentes.
- Sensores de Sonido: Monitorean los niveles de ruido en la cabina y en los alrededores para garantizar un entorno de trabajo seguro y cómodo para el conductor.
- Sensor de Luz: Puede detectar los niveles de luz ambiental y ajustar automáticamente las luces del camión según las condiciones de iluminación.
- Sensor de Distancia: Algunos camiones mineros pueden estar equipados con sensores ultrasónicos que miden la distancia entre el camión y otros objetos cercanos, ayudando en maniobras y previniendo colisiones.
- Sensor de Presencia de Objetos: Detecta la presencia de objetos o personas en áreas cercanas al camión, lo cual es crucial para evitar accidentes en entornos de trabajo con alta actividad.
- Sensor de Presión Hidráulica: Monitorea la presión de los sistemas hidráulicos del camión, ayudando a controlar y optimizar su funcionamiento.
- Sensores de Emisiones: En camiones que funcionan con combustibles fósiles, los sensores de emisiones pueden monitorear los niveles de gases de escape y asegurar que cumplan con las normativas ambientales.

Estos dispositivos recopilan la información que entregan los sensores a través del estándar de conectividad OBD-II, y al estar conectados a la red envían los datos a la plataforma de Azure de manera segura.

- ✓ **Azure IoT Hub:** Los datos generados por los dispositivos IoT de los camiones son enviados al Azure IoT Hub. El IoT Hub actúa como un punto de entrada seguro y escalable para recibir y administrar la ingesta masiva de datos desde los camiones.
- ✓ **Procesamiento de datos en tiempo real:** Azure Stream Analytics procesa los datos en tiempo real mientras ingresan al IoT Hub. Aquí se aplican transformaciones, filtros y análisis iniciales para identificar eventos o patrones relevantes en tiempo real.
- ✓ **Almacenamiento de datos:** Los datos procesados en tiempo real se almacenan en una base de datos de Azure, como Azure SQL Database o Azure Cosmos DB. Estos Data Warehouse permiten guardar, consultar y analizar datos históricos y en tiempo real de manera eficiente.
- ✓ **Análisis y modelado de datos:** Azure Machine Learning y Azure Data Factory se utilizan para realizar análisis más avanzados y construir modelos predictivos. Estos modelos pueden predecir el rendimiento futuro de los camiones, identificar posibles fallos y optimizar rutas.
- ✓ **Visualización y reportes:** Power BI se conecta a la base de datos de Azure y crea paneles de visualización y reportes interactivos. Estos paneles permiten a los operadores y gerentes ver en tiempo real el rendimiento de los camiones, la ubicación, el consumo de combustible, el estado del motor y más. También pueden acceder a informes históricos y tendencias para tomar decisiones estratégicas informadas.
- ✓ **Alertas y notificaciones:** Azure Functions puede configurarse para generar alertas y notificaciones automáticas en caso de eventos críticos o desviaciones significativas en el rendimiento de los camiones. Esto permite una respuesta rápida ante situaciones que requieran atención inmediata.

- ✓ **Seguridad y gestión de dispositivos:** Azure IoT Hub proporciona funcionalidades de seguridad y gestión de dispositivos, permitiendo la autenticación, autorización y administración de los dispositivos conectados.
- ✓ **Escalabilidad y monitoreo:** La solución se despliega en una infraestructura escalable de Azure, lo que permite manejar grandes flotas de camiones y un alto volumen de datos. Azure Monitor se utiliza para supervisar la salud y el rendimiento de los servicios y recursos de Azure.

En suma, la solución implementada en Azure permite recopilar, procesar, almacenar y analizar datos de telemetría y posicionamiento de camiones mineros en tiempo real. Los datos se utilizan para optimizar rutas, reducir costos, realizar mantenimiento preventivo, tomar decisiones informadas y mejorar la eficiencia en la operación minera. La integración de servicios de Azure garantiza la seguridad, escalabilidad y disponibilidad del sistema.

Ahora bien, la elección de la plataforma en la nube ya sea Azure, AWS (Amazon Web Services) o GCP (Google Cloud Platform), depende de diversos factores y necesidades específicas de cada proyecto. Cada una de estas plataformas tiene sus ventajas y desventajas, y la elección se hace considerando las características particulares del proyecto, considerando:

- ✓ **Integración con tecnologías Microsoft:** La gran mayoría de las pequeñas y medianas empresas de minaría ya utiliza tecnologías y productos de Microsoft, como Windows Server, SQL Server o Active Directory, por lo que Azure es una elección natural, ya que está altamente integrado con estas tecnologías, lo que facilita la migración y el despliegue.
- ✓ **Flexibilidad y facilidad de uso:** Azure ofrece una interfaz de usuario intuitiva y una amplia gama de servicios administrados que facilitan el despliegue y la administración de aplicaciones y servicios en la nube. En particular los servicios de IoT son muy robustos y tienen una amplia oferta servicios integrados, por su parte AWS también cuenta una gran variedad de servicios para IoT, en contraste, CGP dio

de baja sus servicios de IoT a finales del 2022 y sólo prestará soporte a las soluciones ya implementadas por un período de 10 años.

- ✓ **Servicios de inteligencia artificial y aprendizaje automático:** Azure cuenta con servicios avanzados de inteligencia artificial y aprendizaje automático, como Azure Machine Learning, que permiten a las empresas construir e implementar soluciones de IA de manera más sencilla.
- ✓ **Amplia red de centros de datos:** Azure tiene una extensa red global de centros de datos, lo que permite a las empresas alojar sus servicios cerca de sus usuarios para mejorar la latencia y la experiencia del usuario. Este punto es relevante si se considera que esta solución pueda ser vendida e implementada en otras latitudes.
- ✓ **Integración con el ecosistema Microsoft:** Azure ofrece una amplia gama de servicios y herramientas que se integran fácilmente con otras soluciones de Microsoft, como Office 365 y Dynamics 365, lo que permite una experiencia más unificada para los usuarios que ya utilizan productos de Microsoft.
- ✓ **Soporte empresarial:** Microsoft cuenta con un sólido historial de soporte y servicio al cliente para empresas, lo que puede ser un factor importante considerando que esta solución de nube debe estar disponible continuamente sin interrupciones en sus operaciones.

### 2.1.2 Recursos necesarios

Para desarrollar la solución se requiere en primer lugar un dispositivo que capture métricas de control del camión, para ello, los vehículos de maquinaria pesada, y actualmente la mayoría de los vehículos nuevos de propósito general, cumplen con el estándar OSB II (On Boarding Diagnostic) que entregan un control y monitoreo completo del motor y otros dispositivos e indicadores que posee el vehículo, como son revoluciones, consumo de combustible, presión de neumáticos, etc.

OBD II es la segunda generación del sistema de diagnóstico a bordo. Entrega información del nivel de las emisiones, detecta fallos eléctricos, químicos y mecánicos que pueden afectar al nivel de emisiones del vehículo.

El sistema verifica el estado de todos los sensores involucrados en las emisiones, como por ejemplo la inyección o la entrada de aire al motor. Cuando algo falla, el sistema se encarga automáticamente de informar al conductor encendiendo una luz indicadora de fallo (Malfunction Indication Lamp (MIL), también conocida como Check Engine o Service Engine Soon).

Para ofrecer la máxima información posible, guarda un registro del fallo y las condiciones en que ocurrió. Cada fallo tiene un código asignado. Permite la monitorización en tiempo real de códigos de error y diversos parámetros directamente del motor, tales como: las revoluciones del motor, el consumo de combustible en tiempo real, la temperatura del aceite, entre muchos otros parámetros dependiendo del modelo.

A través de la interfaz es posible inferir los parámetros generales de conducción.

Por otra parte, se requiere un módulo GPS que capture las coordenadas de posicionamiento del camión para lograr la trazabilidad de su trayectoria y un módulo de comunicaciones que envíe toda la información capturada tanto de las métricas del camión como las de posicionamiento a un servicio de almacenamiento de nube: Azure IoT.

Finalmente, tomando como base la plataforma y servicios de Microsoft Azure se desarrolla un sistema de monitoreo y gestión de alertas sobre la información recabada por cada camión al que se le haga seguimiento.

#### 2.1.2.1 Dispositivo de monitoreo

Este módulo recopila y presenta la información de los sensores, Tabla 2-1, a bordo del vehículo. Además, tiene capacidad para incorporar sensores externos y transmitir esos datos vía WiFi y/o redes 4G/5G.

El dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition B[5], posee un módulo de conexión OBD II, el cual permite mediante una conexión por cable, leer los datos de la unidad de cómputo de los vehículos y de la unidad de datos de los motores de los vehículos.

Se utilizarán los datos que proveen los sensores de Velocidad, Combustible y Revoluciones del Motor. Los datos capturados, son transmitidos desde Freematics ONE+ Traccar Edition, vía internet, con una conexión LTE que tiene el dispositivo hacia la base de datos.

Este módulo utiliza un dispositivo OBD II equipado con tecnología GPS, GSM y GPRS, que se conecta al puerto OBD-II del vehículo. Su finalidad es extraer y transmitir información a la plataforma utilizando la red celular. Se escoge el dispositivo porque es programable, ya que está basado en ESP32, y por ende, sigue estándares abiertos. A continuación, en la Tabla 2-1 y la Figura 2-4 se ven las especificaciones asociadas y una imagen del dispositivo respectivamente.

Tabla 2-1. Resumen de especificaciones técnicas del dispositivo Freematics.

Interfaz	ODB II estándar de 16 pines, Micro-USB Tarjeta SIM tipo Push-Push
Método de Posicionamiento	GPS, 66 canales, sensibilidad -165Bm, 5m de exactitud
Almacenamiento	2MB Flash, hasta 24,000 datos de almacenamiento GPS
Celular	GSM/GPRS: 850/900/1800/1900Mhz Protocolo de red: Pila TCP/IP integrada
Antenas	GPS Interno Celular Interno

Fuente: <https://freematics.com/pages/products/freematics-one-plus/>



Fuente: <https://freematics.com/pages/products/freematics-one-plus/>

Figura 2-4. Dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition

Las características técnicas son:

- SoC ESP32 de doble núcleo completamente programable (4MB de Flash).
- Comunicaciones WiFi y Bluetooth de alto rendimiento.
- Sensor de movimiento de 9 ejes para medición de fuerza G y detección de movimiento/orientación.
- Geolocalización GPS/GLONASS de alta tasa de actualización.
- Acceso a todos los PID estándar de OBD-II, DTC, VIN del ECU del vehículo.
- Captura de datos del bus CAN.

