

**MANTENIMIENTO
INTELIGENTE DE
ACTIVOS
FERROVIARIOS.**

 **SUR3**RAIL



**“La innovación es lo
que diferencia a un
líder de un seguidor”**

Steve Jobs

**ATENCIÓN COPIA EXCLUSIVAMENTE DESTINADA A
LA EVALUACIÓN EN LA ESCUELA DE ORGANIZACIÓN
INDUSTRIAL. CONFIDENCIAL. SE PROHIBE SU
REPRODUCCIÓN A MIEMBROS EXTERNOS DEL
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.**

Índice

CAPITULO 1 Resumen Ejecutivo	6
¿En qué consiste SureRail®?	6
¿Cuáles son las fuentes de ingresos?	6
¿Qué inversión se necesita?	6
¿Cuándo se alcanzará el Punto Muerto?	6
¿Qué se hará para captar y retener clientes?	6
¿Cuál es el equipo de desarrollo de SureRail®?	7
CAPITULO 2 SureRail®	9
2.1.- Misión, Visión, Valores	9
2.2.- Situación del sector	9
2.3.- Equipo.....	10
CAPITULO 3 Definición del Problema	12
3.1.- ¿Qué resuelve SureRail®?	12
Mantenimiento de material rodante	12
Mantenimiento de vía	13
3.2. Plan de Marketing	14
Entorno Estructura y Sector	14
Segmentación de clientes, definición del cliente objetivo.....	15
3.3.- ¿Qué ofrece la competencia?	16
3.4.- ¿Por qué SureRail®?	18
3.5.- Análisis DAFO	19
3.6. Plan y Funnel de Ventas	19
CAPITULO 4 Definición de la Solución Tecnológica	22
4.1.- Railsense®: la Fuente de Datos Principal de SureRail®	22
Arquitectura de prototipado: RailSense® Type 0	23
4.2.- SureRail®: El Servicio.....	24
4.3.- Dataframe de RailSense®	25
4.4.- Datos Geográficos de Vías Ferroviarias.....	26
4.5.- Arquitectura Tecnológica	28
4.5.1.- Integración de Datos de Sensores	31
4.5.2.- Integración de Datos Geográficos de Vías Ferroviarias.....	32

4.5.3.- Repositorio de Datos Interno.....	34
4.5.4.- Lógica de Negocio	34
4.5.5.- Generación de Métricas.....	36
4.5.6.- Interfaz de Servicios.....	36
4.5.7.- Envío de Alertas	37
4.5.8.- Servicios Operacionales.....	37
4.6.- Modelos Analíticos	37
4.7.- Interfaces de Usuario.....	42
CAPITULO 5 Plan Financiero	43
5.1.- Consideraciones Previas.....	43
5.2.- Principales Drivers.....	43
Mercado.....	43
Precio.....	44
Recursos.....	45
Inversión	47
5.3.- Cuenta de Resultados Previsional	48
5.4.- Balance Previsional	52
5.5.- Flujos de Caja	55
5.6.- Captación de Capital.....	56
Captación por préstamo Participativo.....	56
Captación por aplicación de capital a socios.....	57
5.7.- Análisis de Sensibilidad	58

ANEXOS

Anexo 1.- Anomalías en defectos de ruedas de Trenes.....	60
Anexo 2.- Anomalías en Tramos de Vías	62
Anexo 3.- Interfaces de Usuario para Vías Ferroviarias	63
Anexo 4.- Interfaces de Usuario para Flotas de Trenes	67
Anexo 5.- Precios de Venta de los Servicios de SureRail®	70
Anexo 6.- Evolución de la Cuota de Mercado por Servicio y Fase.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaño de mercado.....	43
Tabla 2: Mercado potencial	44
Tabla 3: Mercado potencial por país	44

Tabla 4: Importe promedio por km/año	44
Tabla 5: Costes variables de instalación y puesta en marcha del sensor	45
Tabla 6: Recursos necesarios para la prestación de los servicios por fases	47
Tabla 7: Incorporación de personal por fases.	47
Tabla 8: Inversiones necesarias a realizar	48
Tabla 9: plazos de amortización de las inversiones.....	48
Tabla 10: Cuenta de Resultados	50
Tabla 11: Ratios de evolución del negocio	51
Tabla 12: Estimaciones operativas para la construcción del balance	52
Tabla 13: Total de inversiones a realizar.....	53
Tabla 14: Evolución del Activo fijo.....	53
Tabla 15: Balance financiero.....	54
Tabla 16: Necesidades de financiación	55
Tabla 17: Evolución del Fondo de Maniobra de la empresa	55
Tabla 18: Flujos de caja	55
Tabla 19: Retribución por captación de capital en la fase 0 por préstamo participativo	56
Tabla 20: Retribución por captación de capital en la fase 1 por préstamo participativo	57
Tabla 21: Evolución del capital social y % de acciones	57
Tabla 22: Variables de cálculo para análisis de sensibilidad	58
Tabla 23: Análisis de sensibilidad: Evolución de las magnitudes financieras de la empresa	59

CAPITULO 1 Resumen Ejecutivo

¿En qué consiste SureRail®?

SureRail® es la Plataforma SaaS de Mantenimiento Inteligente para el sector ferroviario. Permite reducir costes de mantenimiento, aumentando la fiabilidad y seguridad de la operación, mediante la optimización de la planificación del mantenimiento gracias a la detección de anomalías y predicción de fallo mediante algoritmos de inteligencia artificial y conocimiento de negocio.

Esto es posible gracias al análisis de la información registrada por RailSense®, el sensor wireless de alimentación autónoma (mediante sistema Energy Harvesting) instalado en el eje del tren. SureRail® ofrece un servicio integral, tanto al mantenedor del material rodante como al de la infraestructura, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos. RailSense® es de fácil instalación, compatible con cualquier modelo de tren y cumple con los más exigentes estándares del sector.

¿Cuáles son las fuentes de ingresos?

Existen dos tipos de clientes potenciales: mantenedores de trenes y de vías. A los mantenedores de tren se le solicita un pago mensual por eje sensorizado que incluye la instalación y mantenimiento del sensor. Al mantenedor de vía una cuota por km de vía controlada por SureRail®.

El servicio que ofrece SureRail® se está convirtiendo en una exigencia para concurrir a algunas licitaciones ferroviarias internacionales, y en un plazo prudencial está previsto que pase a ser un estándar de la industria de mantenimiento, como está ocurriendo en otros sectores. Según análisis de mercado propios del sector, la previsión de negocio a nivel mundial en la gestión de activos alcanzará 12.300 M\$ en 2024.

¿Qué inversión se necesita?

Para financiar el proyecto se necesitarán captar 500.000 €. Estas aportaciones se realizarán de la siguiente forma:

- 125.000 € como aportación societaria de los promotores de la idea al inicio del plan de negocio
- 85.000 € al final del año 1 de funcionamiento de la empresa
- 290.000 durante el segundo año de funcionamiento. Captación al 50% de capital y deuda a largo plazo con entidades financieras.

¿Cuándo se alcanzará el Punto Muerto?

En las condiciones del plan de negocio proyectadas, el punto muerto se alcanzará a los 3 años y 2 meses.

¿Qué se hará para captar y retener clientes?

Se distinguen dos etapas: lanzamiento de producto y despliegue comercial. En la etapa de lanzamiento de producto se efectuará un acuerdo comercial con un operador para la generación del piloto de demostración, en un intervalo de 12 meses. En la fase de despliegue

se atenderán a ferias obligadas del sector como InnoTrans y se contará con el apoyo de MAFEX y la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española.

¿Cuál es el equipo de desarrollo de SureRail®?

SureRail® cuenta con un equipo preparado para garantizar el éxito del producto, al aglutinar sus miembros una dilatada experiencia en el sector, en tecnología y gestión empresarial a nivel directivo, tanto en startups como empresas multinacionales.

CEO (Chief Executive Officer): Juan Carlos Carrasco Giménez es ingeniero industrial por la Universidad de Málaga, máster en sistemas ferroviarios por ICAI (Becario La Caixa 2010), Programa Ejecutivo en Transformación Digital por EOI y experto en ingeniería de mantenimiento avanzado por la UNED. Más de 10 años de experiencia en el sector ferroviario, habiendo ocupado los puestos de Responsable de Control de Mantenimiento de AVE, Jefe de Proyecto de I+D y Responsable de Delegación Territorial, desarrollando técnica y comercialmente productos para el ferrocarril gracias al apoyo de CDTI e IDEA.

CTO (Chief Technology Officer): Gerardo Barea Pérez es Ingeniero Informático, trader cuantitativo autodidacta y experto en integración y automatización de procesos de negocio. Acumula una experiencia de más de 15 años en consultoría tecnológica dentro de los sectores sanitario, logístico y Administración Pública, habiendo realizado funciones de gestión, análisis y desarrollo de sistemas en empresas como Accenture y Seidor. Compagina su pasión por la tecnología y las finanzas con su otra gran vocación, la formación.

CFO (Chief Financial Officer): José Antonio Sola Jiménez es Licenciado en Ciencias, Executive MBA y socio fundador de la consultora de estrategia y tecnología, Advisor2you. Posee más de 5 años de experiencia en la dirección y control financiera, habiendo realizado gestión de tesorería, planificación financiera y control analítico de negocios.

CMO-CSO (Chief Marketing & Sales Officer): Alfonso Ruiz Rubio es licenciado en marketing e investigación de mercados y tiene formación de postgrado en dirección de empresas en IESE y Master en Marketing Y Gestión Comercial por Esic. Tiene experiencia como director de marketing en banca, industria farmacéutica y de servicios durante más de 15 años y actualmente es CEO de adn10 consultoría de marketing e inteligencia de negocio. Además posee experiencia en mercados internacionales en Latinoamérica y EEUU.

COO (Chief Operations Officer): Luis Miguel Martínez Luque es Diplomado en Magisterio, Licenciado en Psicopedagogía y actualmente finalizando el Grado en ADE. Más de 9 años de experiencia en el sector del seguro, trabajando en MAPFRE sobre entornos relacionados con el dato, el análisis, la gestión y en proyectos de lucha contra el fraude de grandes siniestros.

Adicionalmente SureRail® cuenta con un grupo asesor externo:

Experto en IA y Machine Learning: Emilio Alba Linero es Doctor en Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y CTO de Foqum Analytics, empresa dedicada a la aplicación del Machine Learning a problemas empresariales. Su vocación investigadora le ha merecido la Medalla de Oro de la Olimpiada Nacional de Físicas o el Premio Nacional Jóvenes Investigadores por su trabajo en teoría de juegos. Su experiencia profesional ha transcurrido en Morgan Stanley y el CSIC hasta la fundación de Foqum Analytics en 2014.

Experta en ingeniería de mantenimiento de vía: Marta Fernández Fernández, Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad de Granada, especialista ferroviaria y experta

en superestructura de vía con más de 10 años de experiencia, habiendo desarrollado funciones de Responsable de obras y mantenimiento, además de coordinadora de proyectos I+D, todo ello enmarcado en el sector ferroviario.

Experto en diseño electrónico: Álvaro Pérez Bech es técnico de proyectos tecnológicos para empresas de Silicon Valley en el campo de la programación, sensorización, y proyectos de salud como "Da Vinci" para intervenciones quirúrgicas de precisión.

CAPITULO 2 SureRail®

2.1.- Misión, Visión, Valores

La **Misión** de SureRail® es facilitar la gestión del mantenimiento de los activos ferroviarios, aportando una optimización del plan de mantenimiento preventivo y permitiendo una mayor eficiencia en la operación de los sistemas de transporte ferroviarios.

La **Visión** de SureRail® es situar al mantenimiento ferroviario a la vanguardia de la técnica, empleando las últimas tecnologías disponibles para la optimización del funcionamiento del sistema, permitiendo enriquecer la toma de decisiones con información registrada mediante Railsense®.

Los principales **valores** de SureRail® son el cuidado de las personas: desde un punto de vista económico como de seguridad. SureRail® optimiza la inversión del contribuyente al optimizar los gastos destinados al mantenimiento de los sistemas de transporte ferroviarios, ampliamente apoyados por fondos gubernamentales. Conseguir un mejor mantenimiento con una óptima inversión es una necesidad que SureRail® puede cubrir. Además, SureRail® permite la operación en unas cotas de eficiencia y seguridad superiores, al contar con información enriquecida del estado de los activos.

2.2.- Situación del sector

En un contexto de emergencia climática como el que nos encontramos, el ferrocarril es sin duda el modo de transporte de referencia, especialmente en aquellos trayectos inferiores a 5h de desplazamiento. La enorme importancia del ferrocarril ha quedado constatada con la declaración del 2021 como el año europeo del ferrocarril por la Comisión Europea, acompañado de enormes medidas de inversión y apoyo para combatir la contaminación generada por los sistemas de transporte.

Hay que añadir la progresiva liberalización que está experimentando el sector, recientemente en España, con la entrada en 2021 de competidores privados en la red nacional de AVE. Esta situación de hecho no se limita a España, sino a toda la Unión Europea, existiendo situaciones similares a nivel mundial, en las que diferentes operadores ferroviarios entran en una competición por ofrecer servicios ferroviarios de transporte, mediante el pago de un canon por uso de la infraestructura.

Dicho escenario, que tiene como fin la optimización del sistema y su explotación mediante la competencia, requiere más que nunca de medios de apoyo que complementen y potencien dicha labor de optimización de recursos y mejora de la eficiencia y seguridad. No cabe duda de que la optimización de costes cobrará una mayor relevancia en este escenario, tal y como recoge un informe de McKinsey al respecto.

McKinsey
& Company

The liberalization of the EU passenger rail market

Growth opportunities and new competition



El mantenimiento preventivo de los activos ferroviarios, material rodante y vía, se efectúa atendiendo a especificaciones técnicas dadas por el fabricante del sistema y acordadas con la administración. El empleo de tecnologías avanzadas como la sensorización y la inteligencia artificial, entre otras, permite el incremento del MTBF (Mean Time Between Failures), mejorando la fiabilidad gracias a la predicción de fallos, y la reducción del MTTR (Mean Time to Repair), al producirse averías de índole menor como consecuencia de mejores técnicas de diagnóstico.

Sin duda es un momento único en el sector para el lanzamiento de un producto como SureRail® con garantías, dada la necesidad existente en la industria.

2.3.- Equipo

SureRail® cuenta con un equipo preparado para garantizar el éxito del producto, al aglutinar sus miembros una dilatada experiencia en el sector, en tecnología y gestión empresarial a nivel directivo, tanto en startups como empresas multinacionales.

CEO (Chief Executive Officer): Juan Carlos Carrasco Giménez es ingeniero industrial por la Universidad de Málaga, máster en sistemas ferroviarios por ICAI (Becario La Caixa 2010), Programa Ejecutivo en Transformación Digital por EOI y experto en ingeniería de mantenimiento avanzado por la UNED. Más de 10 años de experiencia en el sector ferroviario, habiendo ocupado los puestos de Responsable de Control de Mantenimiento de AVE, Jefe de Proyecto de I+D y Responsable de Delegación Territorial, desarrollando técnica y comercialmente productos para el ferrocarril gracias al apoyo de CDTI e IDEA.

CTO (Chief Tecnología Officer): Gerardo Barea Pérez es Ingeniero Informático, trader cuantitativo autodidacta y experto en integración y automatización de procesos de negocio. Acumula una experiencia de más de 15 años en consultoría tecnológica dentro de los sectores sanitario, logístico y Administración Pública, habiendo realizado funciones de gestión, análisis y desarrollo de sistemas en empresas como Accenture y Seidor. Compagina su pasión por la tecnología y las finanzas con su otra gran vocación, la formación.

CFO (Chief Financial Officer): José Antonio Sola Jiménez es Licenciado en Ciencias, Executive MBA y socio fundador de la consultora de estrategia y tecnología, Advisor2you. Posee más de 5 años de experiencia en la dirección y control financiera, habiendo realizado gestión de tesorería, planificación financiera y control analítico de negocios.

CMO-CSO (Chief Marketig & Sales Officer): Alfonso Ruiz Rubio es licenciado en marketing e investigación de mercados y tiene formación de postgrado en dirección de empresas en IESE y Master en Marketing Y Gestión Comercial por Esic. Tiene experiencia como director de marketing en banca, industria farmacéutica y de servicios durante más de 15 años y actualmente es CEO de adn10 consultoría de marketing e inteligencia de negocio. Además posee experiencia en mercados internacionales en Latinoamérica y EEUU.

COO (Chief Operations Officer): Luis Miguel Martínez Luque es Diplomado en Magisterio, Licenciado en Psicopedagogía y actualmente finalizando el Grado en ADE. Más de 9 años de experiencia en el sector del seguro, trabajando en MAPFRE sobre entornos relacionados con el dato, el análisis, la gestión y en proyectos de lucha contra el fraude de grandes siniestros.

Adicionalmente SureRail® cuenta con un grupo asesor externo:

Experto en IA y Machine Learning: Emilio Alba Linero es Doctor en Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y CTO de Foqum Analytics, empresa dedicada a la aplicación del Machine Learning a problemas empresariales. Su vocación investigadora le ha merecido la Medalla de Oro de la Olimpiada Nacional de Físicas o el Premio Nacional Jóvenes Investigadores por su trabajo en teoría de juegos. Su experiencia profesional ha transcurrido en Morgan Stanley y el CSIC hasta la fundación de Foqum Analytics en 2014.

Experta en ingeniería de mantenimiento de vía: Marta Fernández Fernández, Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad de Granada, especialista ferroviaria y experta en superestructura de vía con más de 10 años de experiencia, habiendo desarrollado funciones de Responsable de obras y mantenimiento, además de coordinadora de proyectos I+D, todo ello enmarcado en el sector ferroviario.

Experto en diseño electrónico: Álvaro Pérez Bech es técnico de proyectos tecnológicos para empresas de Silicon Valley en el campo de la programación, sensorización, y proyectos de salud como "Da Vinci" para intervenciones quirúrgicas de precisión.

CAPITULO 3 Definición del Problema

3.1.- ¿Qué resuelve SureRail®?

SureRail® pone al servicio del transporte ferroviario la tecnología más avanzada para optimizar la planificación y eficiencia en la operación. Se distinguen dos campos de actuación: mantenimiento de material rodante y de vía.

Mantenimiento de material rodante

El elemento sin duda crítico en el mantenimiento del tren es el sistema de rodadura. Un correcto mantenimiento de la rodadura no sólo permite grandes ahorros, al ser la principal partida de gasto en un taller, sino que evita la exposición a riesgos o fallos.

Es tal la importancia que el registro de parámetros de rodadura tras una intervención de mantenimiento es uno de los elementos centrales y principalmente solicitados en el caso de investigación de incidentes o accidentes. La rodadura se controla de forma periódica en cada revisión. Cuando los parámetros de rueda, como por ejemplo espesor o altura de pestaña, se encuentran fuera de rango es necesario efectuar labores de torneado (imagen inferior).



En otros casos también se tornean cuando se encuentran determinados defectos superficiales que son identificados en taller o durante la marcha (cuando se tratan de casos que afectan al confort). Algunos defectos que se producen son spalling, acunamiento o plano de rueda.



SureRail® gracias a Railsense® es capaz de identificarlo e informar a tiempo al mantenedor para que tome las medidas oportunas de forma inmediata o lo planifique, evitando verse obligado a una carga de trabajo excesiva en taller o dejar un tren sin servicio, lo que permite una óptima planificación de sus operaciones de rueda

Mantenimiento de vía

El mantenimiento de la vía sigue unos protocolos definidos en base a especificaciones, en el caso de España indicadas por ADIF. En la vía se efectúan auscultaciones periódicas puntuales en base a una programación mediante trenes laboratorio específicamente diseñados para tal fin. En la imagen inferior se muestra el tren Seneca de auscultación de vía en la red AVE.