- Lectura del voltaje de la batería del coche.
- Almacenamiento de datos en flash interna o tarjeta microSD (hasta 64GB).
- Transmisión de datos en tiempo real a través de la red WiFi y de la red celular 4G (LTE CAT4).
- **Bluetooth:** Freematics ONE+ tiene incorporada una capacidad Bluetooth de doble modo y puede trabajar con la aplicación Freematics Controller App a través de BLE cuando se cargue el sketch de datalogger o telelogger.
- **Módulo celular:** El tipo de módulo celular será elegido para usted en base a su dirección de envío. Si se debe especificar un cierto tipo, por favor, deje un comentario en el pedido.
- **Tarjeta SIM:** La tarjeta SIM Hologram Global IoT se suministra opcionalmente con el kit. Necesita ser activada y tiene una pequeña cuota de datos mensual gratuita. Por favor, asegúrese de extraer el tamaño microSIM (segundo tamaño) e insertarlo en la dirección indicada a continuación. También es una opción traer su propia tarjeta SIM.
- **MicroSD:** Una tarjeta microSD de 32GB se suministra opcionalmente. Si se incluye, la tarjeta será insertada en el dispositivo durante el envío.
- **Módulo GPS:** El dispositivo incorpora un módulo GPS que permite tener la geolocalización del vehículo. En este caso, permite trazar las rutas y almacenar los recorridos por día, semana, mes o cualquier otro intervalo de tiempo.

#### 2.1.2.2 Plataforma de nube back end: Microsoft Azure IoT

Los datos capturados por el módulo de sensores son enviados a la plataforma de nube Azure IoT, mediante el servicio MQTT.

MQTT es un protocolo de mensajería basado en un conjunto de reglas que se utiliza para la comunicación de un equipo a otro. Los sensores inteligentes, los dispositivos portátiles y otros dispositivos de Internet de las cosas (IoT) generalmente tienen que transmitir y recibir datos a través de una red con recursos restringidos y un ancho de banda

limitado. Estos dispositivos IoT utilizan MQTT para la transmisión de datos, ya que resulta fácil de implementar y puede comunicar datos IoT de manera eficiente. MQTT admite la mensajería entre dispositivos a la nube y la nube al dispositivo.

Los servicios y componentes que se requieren para implementar la solución son los siguientes:

- **Azure IoT Hub:** Es una herramienta cloud para conectarse a dispositivos IoT, con una comunicación bidireccional. La seguridad está reforzada para enviar y recibir los datos recogidos por los sensores. La conexión se hace a través de redes virtuales para aumentar dicha seguridad. Los datos recibidos en IoT Hub son enviados al servicio Azure Storage para su almacenamiento y posterior análisis.
- **El dispositivo Freematics permanecerá dentro del vehículo:** Este dispositivo es responsable de capturar datos de telemetría del vehículo y de geolocalización (latitud, longitud y fecha/hora), y la transmisión a la nube utilizando Internet como medio físico, organizando los datos por medio del protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport – <https://mqtt.org/>).
- **Servicios Back End de la plataforma Azure IoT Central:**
  - ✓ Recibe la telemetría del dispositivo Freematics y determinar cómo procesar y almacenar los datos.
  - ✓ Analiza la telemetría para proporcionar información, ya sea en tiempo real o en procesamiento por lotes.
  - ✓ Envío de comandos desde la nube al dispositivo Freematics.
  - ✓ Aprovisionar, configurar y control los dispositivos que se conectan a la plataforma y forman parte de la infraestructura.
  - ✓ Controlar el estado los dispositivos y monitorear sus actividades.
  - ✓ Administrar el firmware instalado en los dispositivos.

IoT Central es una plataforma de aplicaciones de IoT como servicio (aPaaS) que permite la carga, desarrollo, administración y mantener soluciones de IoT. Permite conectar dispositivos rápidamente, monitorear las condiciones de los dispositivos, crear reglas y administrar los dispositivos y sus datos a lo largo de su ciclo de vida.

- **Front End, Autenticación y API:** Esta parte de la aplicación será responsable del Front End, es decir, la visualización del mapa a los usuarios finales y también la consulta de los puntos GPS (Tracking) capturados por el dispositivo Edge. Se Utiliza React JS integrado con Amplify para proporcionar funcionalidades de autenticación (Amazon Cognito) y REST API (Amazon API Gateway y Lambda) para la aplicación final.

Ahora bien, una descripción con más detalles técnicos sobre la integración entre los camiones mineros, el dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition y la plataforma Azure:

- ✓ Dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition: El dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition es un dispositivo IoT basado en Arduino, equipado con un módulo GPS (u-blox NEO-6M) y una serie de sensores configurables. Este dispositivo es capaz de recopilar datos de telemetría, como la velocidad del vehículo, el RPM del motor, la temperatura, la presión, el nivel de combustible y otros parámetros relevantes del camión.
- ✓ Comunicación y conectividad: El dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition se conecta a través de interfaces seriales (UART) a los sensores del camión para obtener los datos de telemetría. También utiliza el módulo GPS para obtener las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de la ubicación del camión.
- ✓ Firmware y configuración: El dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition se programa y se configura para que los datos de telemetría y GPS sean recopilados periódicamente. Se definen parámetros de configuración, como la frecuencia de captura de datos, el formato de los datos y las credenciales de autenticación para la conexión con la plataforma Azure.
- ✓ Conexión a Azure IoT Hub: Se establece una conexión segura entre el dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition y el Azure IoT Hub utilizando protocolos de comunicación seguros, como HTTPS o MQTT. Se implementa la autenticación basada en certificados o claves de acceso compartidas para garantizar la seguridad de la comunicación.
- ✓ Formato de datos y envío a Azure: Los datos de telemetría y las coordenadas GPS se encapsulan en un formato adecuado, como JSON o CSV, y se envían al Azure IoT Hub

en mensajes estructurados. Estos mensajes pueden contener información sobre el ID del camión, la marca de tiempo, las lecturas de los sensores y las coordenadas geográficas.

- ✓ Azure IoT Hub: Azure IoT Hub recibe los mensajes enviados por el dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition y los enruta a los servicios de Azure correspondientes para el procesamiento y almacenamiento posterior.
- ✓ Procesamiento y almacenamiento en Azure:
  - Los mensajes recibidos en el Azure IoT Hub son procesados en tiempo real utilizando Azure Stream Analytics. Aquí, se aplican filtros, transformaciones y análisis iniciales para identificar eventos o patrones relevantes en los datos de telemetría y GPS.
  - Los datos procesados se almacenan en una base de datos de Azure, como Azure SQL Database o Azure Cosmos DB, para su posterior consulta y análisis histórico.
- ✓ Integración con Power BI: La plataforma Azure está integrada con Power BI para la visualización y análisis de datos. Power BI se conecta a la base de datos de Azure y crea paneles de visualización y reportes interactivos para mostrar los datos de telemetría y posicionamiento en tiempo real y tendencias históricas.
- ✓ Seguridad y monitoreo:
  - Azure IoT Hub y la plataforma Azure en general implementan medidas de seguridad, como el uso de certificados y claves de acceso compartidas, para proteger la comunicación y los datos enviados por el dispositivo.
  - Azure Monitor se utiliza para monitorear el rendimiento y la disponibilidad de los servicios de Azure, lo que permite identificar y resolver problemas de manera proactiva.

Resumiendo, la integración técnica entre los camiones mineros, el dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition y la plataforma Azure implica una configuración detallada del dispositivo, la implementación de una comunicación segura con Azure IoT

Hub, el procesamiento en tiempo real de los datos de telemetría y GPS, y el almacenamiento en una base de datos de Azure para su posterior análisis y visualización a través de Power BI u otra herramienta de análisis y visualización de datos. Todo esto garantiza un monitoreo efectivo y una gestión inteligente de la flota de camiones mineros en tiempo real.

### 2.1.2.3 Aplicaciones front end

Front End, Autenticación y API son los componentes principales de esta parte de la solución, que será responsable de la visualización del mapa a los usuarios finales y también la consulta de los puntos GPS (Tracking) capturados por el dispositivo Edge. Se debe desarrollar un portal de administración en .Net integrado con Azure AD para proporcionar funcionalidades de autenticación, configuración y gestión de los datos, luego una API REST permitirá la interconectividad para que aplicaciones y servicios externos puedan disponer de los datos recabados y los análisis realizados.

- **Módulo de administración**

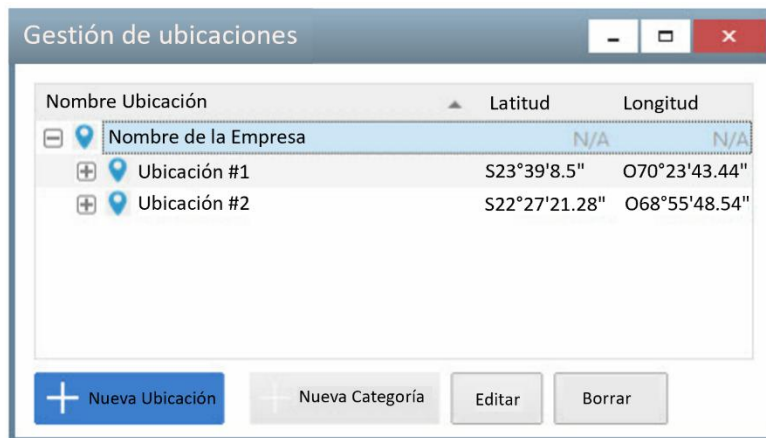
El módulo de administración permite configurar la plataforma; creación de usuarios, permisos, gestión de camiones, alertas y cualquier otro parámetro para el funcionamiento de la plataforma. La figura 2-5 muestra un mockup de la pantalla principal de configuración de los parámetros del vehículo a monitorear.



Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

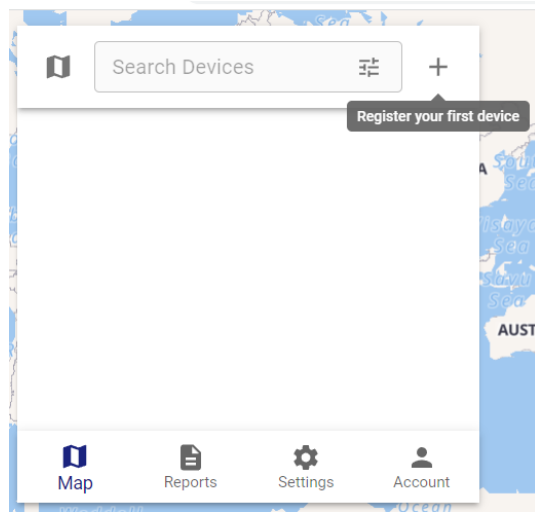
Figura 2-5. Configuración de parámetros del camión.

Este módulo está acompañado por un front-end para poder ingresar las configuraciones deseadas a la plataforma. La Figura 2-6 muestra la ventana entrada a la aplicación para revisar las ubicaciones de los vehículos asociados a cada empresa, y la figura 2-7 muestra una ventana que permite buscar vehículos para mostrar su ubicación en el mapa.



Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-6. Ventana de Gestión de ubicaciones de vehículos



Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-7. Pantalla para búsqueda de camiones y visualización de su posición

El módulo considera también registro de dispositivos mediante el uso de identificadores; números de serie e IMEIs de los módulos GSM que se conectan al vehículo. Esto permitirá tener mayor control en caso de reparaciones, fallos, robos y pérdidas, entre otras eventualidades. La Figura 2-8 muestra la ventana de la aplicación que permite registrar el número IMEI asociado al dispositivo FreeMatics que se instala en los camiones mineros.

Obligatorio ^

Nombre

Identificador

IMEI, número de serie u otra identificación. Debe coincidir con el identificador que el dispositivo comunica al servidor.

Extra v

Atributos v

Cancelar

Guardar

Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-8. Pantalla para el registro de número (IMEI) de las SIMCard

- **Módulo de procesamiento de datos**

Este módulo tiene dos funciones principales; la primera consiste en recibir los datos recolectados por el conjunto de dispositivos OBD residentes en los vehículos. La información es recibida en formato XML y JSON y es transformada para identificar la unidad que originó los datos, los cuales corresponden a parámetros de la geolocalización, el comportamiento de conducción y los códigos de error que se producen al operar un vehículo.

Por su parte el objetivo de la segunda función es preparar dichos datos para ser almacenados en la base de datos en un arreglo que optimice su recuperación.

- **Módulo de Alertas**

El módulo de alertas permite incorporar reglas personalizadas para la creación de alertas. Por ejemplo, si se detecta límites de velocidad, bajo combustible, temperatura del motor, presión de los neumáticos, etc.

Las alertas son configuraciones que se agregarán en el panel de monitoreo de los datos que recibe el servidor de base de datos.

En un panel, vista estratégica de los datos, se podrán configurar alertas para destacar o señalar valores que podrían ser considerados atípicos; las alertas se mostrarán como columnas agregadas a la tabla en pantalla.

Las variables consideradas para la creación de reglas serán las siguientes. Las reglas se activarán según umbrales definidos por una o más variables que alcancen dichos umbrales.

1. Combustible
2. Horas de conducción
3. Velocidad
4. Presión neumáticos
5. Temperatura neumáticos

Las alertas al ser personalizables quedan a criterio del cliente/usuario para gestionar las configuraciones que sean de su interés. Sin embargo, se enlistan las configuraciones sugeridas que pueden abarcar la mayoría de los escenarios generales de conducción:

1. Alerta de combustible bajo: Una alerta se podría generar si el nivel de combustible en el vehículo cae por debajo de un umbral definido, por ejemplo, 20% del tanque. Esta alerta puede ser útil para los conductores en viajes largos para recordarles que necesitan reabastecerse de combustible pronto.
2. Alerta de horas de conducción excesivas: Para evitar la fatiga del conductor, se podría establecer una alerta después de un cierto número de horas de conducción ininterrumpida, por ejemplo, después de 4 horas. También se podría implementar una alerta para las horas totales de conducción en un periodo de 24 horas, por ejemplo, si un conductor ha estado al volante por más de 10 horas en total en un solo día. Cabe notar que, en una primera etapa, esto sólo se controlará por el tiempo continuo de operación del camión mediante la fijación de umbrales de horas de funcionamiento. Para una segunda etapa se considera la instalación de cámaras en la cabina del camión para la detección de fatiga y distracción del conductor.
3. Alerta de velocidad excesiva: Si un vehículo supera un límite de velocidad establecido, se podría generar una alerta. El límite de velocidad puede variar dependiendo del tipo de carretera o zona en la que se encuentre el vehículo (autovías, zonas urbanas, zonas escolares, etc.).
4. Alerta de presión de neumáticos baja: Una alerta puede ser generada si la presión en uno o más neumáticos cae por debajo de un umbral establecido. Esto puede ser un indicador temprano de un posible problema con un neumático que podría ser peligroso si no se detecta.
5. Alerta de temperatura de neumáticos elevada: Si la temperatura de uno o más neumáticos supera un cierto umbral, se podría generar una alerta. Una temperatura de neumáticos anormalmente alta puede ser un signo de un

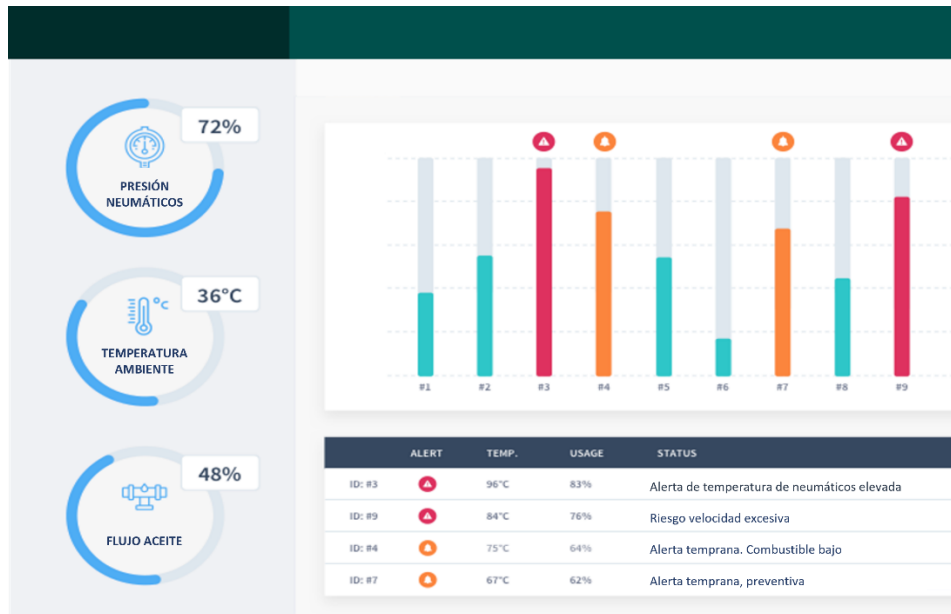
problema, como un frenado excesivo o un neumático que no está correctamente inflado.

A continuación, las Figuras 2-9 y 2-10 detallan un diseño aproximado de las pantallas para la visualización de alertas y los informes de estado.



Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-9. Informe de estado del vehículo



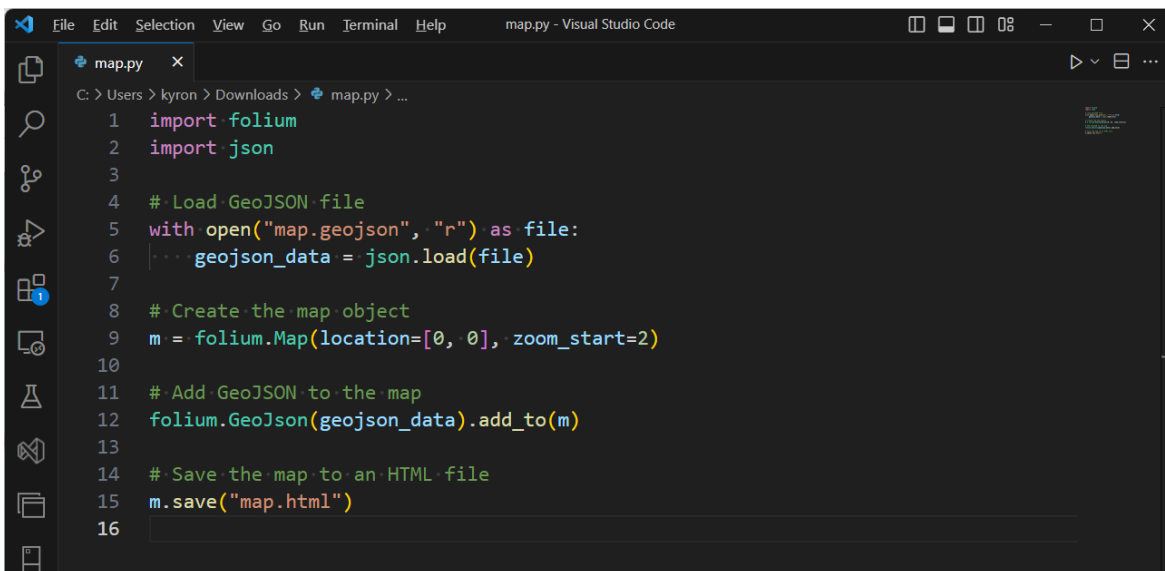
Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-10. Pantalla de gestión de alertas

- **Análítica avanzada, gestión y visualización de datos**

Este módulo permite al usuario gestionar y configurar los datos relacionados con el rastreo y monitoreo de vehículos, por ejemplo, registrar los vehículos, los dispositivos OBD, la configuración de eventos y alertas que el usuario requiera recibir, el trazo de rutas, subrutas y geocercas, entre otras.

La solución recopila los datos directamente desde el módulo GPS, por lo que genera una colección de coordenadas GPS en un intervalo determinado de tiempo. La Figura 2-11 muestra el código Python que permite mostrar el recorrido de un vehículo en un mapa.



```

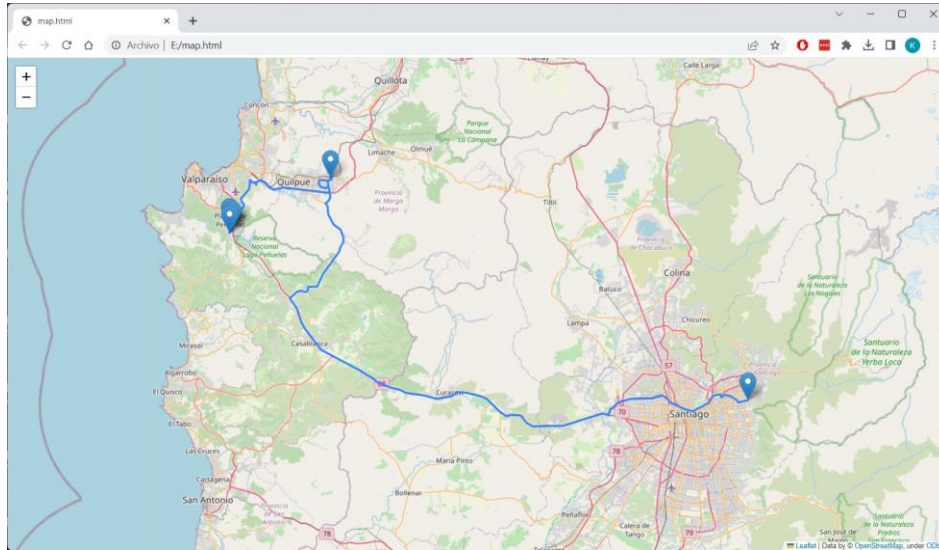
1 import folium
2 import json
3
4 # Load GeoJSON file
5 with open("map.geojson", "r") as file:
6     geojson_data = json.load(file)
7
8 # Create the map object
9 m = folium.Map(location=[0, 0], zoom_start=2)
10
11 # Add GeoJSON to the map
12 folium.GeoJson(geojson_data).add_to(m)
13
14 # Save the map to an HTML file
15 m.save("map.html")
16

```

Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-11. Ejemplo de código Python para enlazar los datos georreferenciales con Azure Maps

Para el módulo de visualización se utilizarán los mapas abiertos de OpenStreetMap, renderizando las rutas usando Folium. Las coordenadas se ordenan en conjuntos acorde al estándar GeoJSON, y con el código Python (corriendo acoplado al Backend), se generan las rutas en el mapa; como se ve en la Figura 2-12.



Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-12. Ejemplo de seguimiento de ruta de los camiones

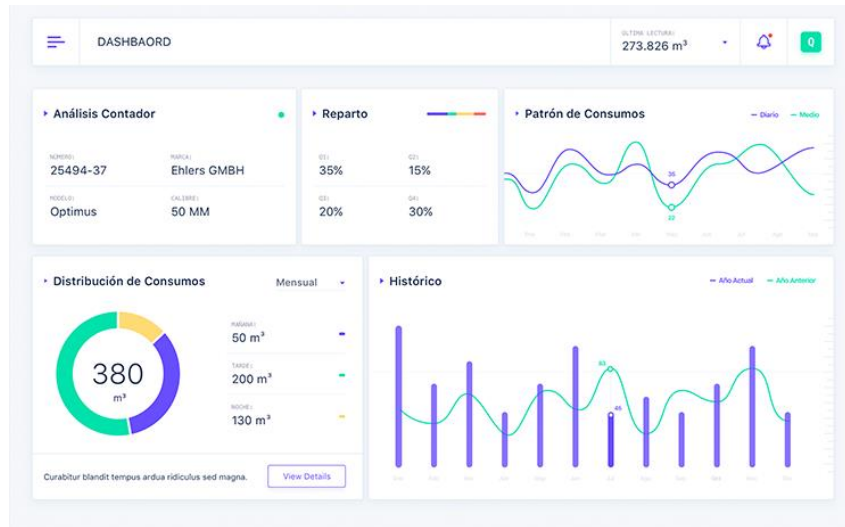
Análogamente, con los datos recopilados de los camiones mineros mediante el dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition y almacenados en la plataforma Azure, se pueden realizar diversas técnicas de analítica avanzada para obtener ideas y tomar decisiones estratégicas en la operación minera. Algunas de las analíticas avanzadas que se pueden realizar son las siguientes:

- ✓ **Análisis de rendimiento y eficiencia:** Se puede realizar un análisis detallado del rendimiento de cada camión, identificando patrones de comportamiento, ineficiencias y posibles mejoras. Por ejemplo, analizar el consumo de combustible, la velocidad promedio y las paradas frecuentes para identificar oportunidades de ahorro y optimización de rutas.
- ✓ **Mantenimiento predictivo:** Mediante técnicas de análisis de fallos y mantenimiento predictivo, se pueden identificar patrones que indiquen un posible fallo o desgaste en los componentes del camión. Esto permite programar el mantenimiento preventivo en función de las necesidades reales, evitando paradas no planificadas y reduciendo costos de reparaciones.
- ✓ **Análisis de desviaciones de ruta:** Comparando las rutas planificadas con las rutas reales tomadas por los camiones, se pueden identificar desviaciones y analizar las

causas. Esto permite tomar acciones correctivas y garantizar que los conductores sigan las rutas óptimas y planificadas.

- ✓ Optimización de carga y capacidad: Utilizando datos sobre el peso de carga y la capacidad de los camiones, se puede realizar un análisis para optimizar la distribución de la carga y maximizar la capacidad de transporte, reduciendo así el número de viajes y los costos asociados.
- ✓ Análisis de consumo de combustible: Se puede analizar el consumo de combustible en función de diferentes variables, como la velocidad, el terreno y las condiciones climáticas, para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia y reducir el gasto en combustible.
- ✓ Análisis de comportamiento de conducción: Mediante el análisis de datos de telemetría, como la aceleración, frenado y giros, se puede evaluar el comportamiento de conducción de los conductores y proporcionar retroalimentación para mejorar prácticas de conducción seguras y eficientes.
- ✓ Análisis de tendencias y patrones históricos: Mediante el análisis de datos históricos, se pueden identificar tendencias y patrones a lo largo del tiempo, lo que proporciona una visión más amplia y ayuda a tomar decisiones estratégicas para el futuro.
- ✓ Predicciones y optimización de rutas: Utilizando técnicas de aprendizaje automático, se pueden predecir las mejores rutas para los camiones basándose en datos históricos de tráfico, condiciones del terreno y condiciones climáticas, lo que mejora la planificación y eficiencia de las operaciones.

Cada uno de los análisis avanzados tienen asociados un Dashboard que permite visualizar gráficamente la información para su mejor comprensión, la figura 2-13 muestra un mockup del diseño de dichos informes.



Fuente: elaboración propia en base a Mockup de la aplicación.

Figura 2-13. Informe de ejemplo para mostrar los datos de análisis avanzados

De esta forma, la analítica avanzada de los datos recopilados de los camiones mineros en Azure permite obtener información valiosa sobre el rendimiento, la eficiencia y el mantenimiento de la flota. Estos conocimientos permiten a las empresas mineras tomar decisiones informadas para mejorar la productividad, reducir costos y optimizar las operaciones mineras en general.

**CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA**

### **3. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

En un mundo empresarial cada vez más competitivo, la toma de decisiones informadas basadas en datos económicos es esencial para garantizar el éxito a largo plazo de cualquier inversión. En este contexto, se presenta una evaluación económica para determinar la factibilidad de la solución de gestión de flotas con telemetría y georreferenciación descrita en este informe, que ha sido diseñada para optimizar los costos y la operación de camiones mineros y ofrecer un valor sólido a las empresas mineras.

#### **3.1 DETERMINACIÓN MANO DE OBRA**

Para llevar a cabo este proyecto en 6 meses, se requerirá un equipo multidisciplinario con habilidades específicas en diferentes áreas. A continuación, se detallan los perfiles y la cantidad aproximada de personal requerido:

- **Arquitecto de soluciones** (1 persona): Encargado de diseñar la arquitectura general del sistema, definir las tecnologías y servicios de Azure a utilizar, y coordinar el trabajo entre los diferentes equipos.
- **Ingeniero en control e instrumentación industrial** (2 personas): Responsables de la programación y configuración del dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition para la recopilación de datos de telemetría y GPS desde los camiones.  
Estos Ingenieros también serán encargados de la integración del dispositivo Freematics con Azure IoT Hub, configuración de la comunicación segura, manejo de certificados y claves de acceso, y establecimiento de la conectividad entre los dispositivos y la plataforma en la nube.
- **Ingeniero de bases de datos** (1 persona): Responsable de diseñar y configurar la base de datos en Azure para el almacenamiento eficiente de los datos de telemetría y GPS, y garantizar su escalabilidad y rendimiento.
- **Desarrolladores de Azure Stream Analytics** (1 persona): Encargado de definir y configurar los análisis en tiempo real utilizando Azure Stream Analytics, para

procesar los datos de telemetría y generar alertas o acciones en función de eventos específicos.

- **Analista de datos y Desarrollador de Reportes Power BI (1 persona):** Responsable de realizar análisis avanzados y modelado de datos utilizando herramientas de Azure, como Azure Machine Learning, para identificar patrones, tendencias y realizar predicciones.

También estará encargado de diseñar y configurar paneles de visualización y reportes interactivos en Power BI, para presentar los datos de manera efectiva y permitir a los usuarios tomar decisiones informadas.

- **Especialista en seguridad en la nube (1 persona):** Responsable de garantizar la seguridad de la plataforma Azure y del sistema en general, implementando medidas de seguridad y monitoreando posibles vulnerabilidades.
- **Desarrolladores de aplicaciones web (2 personas):** Encargados de diseñar, desarrollar e implementar la aplicación web para la administración general de la plataforma. Esta aplicación permitirá a los usuarios gestionar los camiones, visualizar los datos, configurar alertas y realizar análisis más detallados. Es necesario contar con expertos en tecnologías web, como HTML, CSS, JavaScript y frameworks como React o Angular.
- **Desarrollador de aplicaciones móviles (1 persona):** Responsables de diseñar, desarrollar e implementar la aplicación móvil para recibir alertas y revisar datos significativos de la operación en tiempo real. Se requerirán habilidades en desarrollo de aplicaciones para iOS y Android utilizando lenguajes y plataformas como Swift o Kotlin.
- **Analista de QA (Control de Calidad) (3 personas):** Este rol es fundamental para garantizar un producto de excelencia en el desarrollo de la solución, deben validar la solución tanto técnica como funcionalmente.
- **Jefe de proyectos (1 persona):** Será necesario un jefe de proyectos para supervisar y gestionar la ejecución de todo el proyecto, garantizando el cumplimiento de los plazos, recursos y la calidad del trabajo.

- **Soporte y monitoreo** (3 personas): Una vez que el producto/servicio está en operación se requiere un equipo opere el sistema, está a cargo del monitoreo de los distintos equipos y preste el soporte a los usuarios finales.

En total, se requeriría un equipo de aproximadamente 13 personas con los perfiles mencionados para llevar a cabo el proyecto en 8 meses. Cabe considerar que no todos los perfiles se requieren a tiempo completo, ni por toda la duración del proyecto, además, las personas pueden desarrollar más de un rol. Se considera que el trabajo será remoto y en horario hábil, salvo cuando se deba instalar el dispositivo de telemetría/GPS que debe ser en terreno en horario convenido con el cliente.

Es importante tener en cuenta que estos son estimados y que la cantidad de personal y duración del proyecto pueden variar según la complejidad y el alcance específico de la solución a desarrollar.

### **3.2 VALOR VENTA DEL SERVICIO**

Determinar el valor a cobrar a los potenciales clientes es un proceso que depende de la información que pueda recolectarse de estos, y considerando que la precisión de dicha información depende de diversos factores que están en constante cambio, es que se consideran dos estrategias de fijación de precios que permiten hacer más “ameno” este proceso: Precio de la competencia y Precio basado en el valor.

El punto de equilibrio, o la cantidad mínima de clientes necesarios para cubrir los costos de operación y empezar a obtener beneficios, depende de varios factores:

- ✓ **Costos fijos:** Estos son los costos que se deben pagar independientemente de cuántos clientes se tengan, como los salarios del equipo de soporte, el mantenimiento del software, y los costos de infraestructura básica.
- ✓ **Costos variables:** Estos son los costos que dependen del número de clientes, como los costos asociados con los servicios de Azure que se utilizan por cliente.

- ✓ Precio por cliente: Este es el precio que se cobra a cada cliente, que variará dependiendo del plan de suscripción que elija.

La fórmula básica para calcular el punto de equilibrio es:

- $\text{Punto de equilibrio} = \text{Costos fijos} / (\text{Precio por cliente} - \text{Costos variables por cliente})$

Por supuesto, lo expuesto es una simplificación y en la realidad hay otros factores que considerar, como el hecho de que diferentes clientes estarán en diferentes planes de suscripción, los costos pueden cambiar con el tiempo, y así sucesivamente. Sin embargo, este es el concepto básico que nos permite determinar cuántos clientes se necesitan para llegar al punto de equilibrio.