Cuando se identifica en la circulación un defecto se informa al mantenedor de vía que efectúa una inspección dependiendo de su grado de criticidad y en base a una programación definida. Dicha lectura es puntual, por lo que el análisis de la evolución en el tiempo tiene una mayor dificultad, e impide efectuar una predicción dinámica real.

El 12 de mayo de 2017 se produjo un descarrilamiento en Ciudad Real, el primero en la historia de España para AVE y afortunadamente sin víctimas. Tras las investigaciones el origen del problema estuvo en la calidad de conservación de la infraestructura, no el tren.

SE HA SALIDO DE LA VÍA POR UNA AVERÍA

Descarrila un AVE que cubría la ruta entre Málaga y Barcelona: no hay heridos

Los pasajeros han sido transbordados a otro tren hasta su destino final. Ha descarrilado a la altura de Brazatorras (Ciudad Real) se están experimentando retrasos en los trenes de alta velocidad

SureRail® hubiera optimizado las labores de mantenimiento, habiendo detectado con antelación la desviación en el comportamiento del activo y presentando un margen de actuación de seguridad para acometer trabajos correctivos, lo que adicionalmente hubiera evitado dicho desenlace.

Como consecuencia se produjeron daños de severidad en una de las vías durante una longitud de entre 3 km y 6 km, además de afección grave en el sistema de rodadura del tren que

descarriló, dejándolo inmovilizado durante meses. A los costes de ineficiencia de mantenimiento hay que añadir los de reparación y lucro cesante. En el capítulo 5 se detalla un estudio sobre este tipo de costes.

En definitiva, con SureRail® se podrían evitar titulares como el inferior, dado que se permitiría optimizar el mantenimiento sin tener que anularlo, o dicho de otro modo, optimizar el mantenimiento preventivo.

CULPA A LOS RECORTES DE LA CRISIS

Adif localiza 270 puentes, túneles y vías con daños de alto riesgo por nula conservación

La entidad de Fomento ha sacado a concurso un contrato por 10,5 millones de euros para abordar tramos que "precisan proyectos urgentes de reparación"

3.2. Plan de Marketing

Entorno Estructura y Sector

El sector ferroviario en España está bajo la competencia del Ministerio el cual es responsable a través de las diferentes secretarías generales de definir las políticas y ejecutarlas a través de sus órganos dependientes y de los organismos o entidades competentes en la materia.

Las principales funciones que desempeña son la planificación y realización de infraestructuras del transporte ferroviario y la Ordenación de sistema de funcionamiento del sistema de ferrocarriles. Impulsando además, la realización de inversiones de infraestructura requeridas para el correcto funcionamiento del transporte por ferrocarril.

A través de las Secretaría General de Transportes se desarrolla la ordenación general y regulación del sistema de transporte ferroviario, que incluye la elaboración de proyectos normativos mediante los que se establezcan reglas básicas del mercado ferroviario, participación en la elaboración de normas de la Unión Europea y la elaboración de reglas de coordinación sobre competencias delegadas a las CCAA.

En términos más amplios las previsiones para el sector ferroviario mundial tienen una tendencia positiva en los próximos años. El tamaño actual del mercado ferroviario es de 159.000 millones de euros, se esperan unas tasas de crecimiento medio del 2,6%. (Fuente World Rail Market" de Roland Berger elaborado para Unife)

Existe una mayor demanda en el segmento de transporte interurbano, aunque las mayores tasas de crecimiento se desarrollaran en el transporte urbano, como consecuencia de la cada vez mayor concentración de población en grandes áreas metropolitanas.

En cuanto a regiones, se espera que el mayor crecimiento relativo de los próximos tres años lo experimenten los países de Europa Occidental y países de África/Medio Oriente, con una tasa de crecimiento esperada del 3.1% y el 3% respectivamente.

A estas regiones le seguiría el Este de Europa con un 2.8%, Asia Pacífico con un 2.6%, Latinoamérica con un 2.3% y la región NAFTA con un crecimiento del 2.2%.

Los principales factores que aseguran el aumento y crecimiento sostenido de la demanda de inversiones en ferrocarril durante los próximos años, son:

- A. Crecimiento demográfico mundial:** Cada vez hay mayor concentración demográfica en torno a grandes urbes y una preocupación y concienciación creciente en torno a asuntos medioambientales y de sostenibilidad.
- B. La investigación, desarrollo e innovación de los elementos y los sistemas ferroviarios:** Son elementos clave para poder garantizar la subsistencia y eficacia del ferrocarril en el futuro. El ferrocarril de hoy puede ser sumamente competitivo, pero no lo seguirá siendo dentro de unas décadas si no se promueve un avance que le permita hacer frente a las demandas de la sociedad futura y se competitivos frente a sus competidores directos como (el resto de los modos de transporte).
- C. La incorporación de nuevas tecnologías y soluciones** dentro del actual ecosistema digital, y su aplicación al ferrocarril. Nuevos modelos de negocio asociados a estas tecnologías digitales, "big data", mantenimiento predictivo industria 4.0, etc.
- D. La necesidad de defender la promoción del análisis del ciclo de vida del producto** como elemento clave en la decisión de compra de material y equipos ferroviarios, en donde se eviten políticas cortoplacistas que sufran presiones financieras y obligan a seleccionar equipos basados en el precio más bajo.
- E. La mayor incorporación de servicios alrededor de la propia fabricación de productos.** Desde trenes completos a componentes y equipos, la cada vez mayor "servitización" es un elemento clave de desarrollo en las compañías, de tal forma que, partiendo de un producto, los servicios asociados y prestados alrededor del mismo, juegan un papel igual o incluso más importante en sus negocios (mantenimiento, financiación, servicio post-venta, operación, gestión, etc.).
- F. La vital importancia que tiene la dimensión de las empresas en su sostenibilidad y competitividad.** En un entorno globalizado y tan competitivo, la dimensión de nuestras empresas, representa un hándicap a la hora de enfrentarse a proyectos, especialmente en el extranjero. Todo ello en un entorno creciente de concentración sectorial y generación de megaempresas.
- G. La existencia de recursos económicos limitados y la dificultad de ofrecer un retorno directo económico en los modelos ferroviarios existentes.** Hace que la financiación y la presentación de propuestas existentes cada vez más sofisticadas y complejas ofrezca en si un valor de diferenciación y ventaja competitiva relevante y por tanto un área en el que las empresas deben trabajar y profundizar.
- H. La captación y formación de personal capacitado para dar respuesta a las nuevas tendencias y necesidades del sector.** Como garantía de una renovación generacional de vital importancia que permita a la industria mantenerse en el vagón de cabeza del sector.

En definitiva, la industria ferroviaria española tiene ante sí un futuro optimista y esperanzador, dentro de la situación global del sector. Para que esas expectativas se cumplan es preciso dotarse de una política de estado de inversiones ferroviarias clara, estable y duradera, que permita a las empresas que intervienen en el sector poder dimensionarse y establecer estrategias que acompañen el desarrollo ferroviario.

Ello redundará, sin duda, en un mejor y mayor posicionamiento en el exterior, ya que difícilmente se consigue obtener resultados en mercados internacionales si no se es capaz de hacerlo primeramente en el mercado doméstico.

Segmentación de clientes, definición del cliente objetivo.

En el desarrollo de este tipo de servicios identificamos que nuestra búsqueda y segmentación de clientes son empresas del sector ferroviarias que realicen dos tipos de actividad; la gestión de las vías e instalaciones ferroviarias y los fabricantes y operadores de servicios de transporte ferroviarios.

Identificamos además que este tipo de clientes posee unas características singulares de relación comercial, debido al modelo de estructura corporativa que nos conduce a un sistema de relación comercial B2B estructurado de una forma particular.

Debido a que hay clientes que a través de nuestros servicios nos proporcionan información y datos (los fabricantes y empresas ferroviarias) que utilizaremos para poder comercializar posteriormente a las empresas o entidades que gestionan las infraestructuras con la finalidad de ofrecer un servicio monitorizado de mantenimiento predictivo anticipándonos a posibles fallos o desgaste no controlado que pueda afectar al normal funcionamiento (fabricantes y operadores), así como un servicio de información de deficiencias y/o necesidades de mantenimiento en los diferentes tramos monitorizados para ofrecer un mapa de predicción de necesidades de mantenimiento que de la misma manera, afectaran al normal funcionamiento.

En primer lugar, identificamos a un cliente objetivo como palanca de partida que es **RENFE** que nos permitiría poner en marcha el proyecto y sus recorridos de alta velocidad en la ruta del tren Madrid-Valencia, donde iniciaríamos la actividad y puesta en marcha del proyecto.

Esta implementación se realizaría de manera progresiva para iniciar la obtención de datos a través de la monitorización propuesta e iniciar el almacenado y tratado de datos.

El otro perfil de cliente son las empresas que gestionan las infraestructuras ferroviarias, en principio comenzamos con **ADIF**, con parte de nuestra estrategia de generación del dato y resultados en las líneas de alta velocidad, que consideramos que son las que hoy tanto para RENFE como para ADIF son "Core" para crecer en competitividad.

Los segmentos de clientes a los que nos dirigimos en la actualidad quedan referidos a los dos tipos mencionados tanto en el mercado nacional como internacional. Con el proceso de liberalización del mercado ferroviario que se está produciendo, es posible que los clientes aumenten y se pueda dirigir nuestra actividad a otras empresas nacionales de del mercado europeo.

3.3.- ¿Qué ofrece la competencia?

El sector está demandando un sistema de auscultación permanente en el material rodante que permita obtener información enriquecida mientras se opera para tomar decisiones en mantenimiento que permitan optimizar las operaciones. Esto implica que comienza a haber movimientos en el sector, ya iniciados desde hace tiempo, pero que en los dos últimos años están cobrando una especial relevancia, al incorporarse en pliegos de licitación para algunas líneas internacionales.

En el estudio del mercado se han identificado como empresas competidoras: Limmat Group, REDALSA, Perpetuum, Cetest y fabricantes como Alstom o Siemens.

1. Limmat Group (https://limmat-group.com/soluciones/#id_imas)

Disponen de una plataforma de mantenimiento que se denomina IMAS+. que proporciona servicios de digitalización, monitorización y predicción sobre infraestructuras ferroviarias.



Tal y como indican, a nivel de digitalización ofrecen un servicio de gestión de mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), que mejoran la trazabilidad, la transparencia y los procedimientos de calidad de todas las actividades realizadas en el mantenimiento.



En monitorización ofrecen funcionalidades de una plataforma Big-Data e IoT para prever información en tiempo real del estado de la infraestructura y/o vehículos. A nivel de predicción generan aplicaciones específicas de mantenimiento basadas en las condiciones tanto para infraestructura como para vehículos.

2. REDALSA (<http://redalsa.com/auscultacion-dinamica-2/>)

Redalsa es una empresa de montajes de infraestructuras ferroviarias y su mantenimiento.



Disponen de un sistema de auscultación dinámica de vía denominado RT3 que consiste en la sensorización de ejes ferroviarios con soluciones cableadas que requiere alimentación de 220 V.

3. PERPETUUM (<https://perpetuum.com/>)



Comercializan servicios de monitorización con sensor inalámbrico, autoalimentado. El servicio ofrecido por esta empresa es la captación de datos mediante su sensor autoalimentado y generación de visualizaciones.

4. CETEST (<http://www.cetestgroup.com/es/>)



Es un centro de ensayos y análisis especializado en el sector ferroviario. Ofrecen servicios de ensayos sobre resistencia mecánica, comportamiento dinámico de los trenes, ruido y vibraciones, ensayos climáticos, ensayos especiales en vías, comportamiento rotativo de los elementos, consumo de energía, ensayos de tracción y frenado, entre otros. Los ensayos son realizados de forma puntual bajo demanda.

Actualmente no realizan auscultación en continuo ni tratamiento de datos on-line. Tampoco disponen de una plataforma SaaS

E) ASLTOM o Siemens

SIEMENS Alstom y Siemens son los mayores fabricantes de material ferroviario a nivel mundial con excepción de China. Es tal su magnitud que la Comisión Europea impidió su fusión con el fin de evitar un gigante europeo y no favorecer un escenario de monopolio. Estas empresas cuentan con sistemas de sensorización propios en sus vehículos los cuales les revierte información sobre el estado de los mismos, pero no son tratadas externamente para informar al mantenedor de infraestructuras. La más avanzada es la de SIEMENS, que recibe el nombre de RAILIGENT, pero nace más como una plataforma open-source en la que integrar diferentes proveedores, como por ejemplo, Perpetuum, lo que muestra un escaso interés comercial en la comercialización de un producto específico con la vocación de SureRail®.

3.4.- ¿Por qué SureRail®?

La competencia ha permitido abrir mercado y comenzar a despertar el interés de las empresas ferroviarias, tanto operadoras como administradores de infraestructura, por lo que se considera muy positiva. Sin embargo, ninguna de las soluciones presentada aglutina un producto completo con las necesidades reales que está demandando el sector, y esto es lo que diferencia a SureRail® y la hace única.

Concretamente por:

Limmat Group cuenta con un importante apoyo en RENFE, pero el producto no está aún maduro, para la sensorización no cuentan con un sistema de sensores propio, lo que le ha motivado a recurrir al sistema RT3 de REDALSA y aliarse para poder alimentar la plataforma IMAS+. El sensor de REDALSA es cableado, necesita una instalación mayor y como consecuencia un mayor mantenimiento, además, supone una modificación en el material rodante, lo que a un mantenedor podría generarle recelo al alterar su activo.

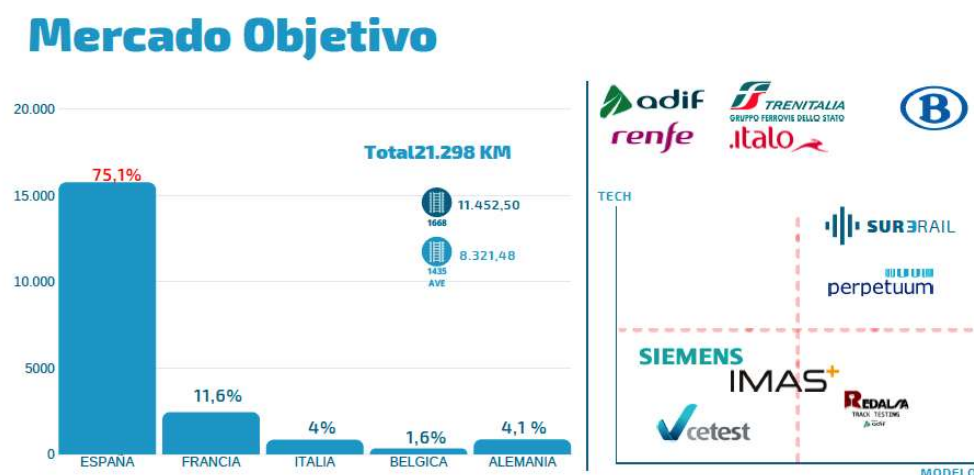
Perpetuum sí cuenta con sensores autónomos, habiendo servido de inspiración para RailSense®, pero su sistema de evaluación de información es optimizable.

Cetest cuenta con gran experiencia, pero no cuenta con vocación de desarrollo de producto en el sentido de que se ofertan como consultoría.

Empresas como Siemens o Alstom también se encuentran en constante desarrollo de soluciones digitales, pero no se identifica un producto con el enfoque de SureRail®. Se identifica interés exclusivo en el mantenedor del tren, no de la vía, al carecer de esa visión de negocio. En el caso de Siemens, la más tecnológicamente avanzada, cuenta con la plataforma RAILIGENT que funciona más como HUB de información, al permitir la interconexión con los datos enviados por Perpetuum u otras plataformas que como producto para la optimización de la programación.

Las soluciones de sensorización desarrolladas por Alstom o Siemens no son operables en material de terceros fabricantes sino como solución particular, lo que implica que no darían solución al inmenso parque móvil de material rodante actualmente en funcionamiento a nivel mundial de otras marcas.

Cuadro de análisis de mercado y competencia



3.5.- Análisis DAFO

Debilidades

Empresa con poco capital y de reciente creación

Escasa en experiencia tecnológica actualmente (en proceso)

Baja penetración y presencia en el sector y cobertura de networking en el sector en general

Amenazas

Sector ferroviario complejo y muy concentrado

Pocos competidores en cuanto al mercado pero muy poderosos y con una experiencia mayor

Sector cambiante y tiempos cortos de oportunidad para introducir innovación, mercado tecnológico con ciclo de vida corto.

Fortaleza

Proyecto con mucha Ilusión

Equipo muy complementado en el ámbito profesional con perfiles variados

Conocimiento del sector y alta visión de negocio

Oportunidades

Aparición de nuevas tecnologías que posibilitan ofertar diferentes servicios adicionales al transporte. "Futuro tren conectado". **Incremento de la demanda de nuevos** servicios de valor añadido, con base de tecnologías de análisis masivo de datos (data- mining), almacenamiento de información "en la nube" (o Cloud) e IoT (internet of Things).

Tecnología 5G como un nuevo paradigma donde se integran este tipo de sistemas en el ámbito ferroviario.

Liberalización del sector ferroviario y expansión de las empresas locales a otros países exportando su tecnología y know How.

3.6. Plan y Funnel de Ventas

Time to Market mínimo y fiabilidad máxima de los datos obtenidos para transformarlos en acciones que aporten valor y puedan ser medidos por los kpi's establecidos en el negocio.

Establecer un plan de ventas acorde a un modelo de ventas b2b e iniciar todo el proceso de comercialización hemos establecido conforma un plan en las cinco fases que detallamos a continuación:

Establecemos tres mercados en las diferentes fases que son España, Italia y Bélgica como los mercados objetivos en estas fases, ocupando el mercado español las dos primeras fases de actuación. Por ser el mercado prioritario.

Fase 0

En esta fase que estamos en desarrollo realizaremos la primera aproximación con los clientes Adif y Renfe con la finalidad de iniciar los posibles compromisos para el desarrollo de la plataforma, sensorización e inicio de pruebas del modelo en 10 trenes y auscultación de 363 km de rutas de Tren Alta Velocidad Madrid -Valencia.

Una vez desarrollada la plataforma e iniciado este proceso de sensorización, comenzará la fase de recogida de datos, comprobación y ajuste del modelo para corroborar la tesis planteada cara a la evolución a tramos de vía tipo 1886 y ampliación de red en 1435.

En esta fase iniciamos con la integración en asociaciones como de empresa del sector ferroviario para comenzar nuestra entrada en el sector, además comenzamos a recabar y elaborar el contenido para los materiales de venta y manuales de presentación de producto, estudios y las publicaciones que se irán presentando en las diferentes revistas reputadas en el sector, así como otros eventos seleccionados para su presentación pública como caso de uso de éxito en los objetivos propuestos.

Fase 1

En esta fase con los resultados obtenidos y con una validación del modelo, se procurará establecer un desarrollo de la relación con los dos clientes principales partners, para pasar a un proceso de incremento de número de trenes sensorizado a un total de 88.

Durante estos 12 meses que dura la fase además de iniciar ya procesos de comercialización de los servicios en España con los dos clientes mencionados, comenzaremos a incrementar las actividades de mejora y perfeccionamiento del modelo técnico, a través de los diferentes estudios económicos sobre el mantenimiento, realizando una valoración económica que pueda ser extrapolado a otros casos de uso para el lanzamiento a Europa y que nos aporte reputación de marca como empresa reconocida en el sector ferroviario.

Comenzaremos a trabajar en la elaboración de materiales y presencia en ferias y congresos del sector donde asistan nuestros clientes y buscaremos una alianza con la marca de nuestros clientes para apalancar la reputación de SureRail como empresa de servicios tecnológicos ferroviarios y enfocados al mantenimiento inteligente de activos ferroviarios.