Por otra parte, al utilizar una plataforma de ejecución para la solución implica tener en consideración el costo de implementar y operar esta solución, que dependerá de varios factores, incluyendo el tamaño de la flota de camiones, de las distintas empresas que contraten el servicio, la cantidad de datos generados, la frecuencia de uso de los servicios y la configuración específica de cada servicio. Sin embargo, a continuación, se proporciona una estimación aproximada de los costos asociados con cada componente clave de la solución basada en servicios de Microsoft Azure:

- **Azure IoT Hub**: El costo de IoT Hub depende de la cantidad de mensajes enviados al servicio. La edición básica comienza en \$10 USD por mes por unidad, que puede manejar hasta 400,000 mensajes al día.
- **Azure Functions**: El costo de Azure Functions se basa en el número de ejecuciones de la función y el tiempo que la función pasa en ejecución. En el nivel de consumo, se factura en función del número de ejecuciones de la función, con 1 millón de ejecuciones gratuitas por mes y un costo de \$0.20 USD por cada millón de ejecuciones adicionales.
- **Azure SQL**: El costo de Azure SQL se basa en el rendimiento provisionado y el almacenamiento utilizado. Para el rendimiento provisionado, el costo comienza en

\$0.008 USD /hora por unidad de solicitud por segundo. Para el almacenamiento, el costo es de \$0.25 USD /GB al mes.

- **Azure Maps:** El costo de Azure Maps se basa en la cantidad de transacciones. El costo comienza en \$0.50 USD por cada 1,000 transacciones para los servicios de renderizado y \$5.00 USD por cada 1,000 transacciones para los servicios de búsqueda y tráfico.
- **Power BI:** Power BI Pro cuesta \$9.99 USD por usuario al mes.
- **Azure Machine Learning:** El costo de Azure Machine Learning se basa en la cantidad de tiempo de cálculo utilizado para entrenar modelos y ejecutar predicciones. Los costos pueden variar ampliamente dependiendo de la complejidad de los modelos y la cantidad de datos utilizados.
- **Azure Web Apps:** El costo de Azure Web Apps se basa en el nivel de servicio elegido. Los costos comienzan en \$14 USD al mes para el nivel más básico y aumentan en función de las necesidades de rendimiento y escalabilidad.
- **Azure Monitor y Notification Hub:** El costo de Azure Monitor se basa en la cantidad de datos ingeridos y retenidos. Los costos comienzan en \$2.30 USD/GB para los datos ingeridos y \$0.10 USD /GB al mes para los datos retenidos. El costo de Azure Notification Hub se basa en el número de ejecuciones, con costos que comienzan en \$0.000025 USD por ejecución.

Hay que tener en cuenta que estos son solo los costos directos asociados con los servicios de Azure y no incluyen los costos indirectos, como el desarrollo y mantenimiento de la solución, la capacitación del personal, el costo del dispositivo Freematics ONE+ Traccar Edition, entre otros.

En consecuencia, la estrategia para determinar un valor de cobro por el servicio consiste en establecer un precio adecuado en función de los precios establecidos por la competencia. Para ello se determina un rango de precios y se ubica el servicio en un punto intermedio dentro de ese rango.

Por otra parte, la estrategia de precios basada en el valor entrega un enfoque que se centra en el valor percibido por los clientes al adquirir el servicio.

Teniendo estos puntos en consideración, se propone un modelo de negocios basado en suscripciones. La Tabla 3-1 a continuación, detalla los tipos de suscripciones propuestos y sus características.

Tabla 3-1. Detalle alcance suscripciones del servicio.

<b>Suscripción</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor UF (*) / mes</b>
Básico	Acceso al portal web, seguimiento de ubicación en tiempo real, informes básicos de telemetría y soporte básico.	2,4 UF
Estándar	Todas las características del Plan Básico, más alertas personalizables, análisis avanzado de telemetría, mantenimiento predictivo y soporte prioritario.	3,6 UF
Premium	Todas las características del Plan Estándar, más la capacidad de definir y ajustar umbrales operativos, acceso a API para integración con otros sistemas, entrenamiento y soporte personalizados, y más.	5,8 UF

(\*) El valor de la UF considera la evolución de la inflación, sin embargo, para efectos de este informe y del flujo de caja se tomó el tipo de cambio del 1 de agosto del 2023.

Fuente: elaboración propia.

Todos los planes consideran la concesión en comodato del dispositivo “Freematics ONE+ Traccar Edition” y la reposición de este en caso de falla mientras dure el contrato.

Para determinar el valor de cobro del servicio se consideró la ecuación del punto de equilibrio, los precios de la competencia para servicios similares y una rentabilidad de entre el 25 a 40%.

### **3.3 INGRESOS Y EGRESOS**

En el análisis financiero de la solución de gestión de flotas con telemetría y geo-referenciación, es esencial evaluar tanto los ingresos como los egresos. Esta evaluación

proporciona una visión clara de cómo los ingresos generados y los egresos involucrados impactarán la rentabilidad, permitiendo justificar la viabilidad económica del proyecto en estudio.

### 3.3.1 Ingresos

Como la solución es un servicio SaaS, se estructura en tres niveles de suscripción para maximizar los ingresos y acomodar a diferentes tipos de clientes con diferentes necesidades. Estos niveles de suscripción, descritos en el apartado anterior (3.2), hacen que los ingresos se obtengan a través de las tarifas de suscripción mensuales o anuales cobradas a los clientes. Por lo general, los niveles más altos tendrían tarifas de suscripción más altas debido a las características y servicios adicionales que ofrecen.

Además de los ingresos por suscripción, también podría haber ingresos por servicios de implementación para los clientes que necesiten asistencia para configurar e instalar los dispositivos IoT en sus vehículos, y por servicios de consultoría para los clientes que deseen ayuda para interpretar y utilizar los datos recopilados.

Es importante destacar que los precios de cada nivel deben ser definidos en función del costo de proporcionar los servicios y las características asociadas, así como del valor percibido por el cliente. Se puede optar por ofrecer descuentos para contratos de suscripción a largo plazo o para grandes flotas de vehículos para incentivar la adopción y fidelización de los clientes.

A continuación, la Tabla 3-2 muestra el cuadro de ingresos estimados del primer año, que refleja el modelo de precios y los ingresos de la solución de gestión de flotas con telemetría y geo-referenciación, es importante destacar los siguientes aspectos:

- Valor agregado: Resaltar el valor agregado que ofrece la solución a las empresas mineras. Explicar cómo la plataforma ayuda a optimizar la operación de sus flotas de camiones, reducir costos, mejorar la eficiencia, aumentar la seguridad y facilitar la toma de decisiones informadas. Demostrar cómo la solución puede mejorar el rendimiento general de la empresa minera y generar un retorno de inversión significativo.

- Ahorro de costos: Destacar los ahorros de costos que las empresas mineras pueden obtener al utilizar la solución en comparación con métodos tradicionales o desarrollos internos. Por ejemplo, al reducir el consumo de combustible, evitar el desgaste innecesario de los camiones mediante el mantenimiento predictivo, optimizar rutas y minimizar tiempos de detención, se pueden obtener ahorros tangibles en los gastos operativos.
- Modelo de precios flexible y escalable: Justificar el modelo de precios que se propone, ya sea mediante un pago por suscripción mensual, un pago por uso o un modelo mixto. Resaltar cómo este modelo es flexible y se adapta a las necesidades y el tamaño de cada empresa minera. Además, explicar que la solución es escalable y puede crecer junto con las operaciones de la empresa minera.
- Casos de éxito y testimonios: Mostrar casos de éxito de otras empresas mineras que ya han implementado la solución y han experimentado beneficios significativos. Incluir testimonios de clientes satisfechos que respalden la efectividad de la plataforma y su impacto positivo en la operación minera.
- Soporte y actualizaciones: Destacar el soporte técnico continuo que se proporcionará a las empresas mineras, así como las actualizaciones y mejoras periódicas que se realizarán en la solución para garantizar su funcionamiento óptimo y la incorporación de nuevas funcionalidades.
- ✓ Comparación con alternativas: Realizar una comparación objetiva con otras soluciones disponibles en el mercado, ya sean competidores directos o métodos tradicionales de gestión de flotas. Resaltar las ventajas competitivas y diferenciadores clave que ofrece la solución desarrollada.
- ✓ Proyecciones de ingresos: Presentar proyecciones de ingresos basadas en el número de clientes potenciales, el tamaño de sus flotas y el precio de la suscripción o uso. Utilizar datos realistas y estimaciones conservadoras para demostrar la viabilidad financiera del negocio.

Tabla 3-2. Cuadro Ingresos año 1.

Ingreso (por vehículo)	Valor Unitario (UF)	Cantidad	Valor Total
Monitoreo básico (sólo GPS)	2,4	2.620	6.261,80
Monitoreo estándar (GPS + Telemetría vehículo: velocidad, consumo combustible, presión neumáticos, etc.)	3,6	255	912,90
Monitoreo premium (GPS + Telemetría Vehículo + detección de fallas y mantenimiento preventivo)	5,8	103	595,34
		<b>UF</b>	<b>\$ 7.770,04</b>

Fuente: elaboración propia.

Considerando una tasa de crecimiento igual al CAGR – Tasa de crecimiento anual compuesta – de la industria de servicios de IoT, se proyectan los ingresos para los siguientes 4 años de análisis, que se muestran en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Ingresos estimados horizonte temporal del proyecto.

Período	UF
<b>Año 1</b>	7.770,04
<b>Año 2</b>	9.067,64
<b>Año 3</b>	10.581,93
<b>Año 4</b>	12.349,11
<b>Año 5</b>	14.411,42

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2 Egresos

Los egresos están asociados con los costos fijos y variables relacionados con la operación del servicio.

Dentro de los costos fijos se tiene:

- ✓ Desarrollo y Mantenimiento de Software: Los costos de desarrollo inicial para crear la plataforma, el portal web y las aplicaciones móviles. Además, los costos de mantenimiento y actualizaciones regulares de software.

- ✓ Equipo de Soporte Técnico: Salarios y beneficios del personal encargado de la atención al cliente y el soporte técnico. Este costo sería constante independientemente del número de usuarios del sistema.
- ✓ Gastos de Infraestructura: Los costos de mantener una oficina, hardware, software y otras necesidades comerciales básicas.
- ✓ Gastos de Marketing y Ventas: Los costos de promoción del servicio, incluyendo publicidad, marketing, desarrollo de relaciones con clientes, etc.
- ✓ Costos de Conectividad: Dado que esta es una solución de nube, se requiere de una conexión estable y permanente a internet.

En cuanto a los costos variables se tiene:

- ✓ Costos de Azure: Los costos de utilizar los servicios de Azure son escalables y dependen de la cantidad de datos procesados, almacenados y transmitidos. Estos incluirían los costos de Azure IoT Hub, Azure Functions, Azure Cosmos DB, Azure Stream Analytics, Azure Machine Learning, Azure Event Hubs, Azure Notification Hubs y Azure API Management.
- ✓ Costos de los Dispositivos IoT: El costo de los dispositivos Freematics ONE+ Traccar Edition sería un costo variable dependiendo del número de vehículos a ser monitoreados.
- ✓ Costos de Comunicación de Datos: Los costos asociados con el uso de la red 4G para transmitir datos desde los dispositivos IoT hasta la plataforma en la nube. Este costo también sería variable dependiendo del volumen de datos transmitidos.
- ✓ Costos de Servicio al Cliente: A medida que crece el número de clientes, también lo haría la necesidad de soporte al cliente, lo que podría implicar más personal de soporte al cliente o servicios de terceros.

Estos son los costos generales que están asociados a la operación del servicio. Es importante tener en cuenta que estos costos pueden variar dependiendo de una variedad de factores, incluyendo la ubicación geográfica, el tamaño y la estructura de las empresas clientes, y las decisiones específicas de implementación.

De acuerdo con la estimación inicial, a continuación, en las Tabla 3-4,3-5 y 3-6 se detallan los costos:

Tabla 3-4. Costos fijos anuales.

<b>ítem</b>	<b>Costo UF</b>
<b>Servicios básicos</b>	46,92
<b>Telefonía / Internet</b>	56,30
<b>Oficina virtual</b>	357,24
<b>Sueldos</b>	6.441,96
<b>Servicios contables</b>	30,72
<b>Insumos oficina</b>	35,40
	<b>6.968,53</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-5. Costos variables anuales.

<b>ítem</b>	<b>Costo UF</b>
<b>Comisión x ventas</b>	637,18
<b>Difusión</b>	671,81
<b>Plataforma Cloud</b>	46,71
	<b>1.355,70</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-6. Tabla de comisiones por venta.

<b>Tipo Suscripción</b>	<b>Comisión</b>
<b>Suscripción básica</b>	7%
<b>Suscripción estándar</b>	12%
<b>Suscripción premium</b>	15%

Fuente: elaboración propia.

Para abarcar el período de evaluación, en un horizonte de 5 años, se asume que el incremento anual de los costos será de un 10%.

Tabla 3-7. Costos estimados horizonte temporal del proyecto.

	<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>COSTOS TOTALES</b>
<b>AÑO 1</b>	6.968,53	1.355,70	<b>8.324,23</b>
<b>AÑO 2</b>	7.316,96	1.491,26	<b>8.808,22</b>
<b>AÑO 3</b>	7.682,81	1.640,39	<b>9.323,20</b>
<b>AÑO 4</b>	8.066,95	1.804,43	<b>9.871,38</b>
<b>AÑO 5</b>	8.470,30	1.984,87	<b>10.455,17</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.4 TABLAS DEPRECIACIÓN**

La depreciación se refiere a la disminución en el valor de un activo a lo largo del tiempo, debido al desgaste, obsolescencia u otros factores. En un proyecto de IoT, uno de los principales activos que se deprecian son los dispositivos de hardware, como los dispositivos IoT que se instalan en los camiones, Freematics ONE+ Traccar Edition.

Además de los dispositivos IoT que se instalan en los camiones, los equipos de desarrollo y operaciones necesitarán sus propios dispositivos de hardware para desarrollar, implementar y mantener la solución. Esto podría incluir laptops, servidores (si no se utiliza una infraestructura completamente en la nube), hardware de red y otros equipos de oficina.

En ambos, casos se asume un método de depreciación lineal, sin embargo, cabe mencionar que este es un cálculo simplificado y no toma en cuenta factores como el valor residual del dispositivo al final de su vida útil, posibles mejoras o modificaciones al dispositivo, o cambios en el valor del dispositivo debido a factores del mercado.

Tabla 3-8. Depreciación activos tangibles.

<b>ítem</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Valor Depreciación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Valor Total Depreciación</b>
<b>Notebook tipo I</b>	13,68	6,84	2	27,37	13,68
<b>Notebook tipo II</b>	29,32	14,66	3	87,97	43,98
<b>Dispositivo GPS</b>	2,38	1,19	5	11,90	5,95
		<b>22,69</b>		<b>127,23</b>	<b>63,62</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.5 TABLAS AMORTIZACIÓN

La amortización de un préstamo se refiere al proceso de pago del capital y los intereses en un período de tiempo fijo. Este proceso de pago generalmente se realiza en pagos regulares que incluyen una parte del principal y los intereses acumulados.

Para efectos del proyecto se especifican las siguientes tablas asociadas a los escenarios de financiamiento de un 25, 50 y 75% del capital requerido para desarrollar el proyecto, con montos en UF y períodos de amortización anuales.

Tabla 3-9. Cálculo amortización financiamiento del 25%.

<b>Inversión requerida</b>	<b>5.968,63</b>
<b>Monto crédito (25%)</b>	<b>1.492,16</b>
<b>Interés anual</b>	22%
<b>Período de amortización</b>	5
<b>Valor cuota</b>	521

Fuente: elaboración propia.

<b>AÑO</b>	<b>Capital Inicial</b>	<b>interés</b>	<b>Valor Cuota</b>	<b>Amortización</b>	<b>Capital Final</b>
1	1.492,16	328,27	521,07	192,80	1.299,36
2	1.299,36	285,86	521,07	235,21	1.064,15
3	1.064,15	234,11	521,07	286,96	777,19
4	777,19	170,98	521,07	350,09	427,11
5	427,11	93,96	521,07	427,11	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-10. Cálculo amortización financiamiento del 50%.

<b>Inversión requerida</b>	<b>5.968,63</b>
<b>Monto crédito (50%)</b>	<b>2.984,31</b>
<b>Interés anual</b>	22%
<b>Período de amortización</b>	5
<b>Valor cuota</b>	1.042

Fuente: elaboración propia.

<b>AÑO</b>	<b>Capital Inicial</b>	<b>interés</b>	<b>Valor Cuota</b>	<b>Amortización</b>	<b>Capital Final</b>
1	2.984,31	656,55	1.042,14	385,59	2.598,72
2	2.598,72	571,72	1.042,14	470,42	2.128,30
3	2.128,30	468,23	1.042,14	573,91	1.554,39
4	1.554,39	341,97	1.042,14	700,17	854,21
5	854,21	187,93	1.042,14	854,21	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-11. Cálculo amortización financiamiento del 75%.

<b>Inversión requerida</b>	<b>5.968,63</b>
<b>Monto crédito (75%)</b>	<b>4.476,47</b>
<b>Interés anual</b>	22%
<b>Período de amortización</b>	5
<b>Valor cuota</b>	1.563

Fuente: elaboración propia.

<b>AÑO</b>	<b>Capital Inicial</b>	<b>interés</b>	<b>Valor Cuota</b>	<b>Amortización</b>	<b>Capital Final</b>
1	4.476,47	984,82	1.563,21	578,39	3.898,08
2	3.898,08	857,58	1.563,21	705,63	3.192,45
3	3.192,45	702,34	1.563,21	860,87	2.331,58
4	2.331,58	512,95	1.563,21	1.050,26	1.281,32
5	1.281,32	281,89	1.563,21	1.281,32	-

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la tasa de interés bancario que se usó para este ejercicio es una tasa promedio obtenida a través del portal web <https://www.comparaonline.cl/credito-consumo>, simulando créditos entre 1500 a 3000 UF con plazo de 60 meses. Este portal entrega una simulación de todas las entidades financieras que operan en el país y entregan los montos requeridos.

### **3.6 FLUJO DE CAJA**

Para la evaluación económica desarrollada se consideración los siguientes aspectos:

- El proyecto se evalúa en un horizonte temporal de 5 años, que se determina teniendo en cuenta la duración esperada en el mercado de este tipo de soluciones.
- Para determinar la demanda de la solución, se realizó una estimación de ventas para el año 1. Para los años posteriores del periodo a evaluar, se considera un crecimiento anual del 16,7% de acuerdo con el CAGR de la industria.
- Para descontar el proyecto, se utiliza el WACC de la Industria de Servicios TI, puesto que obtener este indicador implica contar con métricas de riesgo y rentabilidad, información no disponible para el proyecto propuesto. Por lo tanto, se usará el WACC de la industria estadounidense, obtenido desde NYU Stern School of Business[6]. (9,19%)

- Se construye el flujo de caja (egresos e ingresos) utilizando la UF, ya que su valor no se ve afectado por la inflación debido a que corresponde a un tipo de cambio real.

A continuación, del apartado 3.6.1 al 3.6.4 se muestran los flujos obtenidos y los ratios financieros asociados, respectivamente.

### 3.6.1 Flujo de caja sin financiamiento

Tabla 3-12. Flujos del proyecto sin financiamiento

<b>FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (Sin Financiamiento)</b>						
	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
(+) Ingresos		7.770,04	9.067,64	10.581,93	12.349,11	14.411,42
(-) Egresos		- 8.324,23	- 8.808,22	- 9.323,20	- 9.871,38	- 10.455,17
<b>Margen</b>		- 554,19	259,41	1.258,73	2.477,74	3.956,25
(-) Depreciación		- 127,23	- 127,23			- 127,23
(-) Valor Libro						- 127,23
(-) Intereses						
(-) Pérdida ejercicio anterior			- 681,42	- 549,24	709,49	
<b>Utilidad s/Imp.</b>		- 681,42	- 549,24	709,49	3.187,22	3.701,78
(-) Impuesto (25%)		-	-	-	- 796,81	- 925,45
<b>Utilidad c/Imp.</b>		- 681,42	- 549,24	709,49	3.984,03	4.627,23
(+) Depreciación		127,23	127,23			127,23
(+) Valor Libro						127,23
(+) Financiamiento						
(+) Pérdida ejercicio anterior			681,42	549,24	- 709,49	
(-) Amortización						
(-) Inversión (tangible e intangible)	- 129,02				396,83	
(-) Capital de Trabajo (+ GPM + Sueldos)	- 5.839,61					5.839,61
<b>Flujo de Caja</b>	- 5.968,63	- 554,19	259,41	1.258,73	3.671,37	10.721,30
FC Actualizado	- 5.968,63	- 507,55	217,58	966,91	2.582,84	6.907,70
FC Acumulado	- 5.968,63	- 6.476,17	- 6.258,59	- 5.291,68	- 2.708,85	4.198,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3-13. Ratios financieros asociados.

<b>VAN</b>	4.198,85
<b>TIR</b>	22%
<b>Payback</b>	5

Fuente: elaboración propia.

Las Tablas 3-12 y 3-13 presentan una proyección de los rendimientos financieros y las métricas del proyecto considerando un horizonte temporal de 5 años. En conjunto, los ratios mostrados sugieren que el proyecto será rentable, con un alto rendimiento de la inversión y un periodo de recuperación relativamente corto.