Para ello actividades realizaremos actividades de Inbound marketing, publicaciones en nuestro propio sitio web, artículos, así como acciones de marketing, construcción de reputación de marca, video promocional de SureRail®, para crear una sinergia de mercado y la relación con grupos de interés en el sector.

Fase 2

Esta fase es determinante para ultimar el crecimiento en España y comenzar el camino hacia el mercado italiano y el mercado belga que llevaremos a cabo en fase 3 y 4 respectivamente.

Nuestro funnel de ventas se encuentra en estos momentos en el momento importante de potenciar todo lo recorrido y continuar interactuando en la colaboración establecida con nuestros clientes actuales en España. A partir de aquí construiremos el modelo comercial que nos lleve a conseguir la entrada en fase 3 y 4, por lo que realizaremos actividades de preventa e los mercados seleccionados trabajando con dos principales empresas en Italia para iniciar la relación comercial a futuro en la fase 3.

Estos 12 meses nos llevarán a realizar las primeras aproximaciones con estas empresas a conocer el modelo de trenes, el estado ferroviario y a proceder a realizar un análisis exhaustivo de las condiciones necesarias para adaptar los datos obtenidos en España al mercado italiano y belga.

Esto nos permitirá crear expectativas de resultado que se encuentren dentro de un parámetro de negocio real y que pueda cumplir las premisas establecida de ahorro de costes y de mejora de la conservación de la red viaria italiana y belga.

Con un desarrollo tecnológico de 3 años y un modelo de análisis muy definido para este mercado podemos iniciar a presentar datos reales del servicio con un total de trenes sensorizados en España de 230 trenes y más de 3000km auscultados, creando contenido para vender con mayor solvencia, y sobre todo con un valor como marca poderosa al tener como clientes a Renfe y a Adif en España siendo un país reconocido por su red ferroviaria, además del país con mayor km de red.

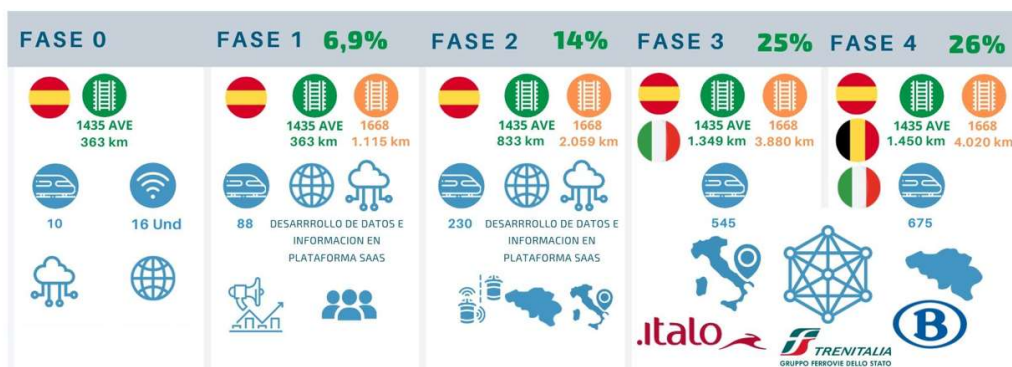
Por lo tanto en esta fase 2, debemos comenzar a desarrollar mayor contenido de servicios de valor para los clientes y establecer un modelo de atención con procesos eficientes en la prestación de servicios que permitan mantener los niveles de servicio y sobre todo un Servicio técnico postventa que pueda atender las necesidades que demande el servicio en los diferentes clientes.

Fases 3 y 4

Son fases de consolidación son las fases donde dedicaremos esfuerzo para crecer tanto en el mercado español como desarrollar el mercado italiano y belga para consolidar y alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto.

Es inevitable comentar que aquí el proceso comercial pasara por desarrollar un modelo de atención y un servicio de atención técnica que permita aportar valor a los clientes, estableciendo sistemas de información y formación que puedan dar soporte a las operaciones que se realizan. Sin duda en esta fase la inversión en actividades de marketing, que se iniciaron sigue teniendo sentido aún más cuando se pretende crear mayor valor para poder mantener nuestros ingresos, a pesar de la posibles bajadas en precios en el mercado a causa de la entrada de competidores que comiencen a entrar a participar de este mercado.

Fases SureRail (60 meses)



Funnel de Ventas

TOFU (Top of the Funnel)

ATRAER
Generar expectativas

- Resultados y Reputación
- Activ. con Lobby Ferroviario
- Workshops y Eventos
- Primeras Publicaciones

MOFU (Middle of the Funnel)

INTERACTUAR
Generar interes y consultas previas a iniciar fase de prueba

- Inbound marketing, publicaciones
- Acciones de marketing constuccion de reputación
- Video promocional
- Relacion con grupos de interes

BOFU (Bottom of the Funnel)

CONVERTIR
Generar engagement con el cliente e inicio de fase de prueba

- Puesta inicial de sensores
- Exito previo en Casos de éxito en ADIF Y RENFE
- Analisis de sensibilidad de reducion de costes historicos vs inversión



CAPITULO 4 Definición de la Solución Tecnológica

4.1.- Railsense®: la Fuente de Datos Principal de SureRail®

Railsense® es el responsable de alimentar a SureRail®. Consiste en un sensor Wireless de alimentación autónoma (mediante Energy Harvesting) e interoperable con cualquier modelo de tren y un gateway que recibe la información generada por los sensores y la envía hacia el servicio SureRail® de forma segura.



Los sensores Railsense® se instalan en la zona denominada caja de grasa de cada eje del tren de forma cómoda y sin modificar el material rodante. Las cajas de grasa del tren son el lugar donde se encuentra el sistema de rodadura del eje, por lo que las vibraciones no están sometidas al filtrado que pueda incorporar la suspensión primaria, siendo los valores registrados una fuente de datos de calidad para poder realizar estudios posteriores (imagen inferior). Railsense® se instala por tanto en la superficie de forma mínimamente invasiva.



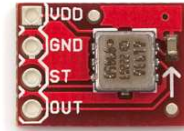
Los gateways Railsense® se instalan en el interior del vehículo conectados en una toma eléctrica monofásica de 220 V del armario eléctrico de control del coche.

SureRail® también es compatible con la recepción de datos desde plataformas de terceros. Para la fase 0 se contempla un acuerdo con un operador ferroviario.

Arquitectura de prototipado: RailSense® Type 0

Para la fase 0, correspondiente al lanzamiento del producto, se ensamblará un prototipo que posteriormente será industrializado mediante un desarrollo con un colaborador ya asignado. Los principales componentes a incorporar en este modelo denominado RailSense® Type 0 son:

- 2 unidades del acelerómetro ADXL193: se duplican para realizar una autodetección de defectos y descartar posibles defectos de funcionamiento del dispositivo.



- Módulo GPS U-blox GY-GPS6MV2



- Protoboard



- 2 Power Supply ECO 200 – Kinetic Energy Harvesting



- Placa ESP-WROOM-32 ESP32-S Wifi Bajo consumo



Características

Railsense® cumple los máximos estándares de calidad del mercado

- Cumplimiento de EN 50155, EN 50126, EN 50128, EN 50129 y EN 61373
- Medida de la aceleración conforme a ficha UIC 515-1
- Temperaturas de funcionamiento: - 30 °C a 55 °C
- Resistencia a la humedad del 95%
- Valores de captación: 50÷100 G y 0-500 Hz
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas

Industrialización en serie

Previo a la industrialización en serie se efectuará la validación del prototipo, atendiendo a criterios de consumo energético, ensayo de comportamiento medioambiental, y test de compatibilidad electromagnética y radiación entre otros.

A su vez, los gateway RailSense® tienen incorporada una placa con receptor Wifi, una tarjeta GSM y una CPU para poder hacer su función de recepción de datos de los sensores y su posterior envío seguro hacia SureRail®.

4.2.- SureRail®: El Servicio

La plataforma SureRail® proporciona un servicio de apoyo para el mantenimiento del material rodante y las vías gestionadas por los operadores y mantenedores ferroviarios. Para conseguir este objetivo nuestra solución proporciona las siguientes funcionalidades:

- Integración de datos de sensores de la flota de trenes

SureRail® es capaz de recibir y procesar la información proveniente tanto de los sensores RailSense®, como de otras soluciones de sensorización desarrolladas por terceros y ya instaladas en el material móvil.

- Integración de datos geográficos de vías ferroviarias

El sistema es capaz de cargar la información geográfica de todas las vías ferroviarias que están activas dentro del servicio. De esta forma se puede representar gráficamente en un mapa la evolución del estado de las mismas a lo largo del tiempo.

- Visualización de información de la flota de trenes

Se muestra el listado de todos los trenes de un operador ferroviario adscritos al servicio junto con información relevante asociada al mismo, tal como el número de ejes totales, ejes sensorizados y alertas recibidas

- Visualización de información de vías ferroviarias

Se proporciona un listado con información de todas las líneas ferroviarias de un mantenedor asociadas al servicio, tal como nombre de la vía, tipo de vía, número de kilómetros, alertas recibidas, tipología de defectos detectados y tiempo de actuación para acometer el mantenimiento.

- Análítica de datos de sensores de la flota de trenes

SureRail® permite realizar estudios de analítica del estado de cada uno de los sensores asociados a cada eje de un tren. Esto permite ver el comportamiento que el material rodante ha tenido a lo largo del tiempo.

- Detección de anomalías en material rodante

El sistema es capaz de detectar valores anormales en las lecturas de los sensores colocados en el material rodante de cada tren y almacenar dichos eventos para su posterior estudio.

- Detección de daños en vías ferroviarias

Mediante la información de anomalías generadas por el material rodante de los trenes al pasar por determinados tramos de vía ferroviaria, el sistema es capaz de evaluar el daño de dichos tramos a lo largo del tiempo y mostrar un mapa con el estado actual de cada uno.

- Envío de alertas

SureRail® es capaz de emitir una alerta SMS a los responsables de mantenimiento, tanto de los operadores como de los mantenedores de infraestructura, cada vez que se produce una anomalía en alguno de sus activos. De esta forma pueden acceder al servicio y estudiar dicho evento.

- Gestión de facturación

Se proporciona información de los servicios contratados en SureRail®, junto con el listado de facturas emitidas en cada momento.

- Configuración del servicio

Permite especificar ciertos aspectos propios del servicio para el cliente, tales como datos básicos de la flota de trenes y conjunto de vías ferroviarias, responsables de mantenimiento que recibirán las alertas y niveles de umbral para la detección de daños en vías ferroviarias, entre otros datos.



4.3.- Dataframe de RailSense®

Cada dispositivo RailSense® alimentará SureRail® siguiendo la estructura de datos mostrada a continuación:

ID_S	GPS_Date	GPS_Speed	GPS_L	GPS_A	AX_1	AX_2	AY_1	AY_2	AZ_1	AZ_2
1	2/2/2020 17:01	245	22.420622	39.191868	2.41	2.42	1	1.1	1.2	1.18

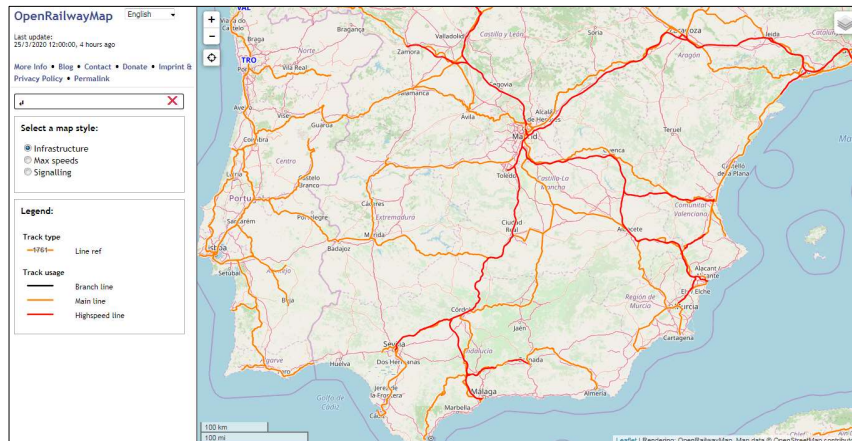
El significado de cada uno de los elementos de la columna es el siguiente:

- ID_S (ID Sensor): es el **identificador único** de cada dispositivo RailSense®. Cada tren, en función del número de ejes o necesidad del operador, tendrá instalado un número variable de dispositivos. La relación entre el ID Sensor y el tren en cuestión vendrá determinado por una base de datos de cliente.
- GPS_Date: fecha y hora en formato ISO.
- GPS_L: Latitud de GPS
- GPS_A: Altitud de GPS
- AX_1: aceleración en eje longitudinal al de avance (sensor 1 titular)
- AX_2: aceleración en eje longitudinal al de avance (sensor 2 redundado)
- AY_1: aceleración en eje transversal a la vía (sensor 1 titular)
- AY_2: aceleración en eje transversal a la vía (sensor 2 redundado)
- AZ_1: aceleración vertical (sensor 1 titular)
- AZ_2: aceleración vertical (sensor 2 redundado)

Como se ha indicado en la arquitectura de RailSense® existen dos acelerómetros sirviendo como medida de redundancia ante fallo para autodiagnosticar defectos en el dispositivo o el acelerómetro en cuestión. Su función es doble: automantenimiento y filtrado de errores.

4.4.- Datos Geográficos de Vías Ferroviarias

SureRail® obtiene los datos geográficos de todas las vías adscritas al servicio de la página web <https://www.openrailwaymap.org/>



OpenRailWayMap, es un servicio que se apoya en la información de OpenStreetMap, la cual es una fuente abierta de datos geográficos, alimentada por múltiples contribuidores anónimos y algunas instituciones públicas de gran renombre.

En concreto, SureRail® toma la información alojada en el mirror de OpenStreetMap llamado GeoFabrik, el cual tiene el soporte del gobierno alemán, por lo que se puede considerar una fuente de datos abierta de gran fiabilidad.

GeoFabrik contiene una serie de archivos con toda la información geográfica de los diferentes continentes del mundo. Esta información sigue el formato propio de OpenStreetMap, el formato OSM.

El formato OSM es el propio de cualquier base de datos documental tipo MongoDB, esto es, la información alojada en cada fichero OSM, básicamente no tiene un formato estándar definido. Simplemente, cada fichero contiene una serie de nodos a los que se les van agregando etiquetas y atributos que definen cada una de las localizaciones contenidas en ellos.

Para el caso concreto de las vías ferroviarias, existen algunos atributos y etiquetas estándar que facilitan la manipulación de dicha información. La peculiaridad del formato OSM es que contiene información relativa a la localización GPS y la definición geométrica de las diferentes localizaciones que contiene.

Para nuestro caso concreto, nos proporciona una definición base de cada uno de los tramos que componen todas las vías ferroviarias, así como el orden que estos siguen desde su inicio hasta su final.

Se puede encontrar una descripción más detallada del formato OSM y las etiquetas relativas a vías ferroviarias en los siguientes enlaces:

https://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_XML

<https://www.geofabrik.de/media/2016-09-24-railways-at-osm.pdf>

<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:railway>

Un ejemplo del **formato OSM** de OpenRailwayMap es el siguiente:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6">
  <node id="691566183" lat="49.7982193" lon="13.4686623">
    <tag k="ele" v="295"/>
    <tag k="information" v="railway"/>
    <tag k="name" v="Dolanský most (pravý břeh)"/>
    <tag k="railway" v="information"/>
  </node>
  <area id="3600435511"/>
  <area id="3600442466"/>
  <node id="691566191" lat="49.8003120" lon="13.4679726">
    <tag k="ele" v="295"/>
    <tag k="information" v="railway"/>
    <tag k="name" v="Dolanský most (levý břeh)"/>
    <tag k="railway" v="information"/>
  </node>
</osm>
```

Posteriormente, después de tratar internamente la información proporcionada por los archivos OSM y de evaluar los posibles daños en cada uno de los tramos de cada una de las vías ferroviarias adscritas al servicio, se utilizará para representar visualmente en un mapa dicha definición de estado el formato GeoJSON.

El formato GeoJSON es el estándar de información geográfica más utilizado en aplicaciones web y la definición de su formato se encuentra especificada en la [RFC7946](#). Junto a la información geográfica de cada tramo de vía, irán las propiedades relativas al estado del mismo. Un ejemplo del formato **GeoJSON** es el siguiente:

```
{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "Point",
        "coordinates": [102.0, 0.5]
      },
      "properties": {
        "prop0": "value0"
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "LineString",
        "coordinates": [
          [102.0, 0.0], [103.0, 1.0], [104.0, 0.0], [105.0, 1.0]
        ]
      },
      "properties": {
        "prop0": "value0",
        "prop1": 0.0
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [
            [100.0, 0.0], [101.0, 0.0], [101.0, 1.0],
            [100.0, 1.0], [100.0, 0.0]
          ]
        ]
      },
      "properties": {
        "prop0": "value0",
        "prop1": { "this": "that" }
      }
    }
  ]
}
```

4.5.- Arquitectura Tecnológica

Para el desarrollo de nuestro servicio, hemos optado por desarrollar una solución serverless con arquitectura multi-tenant basada en la nube **Azure** de Microsoft. Existen múltiples casos de éxito de implantación de esta plataforma dentro del sector ferroviario, una de ellas es la de nuestro principal competidor Perpetuum.

¿Por qué Serverless?

Las arquitecturas serverless están orientadas a dividir la funcionalidad en microservicios y a abstraer los mismos de la infraestructura física en la que se ejecutan. De esta forma delegamos el mantenimiento de dicha infraestructura y la ejecución de los procesos en un proveedor externo que nos garantice la seguridad, disponibilidad y escalabilidad de los mismos, esto último nos permite adaptarnos flexiblemente a la demanda en cada momento.

El pago de estos servicios suele hacerse según los recursos consumidos a lo largo del tiempo.

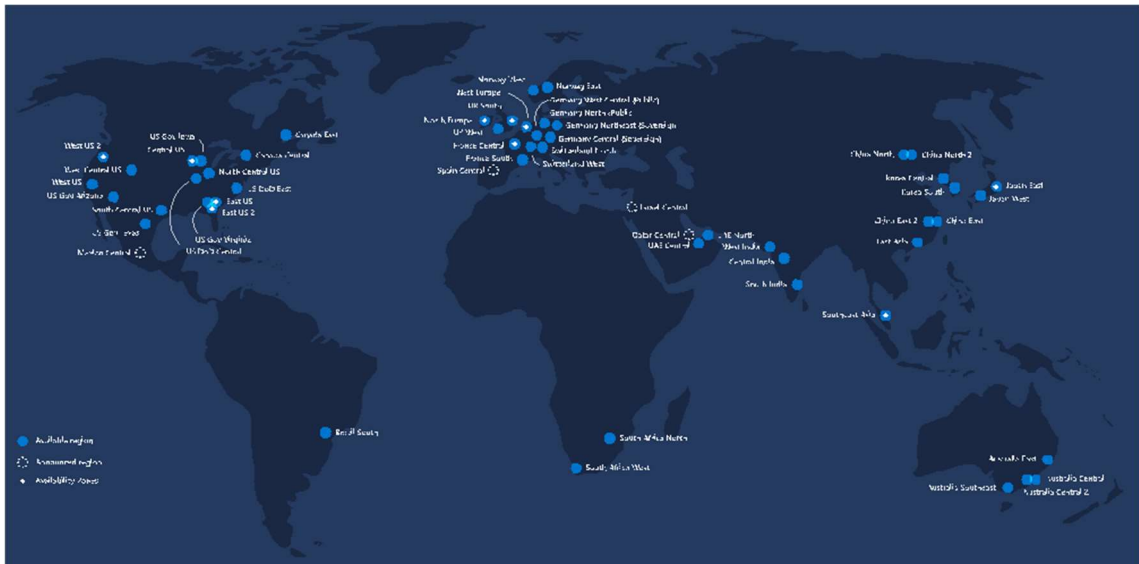
¿Por qué Azure y Microsoft?

Las principales razones para elegir Azure y Microsoft frente a otros proveedores son básicamente las siguientes:

- **Dominio tecnológico** por parte del equipo técnico.
- **Costes** competitivos y en la media del mercado.
- Alta **oferta** de servicios disponibles.
- **Soporte** sencillo y robusto con tecnologías IoT.
- **Integración** sencilla con los entornos de negocio de nuestros clientes, los cuales usan tecnologías Microsoft en su mayoría.
- **Privacidad**, ya que Azure es el primer proveedor certificado con cumplimiento en términos de normativas de protección de datos, destacando la directiva europea GDPR.



- **Seguridad** disponible a todos los niveles, ya que cuenta con el reconocimiento del gobierno de los EEUU como la plataforma cloud con mejor calificación FedRAMP. Además, cumple con otras múltiples certificaciones de renombre.
- **Cobertura**, contando con más de 58 regiones disponibles a lo largo del mundo.



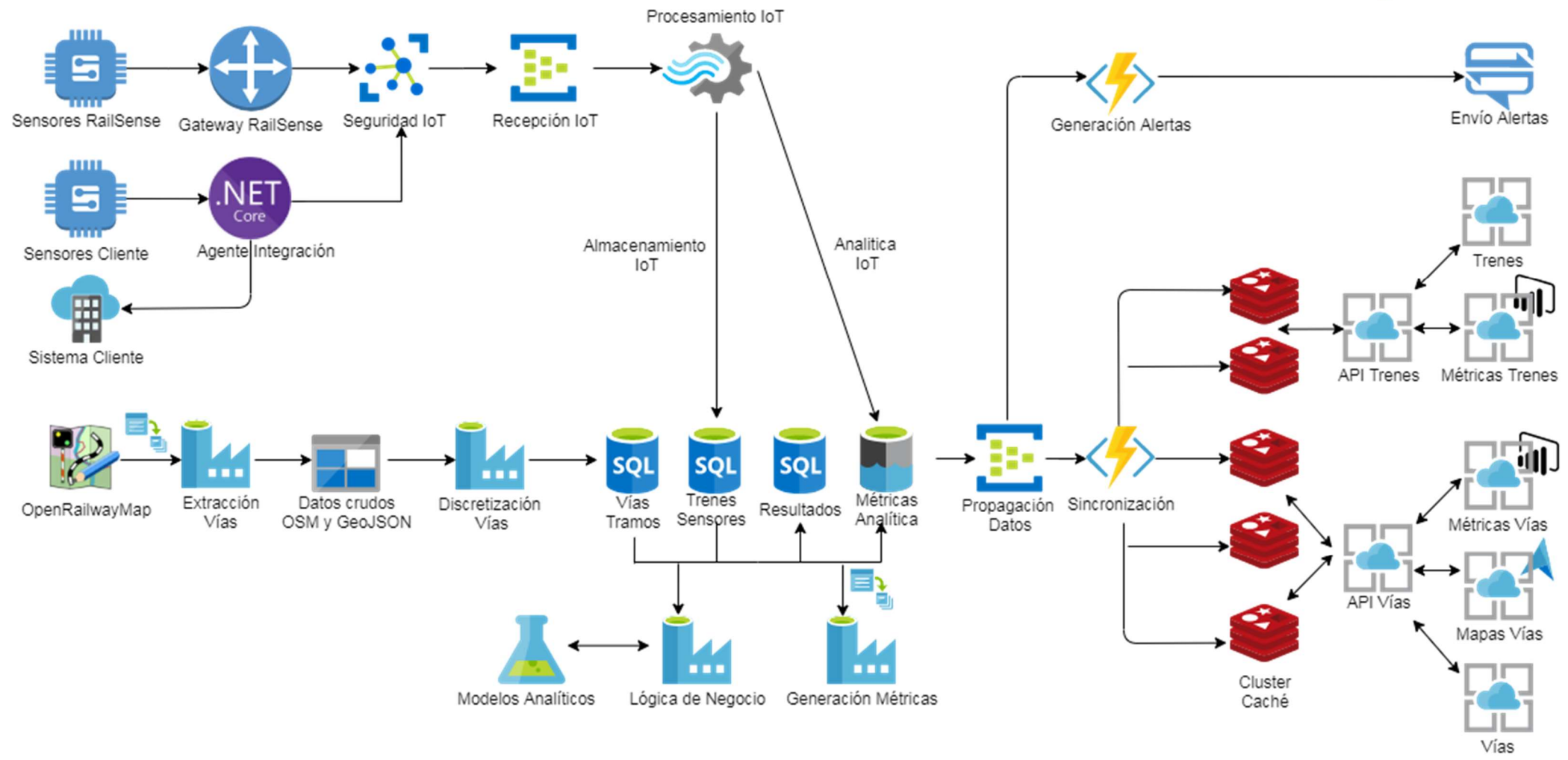
¿Por qué Multi-Tenant?

Las soluciones cloud Multi-Tenant son aquellas en las que una única instancia del servicio es compartida entre varios clientes, al contrario que las Single-Tenant donde cada cliente tiene su propia instancia personalizada ejecutándose.

Las razones de optar por este enfoque son las siguientes:

- **Costes** más bajos, al reducir el número de instancias en ejecución.
- **Mantenimiento** más sencillo, al no tener que controlar múltiples instancias se pueden aplicar actualizaciones a todos de forma más sencilla.
- **Configuración** global en un único punto para todo el conjunto de clientes del servicio.

El diagrama general de la arquitectura del servicio es el siguiente:



4.5.1.- Integración de Datos de Sensores

Los sensores RailSense® transmiten por wifi sus datos de aceleración y coordenadas GPS siguiendo el protocolo MQTT, y lo hacen solo cuando el tren está en movimiento, de tal forma que el gateway situado en cada coche va encolando dichos mensajes. Al hacerlo les asocia un certificado X.509 con el que se compone un mensaje encriptado HTTPS/TLS, el cual es encolado y enviado hacia SureRail® cuando hay cobertura 4G a través del modem GSM interno del gateway.

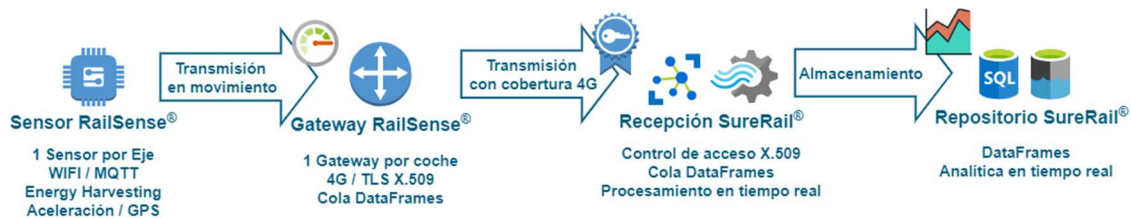
Una vez dichos mensajes llegan a SureRail®, son autenticados por una instancia de **IoT Hub**, la cual comprueba la validez del certificado que incorpora el mensaje. Si todo es correcto, el mensaje es encolado por una instancia de **Event Hub** y enviado hacia otra instancia de **Stream Analytics** para su procesamiento en **tiempo real**.

El procesamiento en tiempo real consiste en un primer paso en filtrar los valores duplicados de los acelerómetros del sensor, los cuales se verificarán mediante un algoritmo de control dejando una variable final válida.

En resumen, el dataframe final procesado y limpio para el análisis presentará la siguiente estructura:

ID_S	GPS_Date	GPS_Speed	GPS_L	GPS_A	AX	AY	AZ
1	2/2/2020 17:01	245	22.420622	39.191868	2.41	1	1.2

AX, AY y AZ son los valores de aceleración definitivos para cada eje. Una vez que tenemos el dataframe final, el siguiente paso dentro de Stream Analytics es generar una analítica de aceleración de dichos datos y por último se almacena dicha analítica y los dataframes finales dentro de nuestro repositorio de información.



Si algún dataframe contuviera algún tipo de valor anómalo, esta circunstancia quedaría reflejada en el sistema para poder informar al Departamento de Mantenimiento de SureRail® de la existencia de defectos en alguno de los dispositivos RailSense®.

Integración de datos de sensores externos

Los datos que puede recibir SureRail® principalmente provienen de los sensores RailSense®, sin embargo, se ofrece a clientes operadores ferroviarios que ya dispongan de tecnologías de sensorización propias o de terceros, hacer uso del servicio SureRail®.

Para estos clientes se proporciona un **agente de integración** desarrollado en **.NET Core**, el cual se instala en los sistemas del cliente. Este agente, por una parte reenvía los datos originales de vuelta al sistema de recepción del cliente y por otro lado mapea el formato propio del cliente hacia el formato de SureRail®, finalmente encripta dicha información mediante un certificado y se la envía a SureRail® para su posterior tratamiento.

4.5.2.- Integración de Datos Geográficos de Vías Ferroviarias

Como ya se explicó anteriormente, los datos geográficos de todas las vías adscritas al servicio se toman del mirror GeoFabrik de OpenRailWayMap. A diferencia de la integración de datos de sensores que ocurre en tiempo real, esta integración se ejecutaría bajo demanda a través de una cuenta **Batch** cada vez que se habilitaran nuevas vías dentro del servicio, formando por tanto entre ambas, la base de una **arquitectura Lambda**.

Estos datos geográficos, al tratarse de datos no estructurados, los procesamos siguiendo un **esquema ELT** (Extract, Load, Transform) donde la primera etapa consistiría en almacenar y preprocesar dicha información y por último discretizar la información de vías importadas a tramos de una precisión estándar definida de unos diez metros de longitud.



Almacenamiento y preproceso

La primera etapa de almacenamiento y preproceso se iniciaría por una instancia de **Data Factory**.

Data Factory es un microservicio que se encarga de realizar integraciones de datos y permite ejecutar pipelines de procesamiento en cadena para realizar dicha función.



El proceso que se ejecuta dentro de nuestro Data Factory tiene como primer paso descargarse los archivos OSM de GeoFabrik y depositarlos en una instancia de **Blob Storage**.

El siguiente paso de la cadena es ejecutar un proceso de línea de comandos que toma dichos archivos almacenados, los lee, filtra la información contenida en ellos para quedarse solamente con aquellos nodos relativos a vías ferroviarias y finalmente convierte dichos nodos filtrados al formato de representación gráfica GeoJSON.

Este proceso de línea de comandos consiste en la ejecución de la herramienta de software libre **Osmium**, la cual es la herramienta oficial de GeoFabrik para el tratamiento interno de la información que aloja de OpenStreetMap.

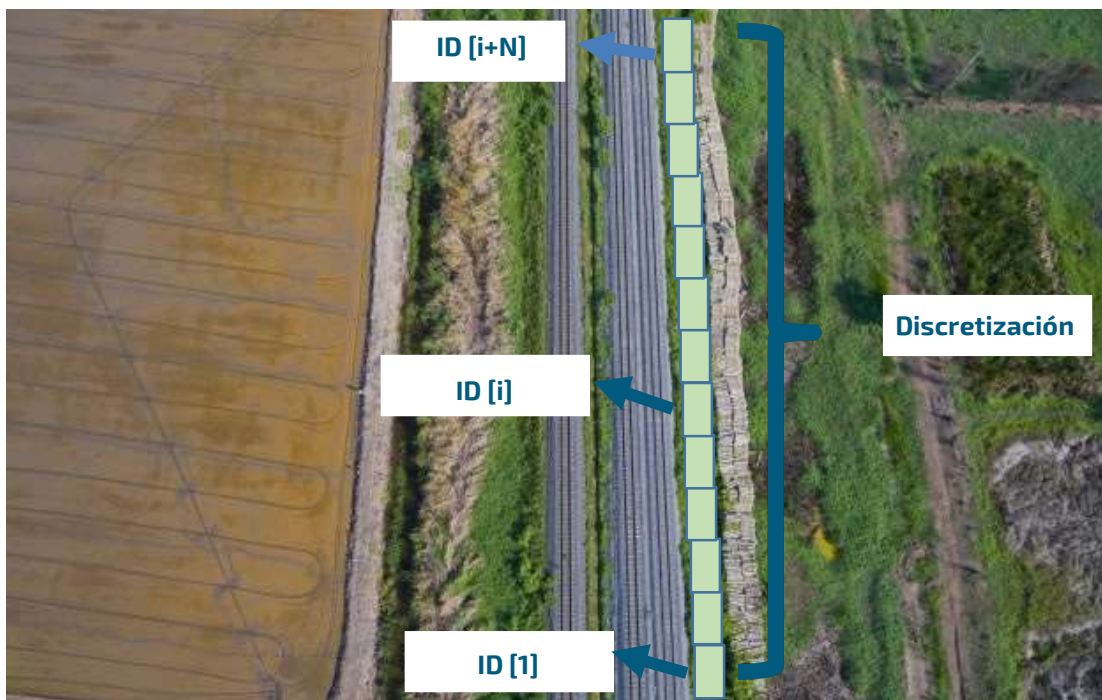
El comando específico de Osmium a ejecutar sería `osmium export`, y sus opciones están definidas en el siguiente enlace: <https://docs.osmcode.org/osmium/latest/osmium-export.html>

Como último paso dentro de nuestro Data Factory, lo que hacemos es depositar los archivos GeoJSON resultantes en nuestra instancia de Blob Storage.

Discretización de vías en tramos a medida

Las ubicaciones GPS recogidas por los sensores RailSense® contarán con un mínimo error, por lo que lograr una precisión exacta del punto kilométrico concreto resulta complicado. Una forma de resolver el problema sería mediante el sistema de odometría del tren, que dependiendo del sistema de señalización que tenga instalado podrá presentar una mayor o menor precisión, pero además de incorporar una mayor complejidad en la gestión de la información, al requerir conectividad con el bus principal del tren, provocaría una limitación en la interoperabilidad del equipo.

Con el fin de evitar dicha problemática discretizamos dentro de SureRail® los trayectos de vías a analizar. En la siguiente imagen se puede ver gráficamente el resultado del proceso de discretización:



Para cumplir esta etapa de discretización utilizamos otra instancia de **Data Factory**, cuyo primer paso es tomar los archivos GeoJSON obtenidos en la etapa anterior y leerlos. El siguiente paso consiste en cargar la geometría GeoJSON de cada vía ferroviaria, esto es, todos los tramos definidos originalmente en OpenRailwayMap.

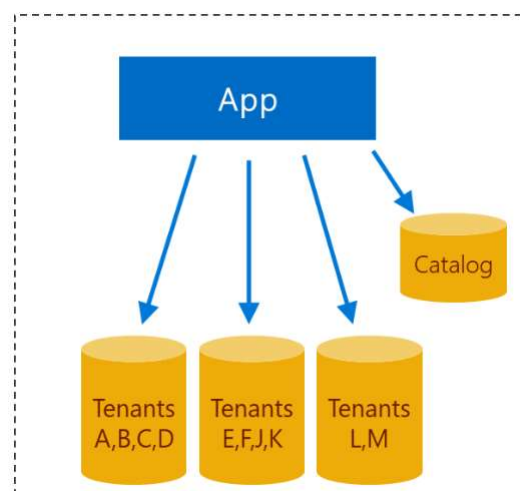
Una vez tenemos dicha geometría, ejecutamos un proceso interno de discretización que divide la vía en los tramos resultantes según la precisión estándar requerida. El último paso de esta etapa consiste en guardar dentro de una instancia de SQL Server la definición final de cada vía, junto con el listado de tramos que la componen, las coordenadas GPS de cada tramo y adicionalmente para cada tramo, precargamos la definición GeoJSON de cada uno, para poder utilizarlo más adelante a la hora de visualizar el mapa de estado de daños en tramos.

4.5.3.- Repositorio de Datos Interno

Dentro de SureRail® tenemos tres tipos de almacenamiento:

- **Blob Storage:** Principalmente se usa para almacenar los archivos de datos geográficos en formato OSM y GeoJSON. Es un tipo de base de datos ideal para almacenar archivos binarios y desestructurados de diferentes tamaños.
- **SQL Database:** Es el corazón de toda la información estructurada de nuestro servicio. En él almacenamos información relativa a la definición de flota de trenes, datos de sensores, definición de vías y tramos de vía ferroviarias, resultados de la lógica de negocio, facturación, configuración del sistema, etc. SQL Database es un servicio de base de datos relacional que ofrece características de escalabilidad dinámica, particionamiento, sincronización, además de otras funciones.
- **Data Lake:** Contiene toda la información analítica de SureRail®, tanto la proveniente de los datos de sensores en tiempo real como la generada bajo demanda de las vías ferroviarias. Es un tipo de base de datos que admite fuentes de diverso origen y está pensado para gestionar altas cargas de análisis de información empresarial.

En general, casi toda la información dentro de SQL Database está distribuida siguiendo un patrón de particionamiento **Multi-Tenant Sharded** el cual facilita la escalabilidad y el acceso a la base de datos a medida que esta crece y permite una gestión de los datos óptima entre tener una única base de datos para todo o tener una base de datos específica por cliente.



En este patrón se crean un conjunto fijo de particiones de la base de datos y a cada uno de los clientes del servicio se le asigna una porción de la misma según una lógica de distribución por clave primaria u otro criterio. SQL Database permite gestionar estas particiones de forma transparente gracias a las herramientas que proporciona.

4.5.4.- Lógica de Negocio

Para la ejecución de la lógica de negocio de SureRail® utilizamos una instancia de **Data Factory**, la cual se encargará de orquestar todo el proceso de lectura de datos del repositorio, asociación de Dataframe con tramo de vía, evaluación de modelos analíticos y volcado final de resultados al repositorio de nuevo. Todo este proceso en cadena se ejecutará cada vez que llegue al repositorio un nuevo Dataframe de los sensores RailSense®.



El primer paso dentro de la lógica de negocio consiste pues en tomar este nuevo valor proveniente de un sensor RailSense® del repositorio, para a continuación proceder a **asociar** las coordenadas GPS del **Dataframe** con el **tramo de vía** ferroviaria donde se ha producido.

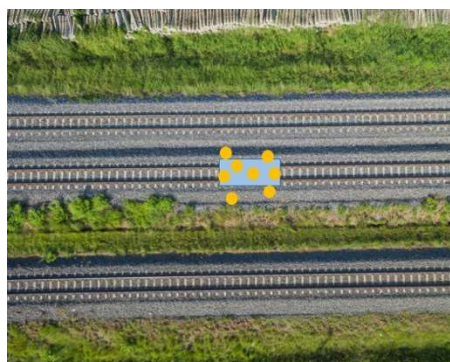
Como tenemos las coordenadas GPS almacenadas de cada uno de los tramos de todas las vías ferroviarias adscritas al servicio, lo que hacemos es ejecutar una consulta SQL geoespacial dentro de SQL Database la cual nos va a decir que tramo es el más cercano a las coordenadas GPS del Dataframe recibido. Esto es lo que se conoce comúnmente como el problema del vecino más cercano o Nearest Neighbor y en SQL Database se resuelve utilizando la función geoespacial **STDISTANCE**. Un esquema de cómo construir este tipo de consultas se puede ver en la siguiente imagen:

```

SELECT TOP ( number )
  [ WITH TIES ]
  [ * | expression ]
  [, ...]
FROM spatial_table_reference, ...
  [ WITH
    (
      [ INDEX ( index_ref ) ]
      [ , SPATIAL_WINDOW_MAX_CELLS = <value> ]
      [ ,... ]
    )
  ]
WHERE
  column_ref.STDistance ( @spatial_object )
  {
    [ IS NOT NULL ] | [ < const ] | [ > const ]
    [ [ <= const ] | [ >= const ] | [ <> const ] ]
  }
  [ AND { other_predicate } ]
}
ORDER BY column_ref.STDistance ( @spatial_object ) [ ,...n ]
[ ; ]

```

Visto de forma gráfica, la asociación de Dataframes provenientes de RailSense® durante su funcionamiento por cada trayecto con cada uno de los tramos de vía se vería de la forma siguiente:



El siguiente paso dentro de la lógica de negocio, consiste en llamar a la instancia de **Machine Learning** correspondiente al tipo de tren para aplicar el modelo analítico que evalúa si el valor de aceleración del Dataframe al pasar por su tramo asociado es anómalo, y a su vez evalúa según el número de veces que se ha producido una anomalía en dicho tramo el tipo de criticidad del posible daño en el mismo.

Finalmente volcamos de nuevo en el **repositorio** los resultados del análisis para su posterior visualización y generación de métricas.

4.5.5.- Generación de Métricas

Para la generación de métricas a consumir por los cuadros de mando de SureRail®, utilizamos otra instancia de **Data Factory**, la cual leerá toda la información generada en el repositorio y ejecutará cada cierto tiempo, mediante una cuenta **Batch** una serie de procedimientos que generarán las métricas definidas y las volcarán finalmente dentro de nuestro Data Lake.

Utilizamos una instancia de Data Factory junto con una cuenta Batch en vez de otros microservicios más potentes como Synapse, Data Lake Analytics, Databricks o HDInsight, precisamente porque nuestros cuadros de mando son sencillos y concretos y no necesitamos dicha potencia.

4.5.6.- Interfaz de Servicios

La interfaz de servicios de SureRail® está compuesta de varias capas, las cuales son las siguientes:

Propagación de datos

Esta capa se encarga de desacoplar el repositorio de información y la lógica de negocio de los componentes visuales y de notificación de SureRail®. Básicamente consiste en una instancia de **Event Hub** que está suscrita a cada uno de los cambios de datos en el repositorio, encola dichos cambios y los envía tanto al sistema de envío de alertas como a la capa de sincronización de datos.

Sincronización de repositorio y caché

Para acelerar el desempeño general del servicio y evitar sobrecarga de trabajo en el repositorio, utilizamos un clúster caché compuesto por varias instancias de **Redis**, una instancia por cada una de las principales interfaces de usuario de SureRail®.

La sincronización entre los cambios que llegan de la capa de propagación de datos y el clúster caché es realizada por una instancia de **Function**.

Function es un microservicio de Azure que se encarga de ejecutar código escrito en diversos lenguajes. Es un servicio ideal para ejecutar procesos rápidos y es iniciado según un disparador de evento configurable.

APIs

Para la comunicación entre los componentes visuales de SureRail® y la caché utilizamos un par de instancias de **App Service** que gestionan las APIs de acceso para los operadores y mantenedores ferroviarios.

4.5.7.- Envío de Alertas

El envío de alertas por SMS a los responsables de mantenimiento de los operadores y mantenedores ferroviarios es realizado por una instancia de **Function** y otra de **Notification Hub**.

La instancia de Function, la cual recibe el dato de alerta de la capa de propagación de datos de la interfaz de servicios, compone el mensaje SMS y luego la transmite a Notification Hub para su envío.

4.5.8.- Servicios Operacionales

Para el correcto funcionamiento del servicio SureRail® utilizamos una serie de servicios operacionales tales como:

- **DNS:** Asocia la IP de SureRail® con nuestro nombre de dominio
- **FrontDoor:** Actúa como Firewall de entrada para todo el tráfico HTTP/HTTPS y gestionar reglas de acceso desde el exterior al servicio.
- **CDN:** Sirve para alojar todos los recursos gráficos de las interfaces de usuario
- **API Management:** Gestiona el control de acceso a la API de servicios.
- **Backup:** Permite realizar copias periódicas de toda la información del servicio
- **Active Directory:** Gestiona los permisos de acceso de cada uno de los clientes del servicio.
- **Key Vault:** Actúa como almacén de secretos en los que guardar cadenas de conexión, contraseñas y otros datos sensibles.
- **Blob Storage:** Repositorio de logs del sistema independiente del repositorio de información principal de SureRail®.
- **Azure Monitor:** Nos permite monitorizar el desempeño y el uso que se le da al servicio por parte de los clientes, adicionalmente podemos controlar el gasto mensual.
- **DevOps:** Servicio que posibilita al equipo de desarrollo desplegar actualizaciones y realizar pruebas del sistema.

4.6.- Modelos Analíticos

Los datos que alimentan nuestros modelos analíticos son básicamente los que contiene el **Dataframe** generado por los sensores SureRail®, el **tramo** de vía donde se ha generado dicho Dataframe y el **total de anomalías** producidas en dicho tramo.

El valor clave para detectar una posible anomalía son los valores de aceleración en los tres ejes cardinales proporcionado por el Dataframe, ya que el comportamiento del material móvil no será el mismo al vibrar en condiciones normales que en una situación anómala.

A su vez, necesitamos varios modelos desplegados en diversas instancias de **Machine Learning**, uno por cada modelo diferente de tren adscrito al servicio. La razón de esto, es que cada modelo de tren está fabricado con una estructura y unos componentes diferentes, por lo que el comportamiento vibratorio en condiciones anormales será también diferente.

Este tipo de problema analítico es del tipo **no supervisado**, pues a priori no sabemos determinar qué valor resulta ser anómalo en el conjunto muestral, dada la diversidad de respuestas que puede dar cada tren, que variará según el modelo concreto y vía.

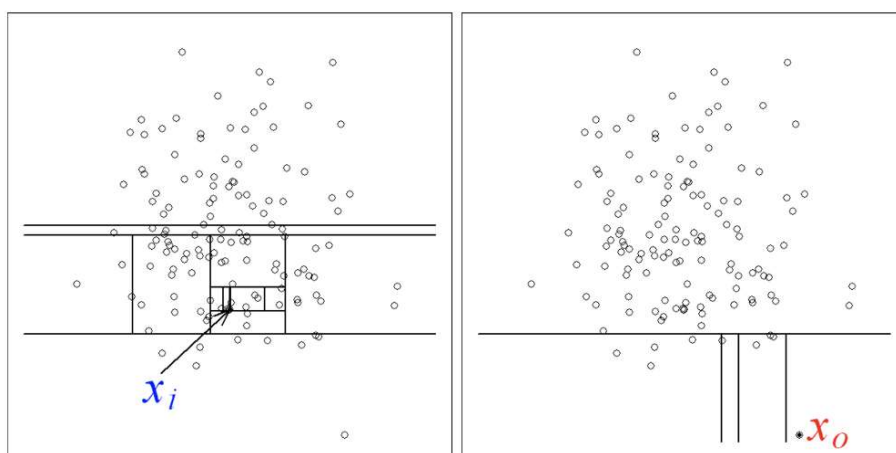
Algunos de los modelos matemáticos comúnmente empleados para este tipo de problemas son:

- DBSCAN
- Gaussian Mixture Models
- K-Means
- Random Forest
- Isolation Forest

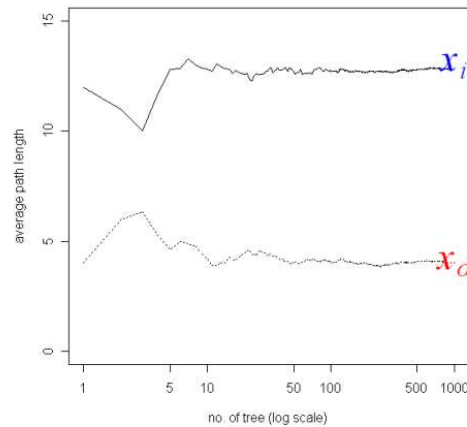
El algoritmo elegido de inicio en el planteamiento para la determinación de anomalías para SureRail® es el de **Isolation Forest** que es un derivado del conocido método Random Forest, cuyo funcionamiento en bases de datos estructuradas logra un muy buen resultado.

La diferencia fundamental del método Isolation Forest con otros modelos similares, reside en la capacidad de identificar explícitamente las anomalías. Isolation Forest es un método de tipo ensemble basado en árboles de decisión. En estos árboles la partición se crea en primer lugar seleccionando una variable y a continuación se realiza una división tomando con punto de corte un valor aleatorio de la variable entre un valor mínimo y máximo.

Las anomalías son menos frecuentes por definición, frente a las observaciones normales de la variable de estudio. Se alejan por tanto en el espacio del conjunto normal de datos. La diferencia puede observarse en la figura inferior derecha en la que para aislar una anomalía se requieren un menor número de particiones frente al caso de un valor normal.



Si se representa el número de particiones a realizar en observaciones normales frente a anormales, se identifican valores más elevados de media, como se muestra en la imagen inferior.



Para poder tomar una decisión a la hora de clasificar entre normal y anormal se requiere una puntuación de anomalía (anomaly score). En el caso de Isolation Forest resulta ser:

$$s(x, n) = 2^{-\frac{E(h(x))}{c(n)}}$$

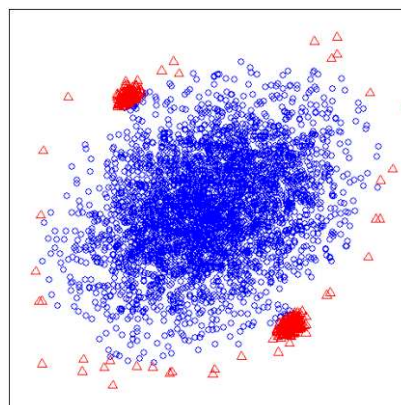
Donde:

- $E(h(x))$ es la media de $h(x)$, que es la longitud del camino de un conjunto de isolation trees.
- $c(n) = 2H(n - 1) - \left(\frac{2(n-1)}{n}\right)$ donde $H(i) = \ln(i) + \gamma$ (Constante de Euler)

A cada registro se le asigna un score:

- Un valor próximo a 1 indica anomalía.
- Valores muy inferiores a 0.5 indican observaciones normales.
- Si todo el conjunto de datos presenta valores próximos a 0.5, quiere decir que no existen anomalías claras.

En la imagen inferior se observa una nube de observaciones en las que el método ha logrado identificar algunos de ellos como anomalías.



Evaluación de modelos

Inicialmente se plantea un modelo no supervisado para la detección de anomalías, y posteriormente una vez analizada la información se establecerán unas medidas de control de las anomalías obtenidas para determinar la precisión de las mismas con trabajo en campo. Con el etiquetado de los resultados obtenidos, se trabajará a futuro en desarrollar un modelo supervisado que nos permita distinguir entre diferentes tipologías de anomalías.







SureRail® indica gracias a la evaluación del modelo la existencia de un posible defecto, y gracias a la ubicación del tramo en la vía asociada, se podrá determinar si se trata de un tramo en recta, una transición vía en placa-balasto o el paso por un aparato de vía, en definitiva, la **característica** del mismo.

Según la característica del tipo de tramo y el número de veces que se ha producido una anomalía en el mismo, se determina un marco temporal límite para efectuar trabajos de mantenimiento en la zona, permitiendo al mantenedor programar de forma inteligente su carga de trabajo. En esta categorización participarán un equipo multidisciplinar de mantenimiento de vía y material rodante, con el fin de alimentar al modelo.

Los **valores umbrales** que determinan cuando un número de anomalías detectadas en un tramo de una determinada característica, se corresponden con un daño de carácter leve, moderado o grave y sus tiempos límite para mantenimiento, son definidos por el mantenedor ferroviario dentro del apartado de configuración del servicio en base a las recomendaciones del equipo SureRail®.

Para el caso del material móvil, la detección de la anomalía y su indicación de criticidad aportará información sobre si el tren debe continuar su circulación o por el contrario es necesario conducir a taller para una revisión inmediata.

En la siguiente imagen se puede ver gráficamente la lógica seguida en la evaluación de los modelos:

	 Tramo 1	 Tramo 2	 Tramo 3	 Tramo 4	 Tramo 5	 Tramo 6
TREN 1	Correcto	Correcto	Correcto	Anomalía	Anomalía	Correcto
TREN 2	Correcto	Anomalía	Anomalía	Anomalía	Anomalía	Correcto
TREN 3	Correcto	Correcto	Correcto	Anomalía	Anomalía	Correcto
TREN 4	Correcto	Anomalía	Anomalía	Anomalía	Correcto	Correcto

Como podemos ver, si partimos de una vía discretizada en un determinado número de tramos y tenemos un conjunto de trenes que van circulando por la misma a lo largo del tiempo, cada vez que pasa un tren por un tramo, el modelo evalúa en base a la información recibida (velocidad, posición GPS y aceleraciones), si se ha producido una anomalía en el comportamiento vibratorio del tren.

Si se detecta una anomalía, como podemos ver en la tabla anterior, se registra dicha circunstancia y se envía una alerta al responsable de mantenimiento del material móvil.

A su vez, según van pasando diversos trenes por los mismos tramos, se lleva el registro del número de anomalías detectadas en cada uno, de tal forma que, si por ejemplo tenemos el caso de los tramos 2,3 y 5, en los cuales se han detectado al menos dos anomalías, se considera que el nivel de daño de los mismos es moderado, existiendo un defecto por lo que se informa al mantenedor.

Para el caso del tramo 4, se considera que el daño es grave porque ha recibido más de tres anomalías a lo largo del tiempo. Esta evaluación de los daños en los tramos es la que nos sirve más adelante para visualizar el mapa de estado de vías ferroviarias y para enviar alertas al responsable de mantenimiento del mantenedor ferroviario.

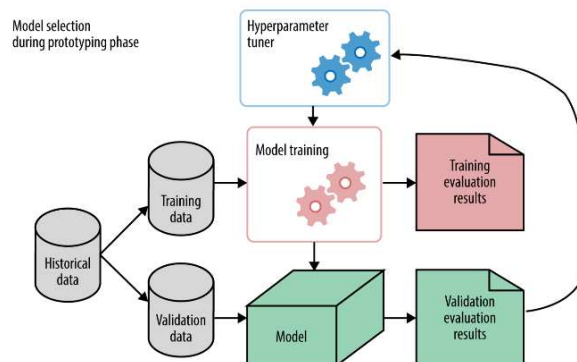
El modelo entrenado es capaz de identificar la gravedad de la anomalía, al cruzar la información de ubicación geográfica y la experiencia introducida en el entrenamiento por los expertos en la fase de aprendizaje.

Proceso de modelado

Utilizamos una instancia de **Machine Learning Studio** como sandbox analítico para la explotación de datos, pruebas de modelos y despliegue de los mismos dentro de SureRail®.

Machine Learning Studio dispone de múltiples herramientas que facilitan dichas tareas, lo cual facilita el entrenamiento y testeo de los modelos, teniendo el mismo una perfecta integración con el resto de servicios de Azure.

En la imagen inferior se representa el ciclo normal de entrenamiento, evaluación y validación de un modelo que sería aplicable al caso que nos ocupa.



Cabe decir, que a modo de prueba, siempre tenemos por cada modelo en producción otro homólogo, a modo de A/B testing. Esto nos permite ir probando diferentes versiones de los mismos o diferentes algoritmos que nos permiten ir afinando nuestros resultados analíticos.

4.7.- Interfaces de Usuario

La capa de visualización de SureRail® está implementada por un conjunto de instancias de **App Service**, las cuales contendrán las aplicaciones web que forman el conjunto de interfaces de usuario. Todas estas aplicaciones web están implementadas en **ASP.NET Core**, bajo lenguaje C#.