El VAN en este escenario es de 4.198,85 UF, lo cual indica que se espera que el proyecto genere más dinero del que costó. En otras palabras, se espera que el proyecto

genere un rendimiento superior a la tasa de descuento. Esto se puede interpretar como una señal positiva.

La TIR del proyecto es 22%, que aunque sigue siendo una tasa de retorno atractiva, es más baja que la TIR que se presenta en las simulaciones con financiamiento. Este cambio puede ser el resultado de los mismos factores que afectan al VAN. Una disminución de la TIR podría indicar que los flujos de caja futuros se han reducido o que los costos iniciales del proyecto han aumentado.

Por último, destacar que el periodo de recuperación del proyecto es de 5 años. Vale decir, que se espera que el proyecto tarde un año más en generar suficiente efectivo para cubrir la inversión inicial.

### 3.6.2 Flujo de caja 25% financiamiento

Tabla 3-14. Flujos del proyecto con financiamiento del 25%

FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (Financiamiento 25%)						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) Ingresos		7.770,04	9.067,64	10.581,93	12.349,11	14.411,42
(-) Egresos		- 8.324,23	- 8.808,22	- 9.323,20	- 9.871,38	- 10.455,17
<b>Margen</b>		- 554,19	259,41	1.258,73	2.477,74	3.956,25
(-) Depreciación		- 127,23	- 127,23			- 127,23
(-) Valor Libro			-			- 127,23
(-) Intereses		- 104,45	- 86,29	- 66,85	- 46,06	- 23,81
(-) Pérdida ejercicio anterior			- 785,87	132,18	1.324,06	
<b>Utilidad s/Imp.</b>		- 785,87	132,18	1.324,06	3.755,73	3.677,97
(-) Impuesto (25%)		-	-	-	- 938,93	- 919,49
<b>Utilidad c/Imp.</b>		- 785,87	132,18	1.324,06	4.694,67	4.597,47
(+) Depreciación		127,23	127,23			127,23
(+) Valor Libro						127,23
(+) Financiamiento	1.492,16					
(+) Pérdida ejercicio anterior			785,87	- 132,18	- 1.324,06	
(-) Amortización		- 259,47	- 277,64	- 297,07	- 317,86	- 340,12
(-) Inversión (tangible e intangible)	- 129,02				396,83	
(-) Capital de Trabajo (+ GPM + Sueldos)	- 5.839,61					5.839,61
<b>Flujo de Caja</b>	- 4.476,47	- 918,11	767,65	894,81	3.449,58	10.351,43
FC Actualizado	- 4.476,47	- 840,84	643,87	687,36	2.426,80	6.669,39
FC Acumulado	- 4.476,47	- 5.317,31	- 4.673,44	- 3.986,08	- 1.559,28	5.110,10

Fuente: elaboración propia en base a flujo de caja calculado.

Tabla 3-15. Ratios financieros asociados.

<b>VAN</b>	5.110,10
<b>TIR</b>	28%
<b>Payback</b>	5

Fuente: elaboración propia.

Las Tablas 3-14 y 3-15 con 25% de financiamiento se muestra que el flujo de caja inicial en el año cero es más bajo que en el caso puro sin financiamiento. Además, la recuperación de dinero y los beneficios del proyecto también comienzan a ser suficientes en el año 5.

EL VAN de 5.110,10 UF indica que se espera que el proyecto genera más dinero del que costó. Es decir, el proyecto generará un rendimiento superior a la tasa de descuento, esto es una señal positiva que valida el proyecto en las condiciones en las que se muestran en las tablas. La TIR del proyecto, de un 28%, muestra una tasa de retorno atractiva.

### 3.6.3 Flujo de caja 50% financiamiento

Tabla 3-16. Flujos del proyecto con financiamiento del 50%

FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (Financiamiento 50%)						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) Ingresos		7.770,04	9.067,64	10.581,93	12.349,11	14.411,42
(-) Egresos		- 8.324,23	- 8.808,22	- 9.323,20	- 9.871,38	- 10.455,17
<b>Margen</b>		- 554,19	259,41	1.258,73	2.477,74	3.956,25
(-) Depreciación		- 127,23	- 127,23			- 127,23
(-) Valor Libro						- 127,23
(-) Intereses		- 208,90	- 172,58	- 133,71	- 92,12	- 47,62
(-) Pérdida ejercicio anterior			- 890,32	- 930,72	194,30	
<b>Utilidad s/Imp.</b>		- 890,32	- 930,72	194,30	2.579,92	3.654,16
(-) Impuesto (25%)		-	-	-	- 644,98	- 913,54
<b>Utilidad c/Imp.</b>		- 890,32	- 930,72	194,30	3.224,90	4.567,71
(+) Depreciación		127,23	127,23			127,23
(+) Valor Libro						127,23
(+) Financiamiento	2.984,31					
(+) Pérdida ejercicio anterior			518,94	930,72	- 194,30	
(-) Amortización		- 518,94	- 555,27	- 594,14	- 635,73	- 680,23
(-) Inversión (tangible e intangible)	- 129,02					
(-) Capital de Trabajo (+ GPM + Sueldos)	- 5.839,61				396,83	5.839,61
<b>Flujo de Caja</b>	- 2.984,31	- 1.282,03	- 839,81	530,89	2.791,70	9.981,55
<b>FC Actualizado</b>	- 2.984,31	- 1.174,13	- 704,40	407,81	1.963,98	6.431,08
<b>FC Acumulado</b>	- 2.984,31	- 4.158,45	- 4.862,84	- 4.455,04	- 2.491,06	3.940,02

Fuente: elaboración propia en base a flujo de caja calculado.

Tabla 3-17. Ratios financieros asociados.

<b>VAN</b>	3.940,02
<b>TIR</b>	26%
<b>Payback</b>	5

Fuente: elaboración propia.

En este caso, el flujo de cada en el año 0 muestra que la inversión necesaria es muy baja en el año 0, siendo de 2.984,31. El VAN de 4277,85 CLF muestra que se generará más

dinero del que costó el proyecto y, un TIR de 32% es una tasa de retorno atractiva que prueba que el hacer uso de financiamiento, con una buena tasa, podría hacer que el proyecto tenga un mejor horizonte, reduciendo el capital inicial necesario y compartiendo el riesgo entre prestamista y dueño del proyecto. El payback calculado, la TIR y VAN son suficientes para demostrar, acompañado del flujo de 0 a 5 años, que inversores o bancos podrían ver una oportunidad de negocio viable y acepten compartir el riesgo.

### 3.6.4 Flujo de caja 75% financiamiento

Tabla 3-18. Flujos del proyecto con financiamiento del 75%

<b>FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (Financiamiento 75%)</b>						
	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
(+) Ingresos		7.770,04	9.067,64	10.581,93	12.349,11	14.411,42
(-) Egresos		- 8.324,23	- 8.808,22	- 9.323,20	- 9.871,38	- 10.455,17
<b>Margen</b>		- 554,19	259,41	1.258,73	2.477,74	3.956,25
(-) Depreciación		- 127,23	- 127,23			- 127,23
(-) Valor Libro						- 127,23
(-) Intereses		- 313,35	- 258,86	- 200,56	- 138,18	- 71,42
(-) Pérdida ejercicio anterior			- 994,78	- 1.121,46	63,29	
<b>Utilidad s/Imp.</b>		- 994,78	- 1.121,46	63,29	2.276,27	3.630,36
(-) Impuesto (25%)		-	-	-	- 569,07	- 907,59
<b>Utilidad c/Imp.</b>		- 994,78	- 1.121,46	63,29	2.845,34	4.537,95
(+) Depreciación		127,23	127,23			127,23
(+) Valor Libro						127,23
(+) Financiamiento	4.476,47					
(+) Pérdida ejercicio anterior			994,78	1.121,46	63,29	
(-) Amortización		- 778,42	- 832,91	- 891,21	- 953,59	- 1.020,35
(-) Inversión (tangible e intangible)	- 129,02				396,83	
(-) Capital de Trabajo (+ GPM + Sueldos)	- 5.839,61					5.839,61
<b>Flujo de Caja</b>	- 1.492,16	- 1.645,96	- 832,36	166,96	2.351,86	9.611,68
FC Actualizado	- 1.492,16	- 1.507,43	- 698,14	128,25	1.654,55	6.192,77
FC Acumulado	- 1.492,16	- 2.999,58	- 3.697,72	- 3.569,47	- 1.914,92	4.277,85

Fuente: elaboración propia en base a flujo de caja calculado.

Tabla 3-19. Ratios financieros asociados.

<b>VAN</b>	4.277,85
<b>TIR</b>	32%
<b>Payback</b>	5

Fuente: elaboración propia.

Las Tablas 3-18 y 3-19 muestran que el flujo de caja requiere de 1492,16 CLF de inversión en un principio y que al cabo de 6 períodos tendríamos un VAN de 4277,85 CLF. La TIR de 32% y el payback de 5 años, muestran que un financiamiento del 75% podría ser atractivo para inversores ya que, existe un alto retorno respecto de la inversión inicial para los

períodos simulados. Además, la inversión inicial es baja, lo que reduce el riesgo para los dueños del proyecto pero aumenta el riesgo para los inversores, riesgo que podrían ver recompensado con el valor de la TIR y el VAN.

### **3.7 SELECCIÓN TIPO DE FINANCIAMIENTO**

Para la selección del escenario más favorable respecto de la construcción del flujo de caja, a continuación, se presenta una comparativa de los escenarios analizados que se muestra en la Tabla 3-20.

Tabla 3-20. Comparación escenarios construcción flujo de caja.

<b>Escenario</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>Payback</b>
Sin financiamiento	4.198,85	22%	5
25% Financiamiento	5.110,10	28%	5
50% Financiamiento	3.940,02	26%	5
75% Financiamiento	4.277,85	32%	5

Fuente: elaboración propia considerando flujos de caja calculados.

Considerando que en todos los escenarios analizados el Payback es igual – que se traduce que en cada caso, el proyecto recuperará la inversión inicial en el mismo período de tiempo – y que no existe demasiada variación en los valores obtenidos para la TIR, el ratio más significativo es el VAN.

Analizando únicamente los valores de VAN y TIR. El escenario 2 tiene el VAN más alto – 5.110,10 UF – y una TIR del 28%, lo que indica que el rendimiento del proyecto es mayor que la tasa de descuento aplicada. Esto sugiere que el escenario 2 resulta ser la mejor opción más favorable para el proyecto, ya que ofrece una mayor rentabilidad en comparación con los demás escenarios.

### **3.8 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Un análisis de sensibilidad es una forma de entender cómo las variaciones en las entradas de un modelo financiero afectarán a sus resultados. En el caso de este proyecto,

para entender cómo las variaciones en los ingresos y los costos afectarán la rentabilidad se plantan dos escenarios en que varíen algunos de los indicadores mencionados.