Dichas aplicaciones hacen uso de la interfaz de servicios para poder interactuar con el resto de los componentes de SureRail® y poder así mostrar la información requerida a los usuarios, los cuales están ubicados en los HelpDesks de mantenimiento de sus respectivas compañías.

Para la generación del mapa de estado de vías ferroviarias nos apoyamos en una instancia de **Maps**, y para la visualización de métricas utilizamos una de **Power BI Embed**.

Un listado completo con las interfaces de usuario más importantes de SureRail®, junto con una explicación detallada de algunos procesos de visualización, se puede consultar dentro del apartado de ANEXOS.

CAPITULO 5 Plan Financiero

5.1.- Consideraciones Previas

Las variables de modelización en la que se basa el planteamiento financiero dependen de la venta de servicios de analítica de datos en infraestructuras y de servicios de predicción de evolución/estado de esas infraestructuras. La venta de dichos servicios se realizará por venta de km de auscultación de infraestructuras.

Los números presentados en este plan financiero se basan en una posición conservadora respecto al alcance de objetivos en el mercado con un crecimiento gradual en función del momento de desarrollo de la tecnología de auscultación de las infraestructuras.

5.2.- Principales Drivers

Mercado

La valoración del mercado se ha realizado respecto a las infraestructuras ferroviarias de líneas de alta velocidad a nivel europeo y a las líneas de ferrocarriles convencionales de España. En esta primera fase no se tiene en cuenta las líneas convencionales del resto de Europa ni las líneas de alta velocidad y convencionales del resto del mundo. Se establece un mercado potencial inicial siguiente de 21.440 km en los ámbitos indicados que se reparten de la siguiente forma en función del tipo de vía:

Tipo de vía	Ancho de vía	Kilómetros de vía
Alta velocidad	1435	8.775
Vía convencional	1668	11.453
	1000	1.211
TOTAL		21.440

Tabla 1: Tamaño de mercado

Según Atlas ferroviarios e información de red disponible, a nivel mundial se estima que existe un tamaño de mercado de unos 245.500 km de vías (ver Anexo 1).

Los km a los que nos vamos a dirigir en esta primera fase del plan de negocio se indican a continuación:

ANCHO DE VIA	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
1435	362,60	362,60	833,60	1.349,80	1.449,80
1668	0,00	1.114,50	2.059,00	3.879,60	4.018,80
1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	362,60	1.477,10	2.892,60	5.229,40	5.468,60

Tabla 2: Mercado potencial

La distribución del mercado potencial al que nos dirigimos por tipo de vía y país es la siguiente:

PAIS	TIPO VIA	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
ESPAÑA	1435	362,60	362,60	833,60	1.153,20	1.153,20
	1668	0,00	1.114,50	2.059,00	3.879,60	4.018,80
BELGICA	1435	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
ITALIA	1435	0,00	0,00	0,00	196,60	196,60

Tabla 3: Mercado potencial por país

Precio

Para el establecimiento de precios hemos considerado valorarlo en función del precio medio que supondrán nuestros servicios por km/año con respecto al precio medio por km que supone en la actualidad los servicios de auscultación que disponen determinadas infraestructuras, como por ejemplo ADIF. Actualmente el coste de auscultación asumido por ADIF está alrededor de los 4.200 €/km-año según estimaciones internas. Los precios de nuestros servicios se moverán entorno a las siguientes cantidades por cada año de venta:

FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4	PROMEDIO
0,00	259,37	350,88	756,10	767,88	510,40

Tabla 4: Importe promedio por km/año

Los servicios ofrecidos por Sure Rail a las empresas mantenedoras de infraestructuras ferroviarias, además de ofrecer un servicio de mayor fiabilidad, generan unos ahorros alrededor de los 400 € por km y año a estas empresas, además del ahorro y valor que les reportarán en organización y planificación del trabajo de mantenimiento, optimización del estado material y reducción de costes derivados de la accidentabilidad.

Los precios de venta de servicios se indican en el ANEXO. En el análisis de sensibilidad se tendrán en cuenta otros escenarios para verificar como evolucionarían las ventas y otros valores del plan financiero atendiendo a variaciones en el precio medio por km y en el número de km auscultados.

Recursos

Los costes y recursos empleados en la puesta en marcha y en la prestación de los diferentes servicios se muestran a continuación:

concepto	Unidades	€
Coste instalación Sensor SureRail®	€/unidad	200,00
Coste sistema Gate Way	€/unidad	200,00
Coste conectividad wifi	€/unidad	250,00
Coste instalación sistema conectividad en trenes	€/unidad	80,00
Coste tarjeta sim conectividad cloud	€/mes	30,00
Costes derivados de averías y mantenimiento	€	% /instalación

Tabla 5: Costes variables de instalación y puesta en marcha del sensor

		FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Plataforma Azure	€/mes/unid	1.500,00	2.300,00	2.900,00	3.200,00	3.500,00
Personal programación	€/mes/unid	2.200,00	2.530,00	2.700,00	2.800,00	3.000,00
Personal administración	€/mes/unid	2.000,00	2.200,00	2.300,00	2.500,00	2.700,00
Personal comercial	€/mes/unid	0,00	2.000,00	2.200,00	2.300,00	2.500,00

Material de oficina	€/mes/unid	50,00	60,00	80,00	90,00	100,00
Licencia software BI	€/mes/unid	120,00	10,00	15,00	15,00	10,00
Licencia software GIS	€/mes/unid	120,00	10,00	20,00	20,00	10,00
Suministros: Internet comunicaciones	€/mes/unid	150,00	200,00	250,00	350,00	500,00
Suministros: electricidad	€/mes/unid	100,00	120,00	130,00	150,00	170,00
Suministros: Agua	€/mes/unid	30,00	30,00	40,00	45,00	50,00
Alquiler local	€/mes/unid	300,00	300,00	500,00	500,00	600,00
Constitución empresa: notaría, registro, etc.	€/unid	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Asesoría laboral, fiscal, contable	€/mes/unid	200,00	200,00	250,00	350,00	450,00
Gastos desplazamientos, dietas y representación	€/mes/unid	150,00	300,00	450,00	600,00	800,00
Material comercial e informativo	€/mes/unid	0,00	200,00	400,00	1.000,00	1.200,00
Marketing: Publicaciones en revistas y medios especializados	€/mes/unid	0,00	150,00	400,00	1.400,00	1.500,00
Marketing: asistencia a ferias	€/año/unid	0,00	3.000,00	9.600,00	10.800,00	10.800,00
Marketing: asistencia a foros	€/mes/unid	0,00	300,00	800,00	1.000,00	1.500,00
Marketing: publicidad en medios	€/mes/unid	0,00	400,00	500,00	1.000,00	1.000,00

Marketing: posicionamiento y marketing digital	€/mes/unid	0,00	200,00	300,00	800,00	1.000,00
Seguro Responsabilidad civil	€/año/unid	250,00	250,00	350,00	600,00	800,00
Prevención Riesgos Laborales	€/mes/unid	80,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Otros gastos	€/mes/unid	50,00	200,00	400,00	600,00	800,00

Tabla 6: Recursos necesarios para la prestación de los servicios por fases

El personal que se irá incorporando en la empresa conforme se vayan desarrollando cada una de las fases del plan de negocio será el siguiente:

	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Personal programación	3	4	4	5	6
Personal administración	0	1	2	2	2
Personal comercial	0	1	2	2	3

Tabla 7: Incorporación de personal por fases.

Inversión

Las inversiones a realizar son las derivadas del desarrollo y compra de los sensores usados en la captación de datos de los trenes que se usan para la auscultación de las vías, así como de la dotación de recursos de las personas que trabajarán en el proyecto así como de la inversión en el desarrollo de la plataforma SaaS y de la página web de la empresa. A continuación, se detallan los importes derivados de las inversiones a realizar.

		FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Sensores	€/unidad	110,00	80,00	80,00	80,00	80,00
Ordenadores	€/unidad	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Equipación oficina	€/total	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Móviles	€/unidad	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Impresora	€/unidad	150,00				
Desarrollo plataforma Saas	€/unidad	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Desarrollo Web corporativa	€/unidad	3.000,00	1.500,00	2.500,00	1.000,00	1.000,00

Tabla 8: Inversiones necesarias a realizar

El número de sensores medio a instalar por cada tren con el que se ha trabajado el modelo financiero es de 16 sensores.

En el desarrollo de la plataforma Saas y de la página web de la empresa se realizarán con recursos internos de la empresa por lo que el número de horas dedicado por cada fase de desarrollo en estas infraestructuras, se considera inversión en aplicaciones informáticas.

El plazo de amortización de las inversiones a efectos del cálculo de la amortización de la cuenta de resultados y la evolución del activo inmovilizado del balance es el siguiente:

Plazo amortización sensores	años	5
Plazo amortización inversiones materiales	años	10
Plazo amortización desarrollos informáticos	años	7

Tabla 9: plazos de amortización de las inversiones

5.3.- Cuenta de Resultados Previsional

La construcción de la cuenta de resultados se realiza atendiendo a los datos indicados anteriormente y a la captación comercial de los tramos de vía y venta de servicios que se indican en el Anexo 2.

Con los datos indicados en los puntos anteriores y los supuestos adoptados obtendremos la siguiente proyección de la cuenta de resultados por cada una de las fases y total durante los 5 periodos considerados.

	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
INGRESOS (Sin IVA)					
Conexión a plataforma	0,00	24.000,00	24.000,00	72.000,00	108.000,00
Servicio de Analítica de datos de infraestructuras	0,00	383.118,00	1.014.960,00	1.805.850,00	1.931.640,00
Servicio de Analítica de datos de defectos de rueda	0,00	59.904,00	248.640,00	617.120,00	799.680,00
Servicio de Analítica de datos de defectos de rueda en trenes (operadores ceden datos)	0,00	5.760,00	26.880,00	43.680,00	43.680,00
Servicio de Predicción del estado de infraestructuras	0,00	0,00	0,00	2.148.111,00	2.267.580,00
Servicio de Predicción de estado de defectos de rueda en trenes	0,00	0,00	0,00	1.034.880,00	1.324.800,00
Servicio de Predicción de estado de defectos de rueda (operadores ceden datos)	0,00	0,00	0,00	99.840,00	99.840,00
Total Ingresos	0,00	472.782,00	1.314.480,00	5.821.481,00	6.575.220,00
Coste instalación Sensor Rail Sense	32.000,00	249.600,00	340.800,00	756.000,00	312.000,00
Coste sistema Gate Way	2.000,00	15.600,00	28.400,00	63.000,00	26.000,00
Coste conectividad wifi	2.500,00	19.500,00	35.500,00	78.750,00	32.500,00
Coste instalación sistema conectividad en trenes	800,00	6.240,00	11.360,00	25.200,00	10.400,00
Coste tarjeta sim conectividad cloud	2.400,00	28.080,00	51.120,00	113.400,00	46.800,00
Averías - Mantenimientos	6.400,00	74.880,00	68.160,00	151.200,00	124.800,00

Margen de Contribución	-46.100,00	78.882,00	779.140,00	4.633.931,00	6.022.720,00
Plataforma Azure	18.000,00	27.600,00	34.800,00	38.400,00	42.000,00
Personal desarrollo y programación	79.200,00	121.440,00	129.600,00	168.000,00	216.000,00
Otros costes directos	2.040,00	2.420,00	3.070,00	4.305,00	6.390,00
Margen Bruto	-145.340,00	-72.578,00	611.670,00	4.423.226,00	5.758.330,00
Costes de personal	0,00	50.400,00	108.000,00	115.200,00	154.800,00
Otros costes operativos	12.050,00	15.130,00	23.000,00	29.340,00	37.250,00
Marketing	0,00	18.000,00	38.400,00	73.200,00	85.200,00
EBIDTA	-157.390,00	-156.108,00	442.270,00	4.205.486,00	5.481.080,00
Amortización	7.240,71	30.700,14	70.546,43	154.326,43	190.886,43
EBIDT	-164.630,71	-186.808,14	371.723,57	4.051.159,57	5.290.193,57
Coste Financiero	0,00 €	7.422,56 €	6.832,43 €	6.212,80 €	5.562,18 €
EBT	-164.630,71	-194.230,70	364.891,14	4.044.946,77	5.284.631,39
Impuestos	-32.926,14	-38.846,14	72.978,23	808.989,35	1.056.926,28
BENEFICIO NETO	-131.704,57	-155.384,56	291.912,91	3.235.957,42	4.227.705,11

Tabla 10: Cuenta de Resultados

Los ratios derivados de la cuenta de resultados respecto a márgenes y crecimiento se indican a continuación:

RATIOS	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Crecimiento Ventas	0		178,03%	342,87%	12,95%
Margen contribución/ventas	0,00%	16,68%	59,27%	79,60%	91,60%
Margen bruto/ventas	0,00%	-15,35%	46,53%	75,98%	87,58%
EBITDA/ventas	0,00%	-33,02%	33,65%	72,24%	83,36%
Beneficio Neto/Ventas	0,00%	-32,87%	22,21%	55,59%	64,30%
Opex/Ventas	0,00%	49,70%	25,63%	7,36%	8,24%
Coste financiero/Ventas	0	1,57%	0,52%	0,11%	0,08%

Punto de equilibrio (en € de Ventas)		1.452.908,08	579.857,25	546.048,73	597.400,30
nº trenes en los que se hace instalación de sistema sensores + conectividad	10	78	142	315	130
Nº total trenes sensorizados	10	88	230	545	675
Coste medio sensorización + conectividad / tren	3.970,00	4.090,00	3.290,00	3.290,00	3.290,00
nº km sensorizados serv analítica	362,60	1.477,10	2.892,60	5.229,40	5.468,60
nº km sensorizados serv predicción	0,00	0,00	0,00	4.044,20	4.283,40
nº sensores instalados	160,00	1.408,00	3.680,00	8.720,00	10.800,00
Beneficio/km	-363,22	-105,20	100,92	618,80	773,09
Beneficio/sensor	-823,15	-110,36	79,32	371,10	391,45
Beneficio/Tren	-13.170,46	-1.765,73	1.269,19	5.937,54	6.263,27
Margen contribución/km	-127,14	53,40	269,36	886,13	1.101,33
Margen contribución/sensor	-288,13	56,02	211,72	531,41	557,66
Margen contribución/tren	-4.610,00	896,39	3.387,57	8.502,63	8.922,55
Ingreso medio servicios infraestructuras (€/km - año)	0	259,37	350,88	756,10	767,88
Ingreso medio servicios trenes (€/sensor - año)	0	23,32	37,43	102,95	105,00

Tabla 11: Ratios de evolución del negocio