- ✓ Ingresos: suponer que los ingresos son más bajos de los esperados, tal vez debido a una menor demanda del servicio o a un precio de venta más bajo de lo que se ha previsto. Para el caso en estudio, se supondrá qué si los ingresos disminuyen en un 10%, el VAN tiende a “0” (cero), por lo tanto, es el máximo porcentaje que puede disminuir antes que el VAN sea negativo.

Tabla 3-21. Flujo de caja considerando una disminución de los ingresos.

<b>FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (Sin Financiamiento) con disminución de 10% en ingresos, VAN tiende a CERO</b>						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) Ingresos		6.993,04	8.614,25	10.052,84	11.731,66	13.690,85
(-) Egresos		- 8.324,23	- 8.808,22	- 9.323,20	- 9.871,38	- 10.455,17
<b>Margen</b>		- 1.331,19	- 193,97	729,64	1.860,28	3.235,68
(-) Depreciación		- 127,23	- 127,23			- 127,23
(-) Valor Libro						- 127,23
(-) Intereses						
(-) Pérdida ejercicio anterior			- 1.458,43	- 1.779,63	- 1.049,99	
<b>Utilidad s/Imp.</b>		- 1.458,43	- 1.779,63	- 1.049,99	810,29	2.981,21
(-) Impuesto (25%)		-	-	-	202,57	745,30
<b>Utilidad c/Imp.</b>		- 1.458,43	- 1.779,63	- 1.049,99	607,71	2.235,91
(+) Depreciación		127,23	127,23			127,23
(+) Valor Libro						127,23
(+) Financiamiento						
(+) Pérdida ejercicio anterior			1.458,43	1.779,63	1.049,99	
(-) Amortización						
(-) Inversión (tangibles e intangibles)	-	129,02			396,83	
(-) Capital de Trabajo (+ GPM + Sueldos)	-	5.839,61				5.839,61
<b>Flujo de Caja</b>	-	5.968,63	- 1.331,19	- 193,97	729,64	2.054,54
<b>FC Actualizado (% TD)</b>	-	5.968,63	- 1.219,15	- 162,69	560,48	1.445,38
<b>FC Acumulado</b>	-	5.968,63	- 7.187,78	- 7.350,47	- 6.790,00	- 5.344,61
						22,37

Fuente: elaboración propia en base a flujo de caja calculado y variación de ingresos.

- ✓ Egresos: Los costos del proyecto podrían variar por muchas razones. Se podría encontrar que el costo de los dispositivos IoT es más alto de lo estimado, o que los costos de mantenimiento y soporte son mayores de lo que se habían previsto. Para el caso en estudio, si los egresos son un 10% más altos el VAN tiende a “0” (cero), por lo tanto es el valor máximo que pueden aumentar los costos antes el VAN sea negativo.

Tabla 3-22. Flujo de caja considerando un aumento de los egresos.

<b>FLUJO DE CAJA ANUALIZADO (Sin Financiamiento) con aumento 10% en egresos, VAN tiende a CERO</b>						
	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
(+) Ingresos		7.770,04	9.067,64	10.581,93	12.349,11	14.411,42
(-) Egresos		- 9.156,65	- 9.292,68	- 9.835,98	- 10.414,30	- 11.030,20
<b>Margen</b>		- 1.386,61	- 225,04	745,96	1.934,81	3.381,21
(-) Depreciación		- 127,23	- 127,23			- 127,23
(-) Valor Libro						- 127,23
(-) Intereses						
(-) Pérdida ejercicio anterior			- 1.513,85	- 1.866,12	- 1.120,16	
<b>Utilidad s/Imp.</b>		- 1.513,85	- 1.866,12	- 1.120,16	814,65	3.126,75
(-) Impuesto (25%)		-	-	-	203,66	781,69
<b>Utilidad c/Imp.</b>		- 1.513,85	- 1.866,12	- 1.120,16	610,99	2.345,06
(+) Depreciación		127,23	127,23			127,23
(+) Valor Libro						127,23
(+) Financiamiento						
(+) Pérdida ejercicio anterior			1.513,85	1.866,12	1.120,16	
(-) Amortización						
(-) Inversión (tangible e intangible)	- 129,02				396,83	
(-) Capital de Trabajo (+ GPM + Sueldos)	- 5.839,61					5.839,61
<b>Flujo de Caja</b>	- 5.968,63	- 1.386,61	- 225,04	745,96	2.127,98	8.439,14
<b>FC Actualizado (% TD)</b>	- 5.968,63	- 1.269,91	- 188,75	573,01	1.497,05	5.437,30
<b>FC Acumulado</b>	- 5.968,63	- 7.238,53	- 7.427,29	- 6.854,27	- 5.357,23	80,08

Fuente: elaboración propia en base a flujo de caja calculado y variación de egresos.

Al realizar este análisis de sensibilidad, se puede obtener una mejor comprensión de cuáles son los factores más críticos que afectan a la rentabilidad de del proyecto y dónde se debería centrar los esfuerzos para gestionar los riesgos y optimizar los resultados.

En base a los descrito y con la intención de agudizar el análisis se hace un análisis de sensibilidad tomando como base escenario del flujo de caja seleccionado, sin financiamiento y variando las estimaciones de ingresos y egresos, sus resultados se presentan en la Tabla 3-21.

Tabla 3-23. Resumen análisis de sensibilidad escenario sin financiamiento.

<b>Proyecto sin financiamiento</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>Pay Back</b>	<b>Tasa de Descuento</b>
<b>+ 10% egresos</b>	<b>22,37</b>	9%	> 5	9,19%
<b>- 10% ingresos</b>	<b>80,08</b>	9%	> 5	9,19%

Fuente: elaboración propia

## **CONCLUSIONES**

El proyecto detallado en el presente informe demuestra que es técnicamente factible llevar a cabo un sistema que dé seguimiento de flota de camiones mineros. Tecnológicamente, hay abundancia en la capacidad de cómputo que se necesita para resolver las necesidades que tiene este proyecto. Almacenamiento, capacidad de procesamiento y ancho de banda, son cubiertos por una nube sin tener que recurrir a otras, facilitando el despliegue de la solución (Microsoft Azure), manteniendo la chance de poder integrar otras nubes en caso de que sea necesario (Amazon Web Services, Google Cloud, ente otras). En este caso, utilizar Microsoft Azure como base y otras soluciones del ecosistema Microsoft para ampliar sus funcionalidades, no solo permite aprovechar las bondades y seguridades que son garantizadas por la marca, sino que también permite potenciarlas.

Complementario a las conclusiones técnicas, el hecho de contar con información respecto de otros oferentes en el mercado de soluciones para el rastreo de equipo de las empresas, los planes que se ofrecen están dentro de un rango de precios competitivo que hace atractiva la oferta. Además, por cómo se plantea el proyecto, los datos y el análisis de los datos que se generan son subproductos del proyecto, subproducto del cuál es dueño el cliente del proyecto. Hay que recordar que esta implementación se haría caso a caso y existiría una implementación modular para cliente según lo necesita. Es decir, cada cliente tiene su propia versión de la solución adaptada a su necesidad. Lo anterior compete directamente con la propuesta de Entel y los otros oferentes que, son dueños de los datos y facilitan interfaces de procesamiento y analítica sumando otros aranceles al proyecto.

Respecto del análisis económico, los resultados obtenidos muestran que es económicamente viable la realización del proyecto propuesto. De los escenarios examinados se desprende que con un 25% de financiamiento el proyecto alcanzaría su mayor rentabilidad – con un VAN y TIR igual a 5.110,10 UF y 28% respectivamente. Sin embargo, también es posible desprender que de existir algún impedimento o dificultad para obtener dicho financiamiento, el escenario puro también podría ser considerado puesto que posee un VAN razonablemente alto – igual a 4.198,85 UF – y una TIR del 22% - que sigue

siendo mayor a la tasa de descuento utilizada. Es decir, aun en escenarios en los que pueda presentarse alguna limitación, el proyecto es y podría ser rentable – analizando otras opciones fuera del escenario seleccionado.

Análogamente, el análisis de sensibilidad permite mostrar que en escenarios en los que fallan las estimaciones iniciales de ingresos y costos el proyecto sigue siendo rentable. No obstante, la decisión final también dependería de otros factores, como el riesgo asociado al proyecto, la disponibilidad de financiamiento y la estrategia financiera que se establezca.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Internet of Things (IoT) Market Size, Share, Global Forecast, Industry Trends Report - 2030*. (s. f.). MarketsandMarkets. [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/internet-of-things-market-573.html#:~:text=Internet%20of%20Things%20\(IoT\)%20Market%20Analysis,by%20the%20end%20of%202026](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/internet-of-things-market-573.html#:~:text=Internet%20of%20Things%20(IoT)%20Market%20Analysis,by%20the%20end%20of%202026).
2. Comisión Chilena del Cobre [Dirección de Estudios y Políticas Públicas]. (2023). Observatorio de costos COLCHILCO: 2022 vs 2021 primer trimestre. En *COLCHILCO*. [https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Observatorio%20de%20Costos%20\(Presentacio%CC%81n\)%20Julio%202022.pdf](https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Observatorio%20de%20Costos%20(Presentacio%CC%81n)%20Julio%202022.pdf)
3. *New royalty and expense impact on chilean mining industry*. (2021, 6 julio). FitchRatings. <https://www.fitchratings.com/404.html?slug=corporate-finance/new-royalty-and-expense-impact-on-chilean-mining-industry-06-07-2021>
4. Ocean, E. (s. f.). Entel Ocean: soluciones tecnológicas para tu negocio. [https://entelocean.com/?utm\\_term=entel%20ocean&utm\\_campaign=OC-Brand&utm\\_source=adwords&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=6177939344&hsa\\_cam=15150971941&hsa\\_grp=133172559990&hsa\\_ad=558546175904&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-821795781728&hsa\\_kw=entel%20ocean&hsa\\_mt=b&hsa\\_net=adwords&hsa\\_ver=3&gad=1&gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixHmN6lwXObQ67PsGDhEWiy55qXBTtGlkLJH3uBBPWwSqqTI3-0FlqRoC2HAQAvD\\_BwE](https://entelocean.com/?utm_term=entel%20ocean&utm_campaign=OC-Brand&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=6177939344&hsa_cam=15150971941&hsa_grp=133172559990&hsa_ad=558546175904&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-821795781728&hsa_kw=entel%20ocean&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad=1&gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixHmN6lwXObQ67PsGDhEWiy55qXBTtGlkLJH3uBBPWwSqqTI3-0FlqRoC2HAQAvD_BwE)
5. Adkinn. (s. f.). *Azure on Microsoft Learn*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/training/azure/>
6. *FreeMatics ONE+ TracCar Edition*. (s. f.). [https://freematics.com/store/index.php?route=product/product&product\\_id=98](https://freematics.com/store/index.php?route=product/product&product_id=98)
7. *Cost of Equity and Capital*. (2022, enero). NYU Stern School of Business. [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/wacc.html](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/wacc.html)