En la fase 0, como resultado de la no venta de ningún servicio y de ser un año en el que se está realizando el desarrollo y puesta a punto de los servicios, produce unas pérdidas de unos 160.000 €.

En la fase 1, con el comienzo de la explotación y venta de servicios se conseguirán las primeras ventas de servicios. No obstante, en esta primera fase no se alcanza todavía el punto de equilibrio. En las fases 2 a 4, si se consiguen los objetivos de ventas se alcanzan las rentabilidades esperadas con un beneficio sobre ventas entre el 50% y el 60%

El ratio de opex sobre ventas indica que cuando las ventas estén en las fases 3 y 4 se obtiene una rentabilidad importante respecto a las inversiones realizadas en activos.

La cuenta de resultados proyecta un negocio en el que los servicios vendidos producen un alto valor añadido respecto a los recursos necesarios para su consecución.

Si se cumplen las previsiones terminaremos sensorizando 675 trenes e instalaremos 10.800 sensores en total.

5.4.- Balance Previsional

En la construcción del balance se establecen los siguientes supuestos respecto a la parte operativa del balance respecto a clientes, existencias, proveedores y caja operativa.

<i>Datos Balance</i>	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Días de caja operativa	10	10	10	10	10
Días de cobro a clientes	60	60	60	60	60
Días de existencias (% de más sobre inversión equipos realizada en cada fase)	10%	10%	10%	10%	10%
Días de pago a proveedores	45	45	45	45	45

Tabla 12: Estimaciones operativas para la construcción del balance

Respecto a las inversiones en activo fijo, la evolución de la inversión que se producirá se indica a continuación:

	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Sensores Rail Sense	17.600,00	99.840,00	181.760,00	403.200,00	166.400,00
Ordenadores	3.000,00	3.000,00	2.000,00	1.000,00	2.000,00
Equipación oficina	600,00	600,00	400,00	200,00	400,00
Móviles	600,00	600,00	400,00	200,00	400,00
Impresora	150,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Desarrollo plataforma Saas	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Desarrollo Web corporativa	3.000,00	1.500,00	2.500,00	1.000,00	1.000,00
TOTAL INVERSIÓN	44.950,00	125.540,00	207.060,00	425.600,00	190.200,00

Tabla 13: Total de inversiones a realizar

La evolución de la amortización y el activo fijo neto que se obtendrá se muestra en la siguiente tabla:

Amortización	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4	Total Amortización
Año 1	7.240,71					7.240,71
Año 2	7.240,71	23.459,43				30.700,14
Año 3	7.240,71	23.459,43	39.846,29			70.546,43
Año 4	7.240,71	23.459,43	39.846,29	83.780,00		154.326,43
Año 5	7.240,71	23.459,43	39.846,29	83.780,00	36.560,00	190.886,43
Total Capex	44.950,00	163.249,29	339.609,14	694.662,71	730.536,29	

Tabla 14: Evolución del Activo fijo

Las previsiones del balance se muestran a continuación

	INICIO	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Excedente de caja	125.000,00	25.685,43	32.926,14	162.527,20	3.551.444,51	7.976.855,66
Tesorería Operativa		3.608,34	17.210,04	28.015,54	70.836,26	64.315,48
Clientes		0,00	16.320,69	45.376,57	200.960,71	226.980,20
Existencias		1.760,00	9.984,00	19.726,00	43.170,00	18.240,00
Total Activo Corriente	125.000,00	31.053,77	76.440,88	255.645,30	3.866.411,48	8.286.391,34
Inmovilizado		44.950,00	163.249,29	339.609,14	694.662,71	730.536,29
Total Activo No Corriente	0,00	44.950,00	163.249,29	339.609,14	694.662,71	730.536,29
TOTAL ACTIVO	125.000,00	76.003,77	239.690,17	595.254,45	4.561.074,20	9.016.927,62
Proveedores		668,59	2.837,12	5.312,82	11.556,70	4.780,41
Administración Pública acreedora		0,00	0,00	72.978,23	808.989,35	1.056.926,28
Deuda Financiera a corto plazo		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Pasivo Corriente	0,00	668,59	2.837,12	78.291,04	820.546,06	1.061.706,68
Deuda financiera a largo plazo		0,00	148.451,21	136.648,66	124.255,98	111.243,67
Total Pasivo No Corriente		0,00	148.451,21	136.648,66	124.255,98	111.243,67
Capital Social	125.000,00	183.599,82	242.980,31	242.980,31	242.980,31	242.980,31
Prima emisión		23.439,93	112.510,66	112.510,66	112.510,66	112.510,66
Reservas			-131.704,57	-287.089,13	4.823,78	3.240.781,19
Resultado del ejercicio		-131.704,57	-155.384,56	291.912,91	3.235.957,42	4.227.705,11
Subvenciones		0,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00	20.000,00
Total Patrimonio Neto	125.000,00	75.335,18	88.401,83	380.314,74	3.616.272,16	7.843.977,27
TOTAL PASIVO	125.000,00	76.003,77	239.690,17	595.254,45	4.561.074,20	9.016.927,62

Tabla 15: Balance financiero

Con estas proyecciones se originan unas necesidades de financiación de 500.000 € durante los dos primeros años de existencia de nuestra empresa. Estas necesidades de financiación serán necesarias para cubrir los siguientes conceptos:

	FASEO	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Recursos	157.390,00	155.384,56	0,00	0,00	0,00
Incremento de Inversión	44.950,00	125.540,00	0,00	0,00	0,00
Incremento NOF	4.699,75	35.977,86	0,00	0,00	0,00
Total Necesidades Financiación	207.039,75	296.902,43	0,00	0,00	0,00

Tabla 16: Necesidades de financiación

La evolución del fondo de maniobra será la siguiente:

	FASEO	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Fondo de Maniobra	30.385,18	73.603,76	177.354,26	3.045.865,43	7.224.684,65

Tabla 17: Evolución del Fondo de Maniobra de la empresa

5.5.- Flujos de Caja

Los flujos de caja originados por la actividad y los incrementos de inversión en NOF y Capex, así como los movimientos derivados de los flujos de la deuda se muestran a continuación:

	FASEO	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
EBIT * (1-t)	-131.704,57	-149.446,51	297.378,86	3.240.927,66	4.232.154,86
Amortización	7.240,71	30.700,14	70.546,43	154.326,43	190.886,43
FGO	-124.463,86	-118.746,37	367.925,29	3.395.254,09	4.423.041,29
Incremento en Capex	44.950,00	118.299,29	176.359,86	355.053,57	35.873,57
Incremento NOF	4.699,75	35.977,86	-25.850,55	-520.406,14	-246.591,93
FLUJO DE CAJA LIBRE (FCL)	-174.113,61	-273.023,52	217.415,98	3.560.606,66	4.633.759,64
Aumento/Disminución de Deuda	0,00	148.451,21	-11.802,55	-12.392,68	-13.012,31
Intereses (1-t)	0,00	-5.938,05	-5.465,95	-4.970,24	-4.449,75
FLUJO DE LA DEUDA	0,00	142.513,16	-17.268,50	-17.362,92	-17.462,06
FLUJO CAJA DEL ACCIONISTA (FCA)	-174.113,61	-130.510,36	200.147,48	3.543.243,74	4.616.297,58

Tabla 18: Flujos de caja

Para la valoración de la empresa en la fase 4 del proyecto, se calcula una tasa de descuento ponderado entre deuda y capital, WACC, considerando una ke del accionista del 40% y un kd de la deuda del 5%. La tasa ponderada se utiliza para descontar los flujos de caja libre a valor actual neto, considerando un valor residual al final de la fase 4. Este valor residual se calcula con el último flujo de caja libre conseguido y con un factor de crecimiento conservador del 2%.

Con estas suposiciones y descontando los flujos de caja libre con una tasa WACC del 40% se obtiene una valoración de empresa 4.560.000 € al final de la fase 4.

La TIR del proyecto para los accionistas está entorno al 115%

EL plazo de retorno de la inversión necesaria se establece en 3 años y dos meses.

5.6.- Captación de Capital

Para la captación del dinero necesario para la financiación del proyecto valoramos presentar nuestro plan de empresas tanto a empresas aceleradoras de startup o capital riesgo mediante la entrada en nuestra empresa por capital participativo. También valoramos la opción de la entrada de nuevos socios capitalistas que quieran involucrarse en nuestro proyecto.

Inicialmente los socios, al comienzo del proyecto constituiremos nuestra empresa con un capital social de 125.000 €, 25.000 por cada socio. Al final de la fase 0 necesitaremos captar unos 85.000 €. A lo largo de la fase 1 necesitaremos captar 290.000 € de los cuales el 50% lo financiaremos mediante la contratación de deuda a largo plazo con entidades bancarias y el otro 50% será captado al final de la fase 1 por aportación de socio inversor o capital participativo.

En la captación mediante préstamo participativo de Entidades: Capital Riesgo, Aceleradoras valoraríamos la opción de entrada de capital en las siguientes condiciones:

Captación por préstamo Participativo

Captación al final de la fase 0 de 82.000 € con retribución a la empresa con una TIR del 35%:

	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4	VALOR SALIDA
Retribuciones al capital	0,00	5.604,13	99.210,82	129.256,33	127.630,97
				TOTAL	361.702,26

Tabla 19: Retribución por captación de capital en la fase 0 por préstamo participativo

Captación al final de la fase 1 de 149.000 € con retribución a la empresa con una TIR del 25%:

	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4	VALOR SALIDA
Retribuciones al capital		5.403,98	95.667,58	124.640,03	140.654,54
TOTAL					366.366,13

Tabla 20: Retribución por captación de capital en la fase 1 por préstamo participativo

Captación por aplicación de capital a socios

Como se ha indicado anteriormente el capital social inicial lo aportarán los promotores de la empresa, constituyendo el 100% del capital social. Al final de la fase 0 se incorporará un nuevo socio con aportación de 85.000 € con una prima de emisión de 0,4. Esto supondrá que se ampliará capital en 58.000 € y se dispondrá de una prima de emisión de 23.500 €.

Al final de la fase 1 se ampliará el capital con la captación de los 150.000 € restantes con una prima de emisión de 1,5. Esto supondrá ampliar el capital en 60.000 € y reconocer una prima de emisión de 90.000 €.

Los porcentajes de capital social quedarán de la siguiente manera:

	INICIO	FASE0	FASE1
Captación dinero	125.000,00	82.039,75	148.451,21
€/acción	1	1	1
Prima emisión		0,4	1,5
Valor Acciones	125.000	58.599,82	59.380,49
Capital social resultante	125.000	183.599,82	242.980,31
Prima emisión		23.439,93	89.070,73
nº acciones	125.000	183.600	242.980
Reparto de Acciones	INICIO	FASE0	FASE1
Socios iniciales	100,00%	68,08%	51,44%
Inversor 1		31,92%	24,12%
Inversor 2			24,44%

Tabla 21: Evolución del capital social y % de acciones

5.7.- Análisis de Sensibilidad

Los riesgos que se pueden dar en la evolución del proyecto están relacionados, principalmente, con la línea de la cuenta de resultados de Ingresos. En las fases 0 y 1 apenas se realizan ventas, como consecuencia de la puesta en marcha de la empresa y sus servicios. En la fase 2 y sobre todo en las fases 3 y 4 de consolidación es cuando se va a producir los retornos de inversión y consolidación del crecimiento de la empresa.

Derivado de este planteamiento, los riesgos de la no consecución de los objetivos marcados en este plan financiero se derivan de dos puntos, la no venta de todos los km de auscultación que nos hemos marcado y el no vender al precio medio de 510 €/km-año de media en el que se basa nuestro modelo.

Sobre estas dos variables establecemos dos escenarios, Escenario 1 y Escenario 2, con los siguientes valores:

	Actual	Escenario 1	Escenario 2
km vendidos	5.468,60	4500	3000
€/km-año	510	460	400

Tabla 22: Variables de cálculo para análisis de sensibilidad

Los datos del análisis de sensibilidad que se derivarían de estos escenarios se muestran en la tabla siguiente:

KM DE AUSCULTACIÓN VENDIDOS						
€/KM-AÑO	Precio	Concepto	5.468,60 km	4.500,00 km	3.000,00 km	
	510 €		Ingresos	13.948.500,00	11.475.000,00	7.650.000,00
		Valor Empresa	4.555.811,35	3.747.925,24	2.498.616,83	
		TIR Accionista	118,03%	97,10%	64,73%	
		Flujos de caja	7.699.573,88	6.334.201,55	5.210.951,91	
		Payback	3,09	3,32	4,06	
460 €			Ingresos	12.581.000,00	10.350.000,00	6.900.000,00
			Valor Empresa	4.109.163,17	3.380.481,59	2.253.654,39
			TIR Accionista	106,46%	87,58%	58,39%
			Flujos de caja	6.944.713,70	5.713.201,39	3.808.800,93

		Payback	3,19	3,65	4,52
	400 €	Ingresos	10.940.000,00	9.000.000,00	6.000.000,00
		Valor Empresa	3.573.185,37	1.959.699,47	1.959.699,47
		TIR Accionista	92,57%	50,77%	50,77%
		Flujos de caja	6.038.881,47	4.968.001,21	3.312.000,81
		Payback	3,41	3,82	4,67

Tabla 23: Análisis de sensibilidad: Evolución de las magnitudes financieras de la empresa

Los valores de precio medio garantizan unos ahorros para las empresas mantenedoras entorno a los 330 – 450 €/km-año más todo el ahorro posible que generarán por materiales, organización y planificación del trabajo, reducción de los costes de accidentabilidad, etc.

Nuestros servicios proporcionan mayor fiabilidad para estas empresas que los métodos empleados en la actualidad para la realización de un mantenimiento eficaz de infraestructura, lo que garantizará el poder defender estos precios y el crecimiento esperado en este plan de negocios que nos garantice la viabilidad.

ANEXOS

Anexo 1.- Anomalías en defectos de ruedas de Trenes

Cuando SureRail® emite un aviso al mantenedor del material rodante se debe a que uno de los sensores ha tomado una medida que no presenta discrepancias con el acelerómetro de respaldo y su anormal y score es próximo a 1. **¿Qué tipos de desperfectos pueden generar dicho comportamiento en un eje ferroviario?** A continuación, se muestran algunos ejemplos.

Plano de Rueda

Probablemente el tipo más común. Se produce por el bloqueo de la rueda en el proceso de frenado. Provoca un desgaste excesivo concentrado en la superficie, lo que genera deformación de la banda de rodadura y la aparición de grietas.



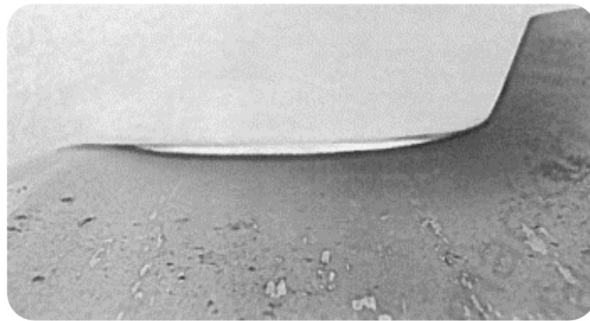
Spalling

Desprendimiento en determinadas zonas de la banda de rodadura por circulación en vías en mal estado, grandes tensiones por impactos, cargas verticales o uso de dureza insuficiente.



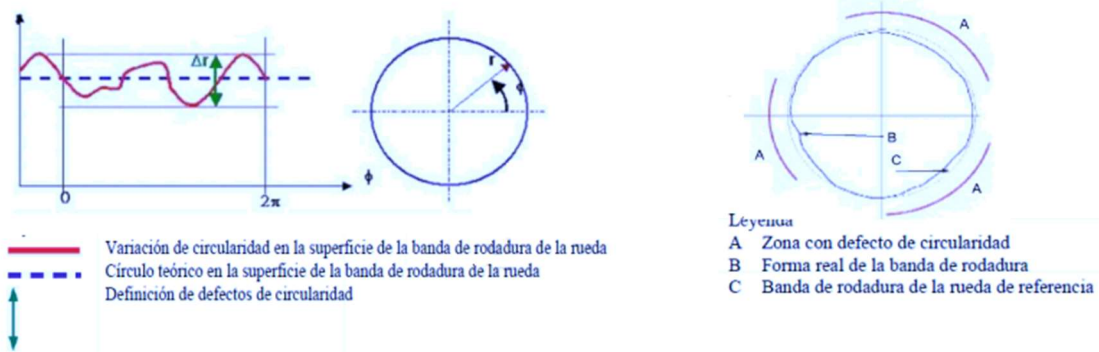
Acunamiento

Este desgaste afecta a la conicidad efectiva. Si aumenta este desgaste puede afectar a la dinámica y estabilidad del vehículo. Si continúa este desgaste puede provocar la aparición de una falsa pestaña que puede provocar daños en la cabeza de carril o cambios y cruces de vía.



Ovalización

Este defecto se caracteriza por una pérdida de redondez. Su origen está fuertemente relacionado con un defecto de fabricación en la estructura del material. Provoca vibraciones crecientes con la velocidad.



Anexo 2.- Anomalías en Tramos de Vías

Cuando SureRail® identifica más de una anomalía en un tramo se envía una notificación al mantenedor de la infraestructura. El grado de sensibilidad en las alertas será un parámetro a elegir por el mantenedor que podrá observar desde el panel de control el número de avisos emitidos para cada tramo.

Pudiera darse el caso de que los eventos de alarma fueran generados por dos ejes en trenes diferentes y pudieran parecer problema exclusivo del material rodante, pero la experiencia demuestra que cuando esto sucede en un mismo punto localizado es por la existencia de una alteración en vía que amplifica un posible defecto en el tren.

Algunos de los puntos conflictivos del trazado ferroviario son los aparatos de vía como cruces y desvíos, además de las transiciones de vía en placa a balasto o viceversa. SureRail® es capaz de detectar irregularidades en la superficie del carril y monitorizar su evolución continua en el tiempo, sustituyendo el paradigma actual de mantenimiento basado en observancias emitidas por el tren auscultador en los momentos en los que efectúa una inspección.

SureRail® apoya la labor del tren auscultador de vía con una monitorización permanente basada en los sensores equipados en trenes comerciales que efectúan servicios de forma continua. Algunos ejemplos de aplicación serían.

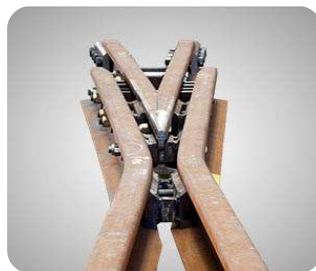
Fisuras superficiales

Pueden aparecer por defecto interno o por daños efectuados por el material rodante en su circulación.



Puntos críticos en desvíos

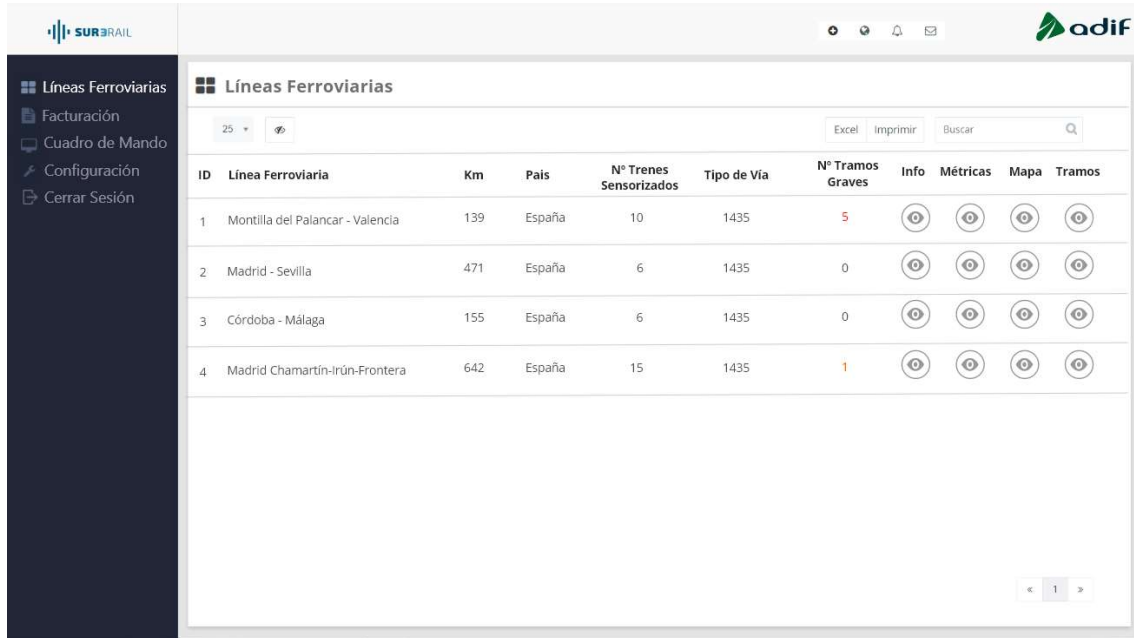
El corazón es la pieza clave en el desvío. Es la zona donde se produce una leve discontinuidad en el apoyo de la rueda con el carril en el área de cruzamiento. Un mal estado del mismo puede resultar fatal.



Anexo 3.- Interfaces de Usuario para Vías Ferroviarias

Listado del Conjunto de Vías Ferroviarias

Esta interfaz muestra información del conjunto de líneas ferroviarias adscritas al servicio de un mantenedor de infraestructura. Para cada una se muestra información básica como el número de trenes sensorizados que circulan por ella y el número de tramos con daños estimados graves.



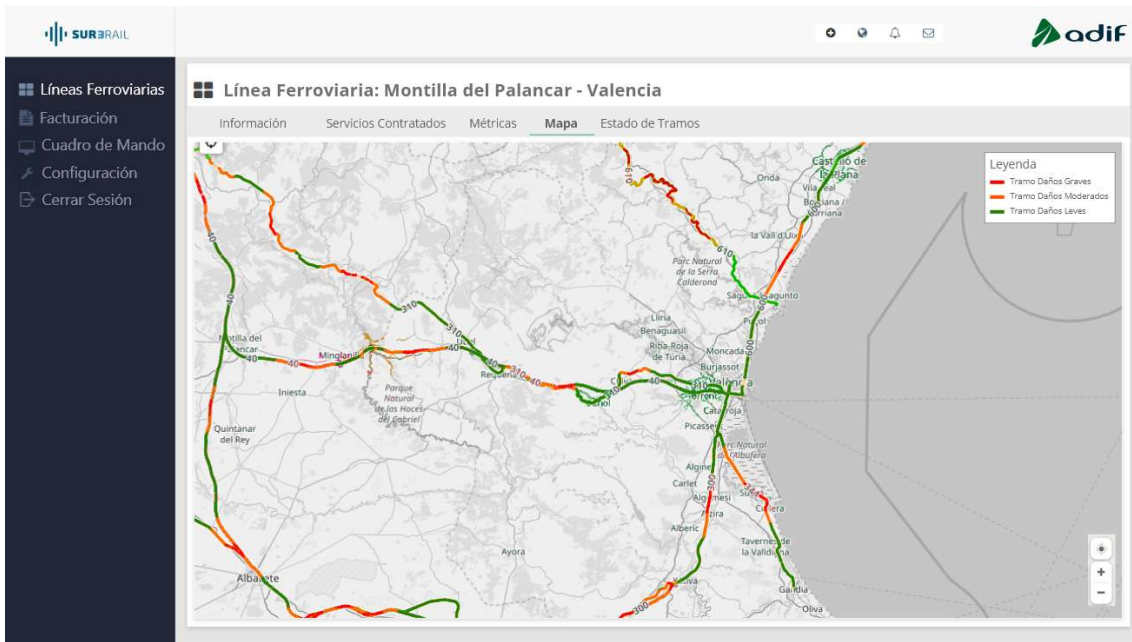
ID	Línea Ferroviaria	Km	País	Nº Trenes Sensorizados	Tipo de Vía	Nº Tramos Graves	Info	Métricas	Mapa	Tramos
1	Montilla del Palancar - Valencia	139	España	10	1435	5				
2	Madrid - Sevilla	471	España	6	1435	0				
3	Córdoba - Málaga	155	España	6	1435	0				
4	Madrid Chamartín-Irún-Frontera	642	España	15	1435	1				

El usuario puede filtrar la información a mostrar en la misma y desde ahí puede enlazar con otras interfaces como las métricas de dicha vía, el mapa de estado o información detallada de todos los tramos que componen dicha vía.

Mapa de Estado de Vías Ferroviarias

Representa en un mapa el estado de todos los tramos que componen una vía ferroviaria. El mapa siempre sale centrado en la vía que ese momento se ha elegido desde el botón de mapa en el listado global de vías ferroviarias.

Según el código de colores de cada tramo, sabemos el estado del mismo, siendo los verdes los que tiene un estado de daño leve, los naranjas un daño moderado y finalmente los rojos un daño grave estimado.



Para la construcción del mapa, se toman las definiciones geográficas **GeoJSON** precalculadas de cada tramo, las cuales están guardadas en el repositorio, junto con las evaluaciones de daños que en ese momento se tengan almacenadas.

Una vez tenemos estos datos se aplica una capa de estilo que colorea cada tramo con el daño estimado que le corresponde, finalmente esta información se dirige hacia una instancia de Maps que se encarga de visualizar el mapa completo.

Listado del Conjunto de Tramos de Vías

Al presionar en el botón de 'Tramos' correspondiente a una vía concreta, dentro de la interfaz de listado de vías ferroviarias, se muestra un listado ordenado por tipo de daño del conjunto de tramos para esa vía

ID	Tramo (m)	Estado Actual	Fecha de Análisis	Margen Planificación (días)	Observaciones	Ver Evolución
1	40 - 50	Daño Grave	10/02/2020	7	Desvío de ruta	
2	50 - 60	Daño Moderado	10/02/2020	30	Desvío de ruta	
3	30 - 40	Daño Moderado	10/02/2020	30	Desvío de ruta	
4	20 - 30	Daño Moderado	10/02/2020	45	Tramo recto	
5	10 - 20	Daño Leve	10/02/2020	90	Tramo recto	
6	0 - 10	Daño Leve	10/02/2020	120	Tramo recto	

Según el tipo de daño estimado y la característica del tramo, se muestra también un margen de planificación para que el responsable de mantenimiento lo tenga en cuenta a la hora de planificar la carga de trabajo.

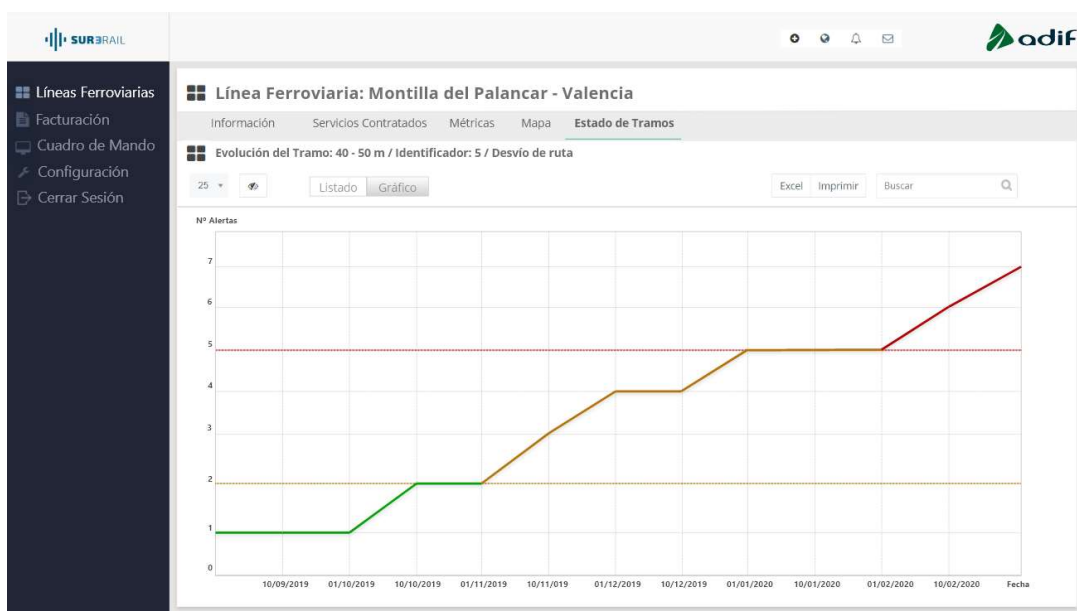
Evolución del Estado de Tramos de Vías Ferroviarias

Dentro de la interfaz de listado de tramos para una vía ferroviaria, al pulsar en cualquiera de los botones de 'Ver Evolución', podemos ver o bien una evolución temporal del estado de daños para ese tramo en forma de listado o bien en forma de representación gráfica. El usuario puede filtrar el intervalo de fechas a mostrar.

The screenshot shows the SUR3RAIL interface for 'Línea Ferroviaria: Montilla del Palancar - Valencia'. The 'Estado de Tramos' tab is active, displaying a table titled 'Evolución del Tramo: 40 - 50 m / Identificador: 5 / Desvío de ruta'. The table has columns for ID, Fecha de Análisis, Nº Alertas, Estado Actual, and Margen Planificación (días). The data is as follows:

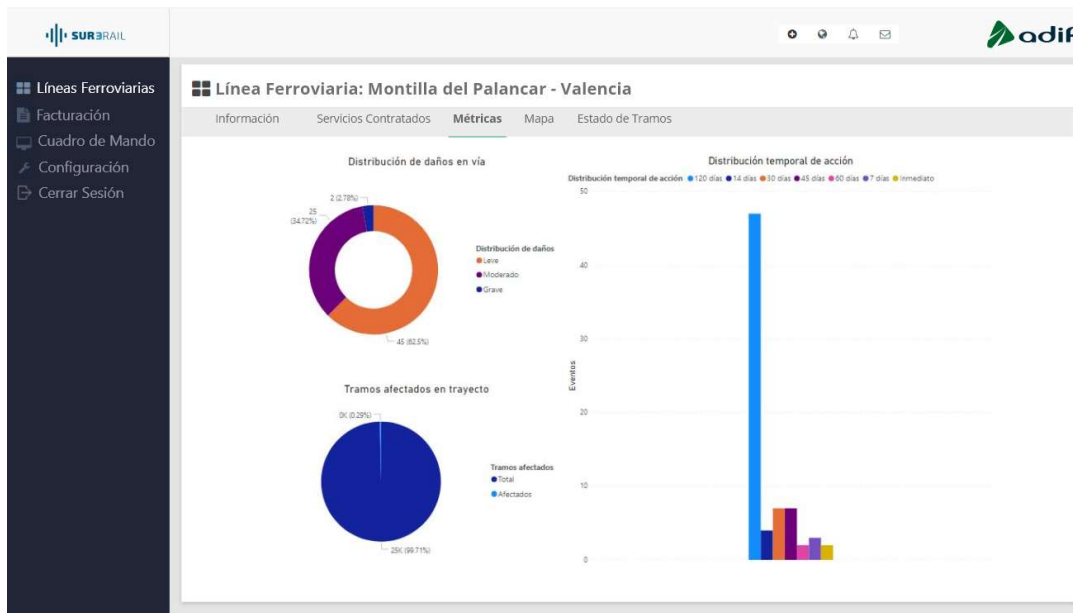
ID	Fecha de Análisis	Nº Alertas	Estado Actual	Margen Planificación (días)
1	10/09/2019	1	Daño Leve	120
2	10/10/2019	2	Daño Leve	90
3	10/11/2019	3	Daño Moderado	45
4	10/12/2019	4	Daño Moderado	30
5	10/01/2020	5	Daño Moderado	15
6	10/02/2020	6	Daño Grave	7

Para el caso de la representación gráfica, tenemos en el eje horizontal las fechas y en el eje vertical el número de anomalías recibidas en dicho tramo. El color de la línea temporal va cambiando según el estado del tramo va evolucionando a lo largo del tiempo.



Métricas Asociadas a Vías Ferroviarias

Proporciona de una forma cómoda y rápida varios indicadores que muestran el estado general de los tramos que componen una vía ferroviaria. Su aspecto es el siguiente:

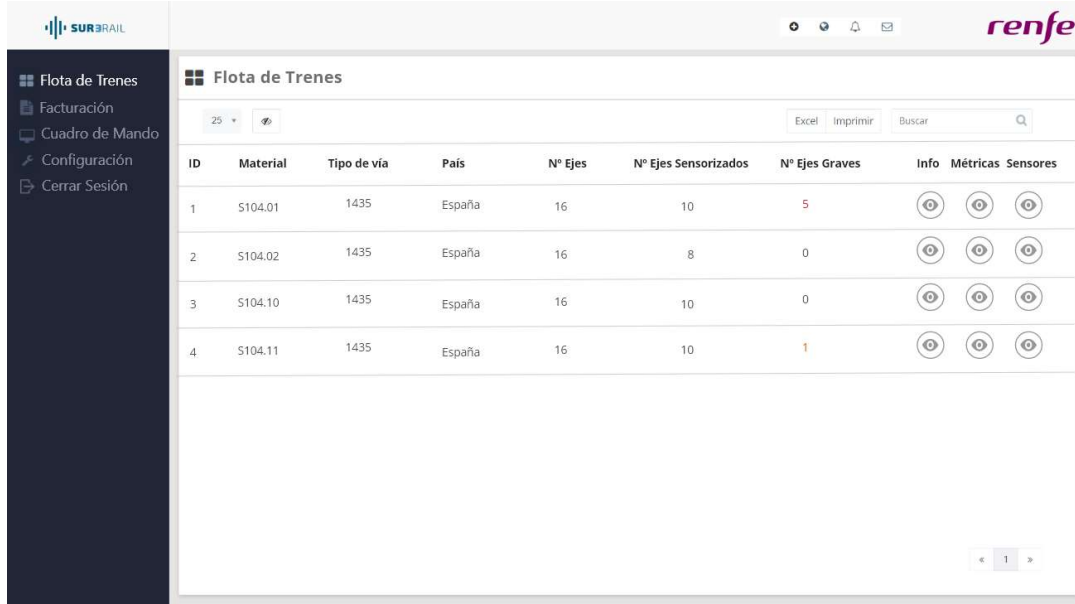


Esta interfaz es generada por una instancia de **PowerBI Embed**. Gracias a esta interfaz, el responsable de mantenimiento es capaz de planificar mejor su carga de trabajo.

Anexo 4.- Interfaces de Usuario para Flotas de Trenes

Listado de la Flota de Trenes

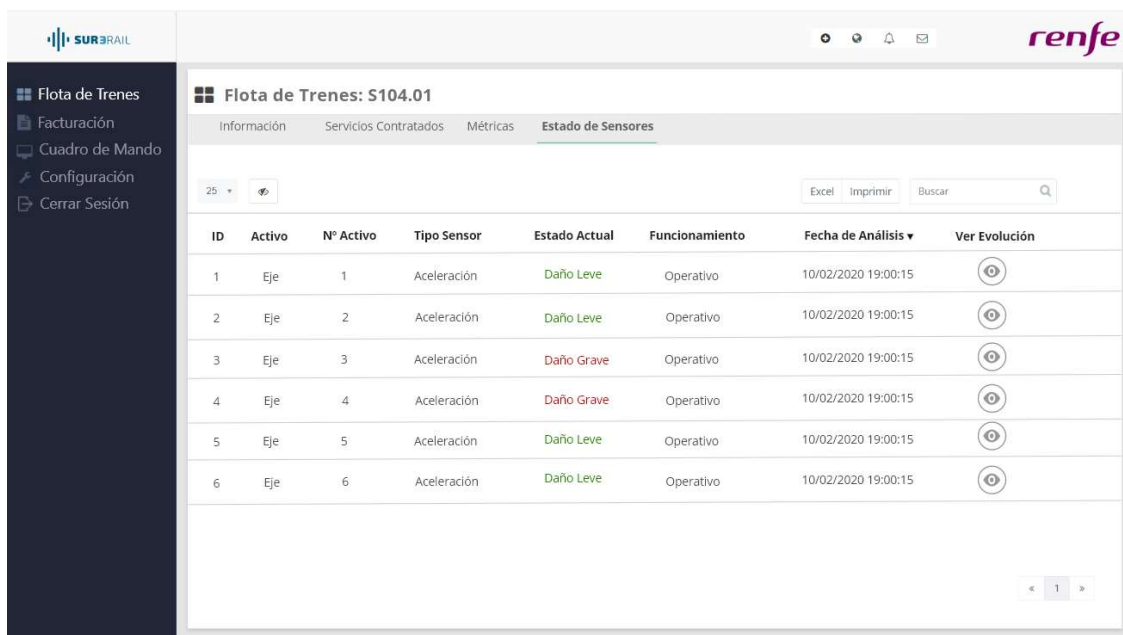
Esta interfaz muestra información básica de interés de la flota de trenes adscrita al servicio de un operador ferroviario, tal como el número de ejes sensorizados y el número de ejes que han sufrido una anomalía.



ID	Material	Tipo de vía	País	Nº Ejes	Nº Ejes Sensorizados	Nº Ejes Graves	Info	Métricas	Sensores
1	S104.01	1435	España	16	10	5			
2	S104.02	1435	España	16	8	0			
3	S104.10	1435	España	16	10	0			
4	S104.11	1435	España	16	10	1			

El usuario puede filtrar la información a mostrar en la misma y desde ahí puede enlazar con otras interfaces como las métricas relativas a dicho tren, o información detallada del estado de todos los sensores con los que cuenta.

Listado del Conjunto de Sensores de un Tren



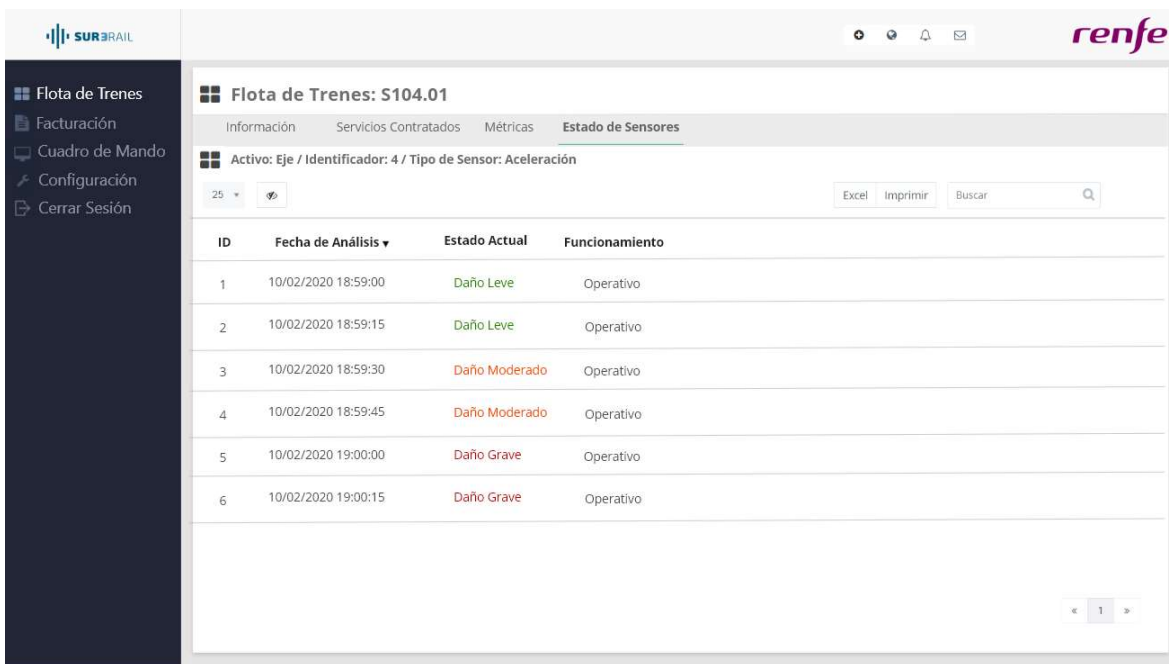
ID	Activo	Nº Activo	Tipo Sensor	Estado Actual	Funcionamiento	Fecha de Análisis	Ver Evolución
1	Eje	1	Aceleración	Daño Leve	Operativo	10/02/2020 19:00:15	
2	Eje	2	Aceleración	Daño Leve	Operativo	10/02/2020 19:00:15	
3	Eje	3	Aceleración	Daño Grave	Operativo	10/02/2020 19:00:15	
4	Eje	4	Aceleración	Daño Grave	Operativo	10/02/2020 19:00:15	
5	Eje	5	Aceleración	Daño Leve	Operativo	10/02/2020 19:00:15	
6	Eje	6	Aceleración	Daño Leve	Operativo	10/02/2020 19:00:15	

Desde aquí, se puede ver información relativa al estado de todos los sensores con los que cuenta un determinado tren. Los datos más importantes que se muestran son la categoría de severidad del último análisis efectuado, la fecha de captura y el estado operativo del mismo.

Evolución del Estado de Sensores de un Tren

En la interfaz de listado de sensores de un tren, al pulsar en el botón de 'Ver Evolución', podemos ver el resultado de la analítica en tiempo real procesada por SureRail® para cualquiera de dichos sensores.

Dicha analítica marca la evolución de la categorización de la severidad de anomalía detectada por SureRail®.

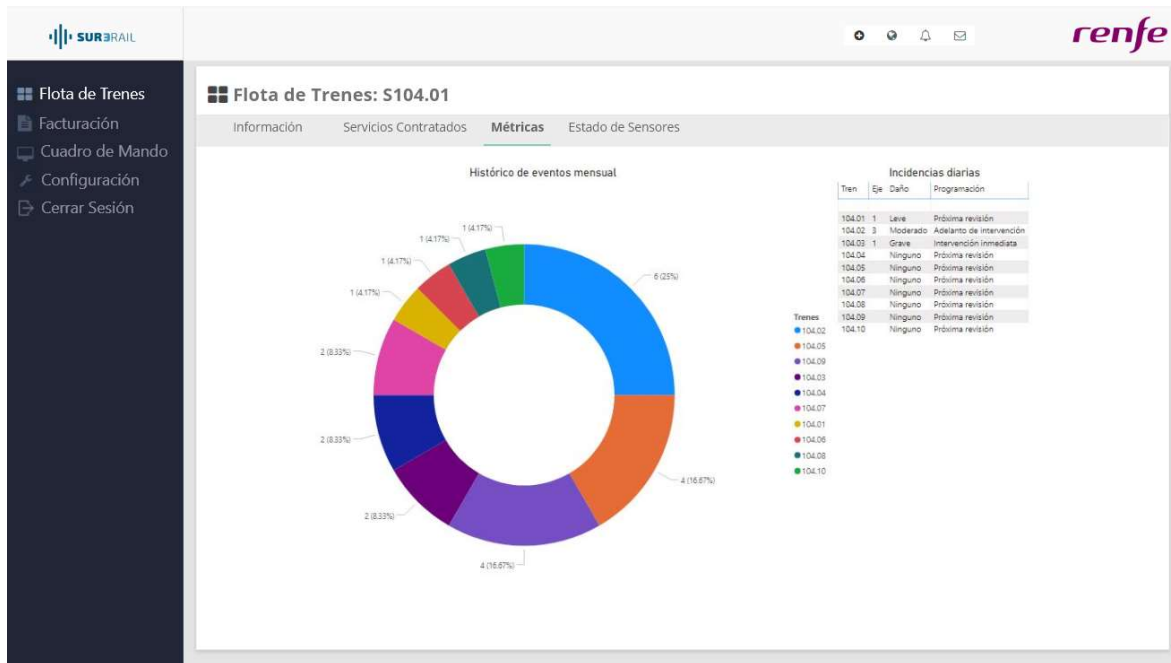


The screenshot displays the 'Estado de Sensores' section for train S104.01. The interface includes a sidebar with navigation options like 'Flota de Trenes', 'Facturación', 'Cuadro de Mando', 'Configuración', and 'Cerrar Sesión'. The main content area shows a table of sensor analysis results.

ID	Fecha de Análisis	Estado Actual	Funcionamiento
1	10/02/2020 18:59:00	Daño Leve	Operativo
2	10/02/2020 18:59:15	Daño Leve	Operativo
3	10/02/2020 18:59:30	Daño Moderado	Operativo
4	10/02/2020 18:59:45	Daño Moderado	Operativo
5	10/02/2020 19:00:00	Daño Grave	Operativo
6	10/02/2020 19:00:15	Daño Grave	Operativo

Métricas de Trenes

Muestra un cuadro de mando básico del estado de la flota de trenes. Su aspecto es el siguiente:



Esta interfaz es generada por una instancia de **PowerBI Embed**.

Anexo 5.- Precios de Venta de los Servicios de SureRail®

	FASE0	FASE1	FASE2	FASE3	FASE4
Ingresos por uso mensual de la plataforma (€/mes)	0	1000	1000	1500	1500
Servicio de Analítica de datos de infraestructuras (€/km-mes)	0	30,00	30,00	30,00	30,00
Servicio de Analítica de datos de defectos de rueda en trenes (€/km-mes)	0	6,00	7,00	7,00	7,00
Servicio de Analítica de datos de defectos de rueda en trenes (operadores ceden datos) (€/km-mes)	0	3,00	3,50	3,50	3,50
Servicio de Predicción del estado de infraestructuras (€/km-mes)	0	0,00	0,00	35,00	35,00
Servicio de Predicción de estado de defectos de rueda en trenes (€/km-mes)	0	0,00	0,00	12,00	12,00
Servicio de Predicción de estado de defectos de rueda en trenes (operadores ceden datos) (€/km-mes)	0	0,00	0,00	8,00	8,00

Anexo 6.- Evolución de la Cuota de Mercado por Servicio y Fase

	PAIS	KM	Ancho Via	Servicio1					Servicio2					Servicio3					Servicio4					Servicio5					Servicio6				
				F0	F1	F2	F3	F4	F0	F1	F2	F3	F4	F0	F1	F2	F3	F4	F0	F1	F2	F3	F4	F0	F1	F2	F3	F4	F0	F1	F2	F3	F4
Madrid - Sevilla	ESPAÑA	471	1435																														
Córdoba - Málaga	ESPAÑA	155	1435																														
Torrejón de Velasco - Montilla del Palancar	ESPAÑA	223,6	1435																														
Montilla del Palancar - Valencia	ESPAÑA	139	1435																														
Antequera - Granada	ESPAÑA	102	1435																														
Madrid Chamartín-Irún-Frontera Francesa.	ESPAÑA	642	1668																														
Medina del Campo-Fuentes de Oñoro-Frontera Portuguesa.	ESPAÑA	201,1	1668																														
Alsasu-Castejón de Ebro.	ESPAÑA	139,2	1668																														
Torralba-Soria-Castejón de Ebro.	ESPAÑA	197,5	1668																														
Lleida Pirineus-L'Hospitalet de Llobregat.	ESPAÑA	190,1	1668																														
Bifurcación Sagrera-Maçanet Massanes.	ESPAÑA	73,9	1668																														
Zaragoza (Bifurcación Teruel)-Sagunt.	ESPAÑA	314,8	1668																														
Chinchilla Montearagón (AG. Km.298,4)-Cartagena.	ESPAÑA	228,3	1668																														
Murcia Cargas-Águilas.	ESPAÑA	111,8	1668																														
El Reguerón-Alacant Terminal.	ESPAÑA	67,3	1668																														
Valencia Nord-Sant Vicenç Calders.	ESPAÑA	285,3	1668																														
Alcázar San Juan-Cádiz.	ESPAÑA	576,6	1668																														
Ciudad Real-Badajoz.	ESPAÑA	337,7	1668																														
Palencia-Santander.	ESPAÑA	217,2	1668																														
Zamora-A Coruña.	ESPAÑA	439,6	1668																														
Oviedo-Valdecilla La Marga.	ESPAÑA	215,4	1000																														
Santander-Bilbao La Concordia.	ESPAÑA	118,5	1000																														
Bifurcación Sagrera-Frontera Port Bou Cerbere.	ESPAÑA	164,6	1435																														
LAV1 BRUSELAS - FRONTERA FRANCESA	BELGICA	88,08	1435																														
LAV2 BRUSELAS - LIEJA	BELGICA	100	1435																														
LAV3 LIEJA - FRONTERA ALEMANA	BELGICA	56	1435																														
LAV4 BRUSELAS - FRONTERA HOLANDESA	BELGICA	87	1435																														
HSL-Zuid AMSTERDAN - FRONTERA BELGA	HOLANDA	125	1435																														
Copenhague - Ringsted	DINAMARCA	60	1435																														
aeropuerto de Höga Kusten - Umea	SUECIA	190	1435																														
Kalix - Hamparandan	SUECIA	54	1435																														
Estocolmo-Linköping	SUECIA	154	1435																														
Roma - Napoles	ITALIA	196,6	1435																														
Roma - Florencia	ITALIA	253,6	1435																														
Florencia - Bolonia	ITALIA	78,5	1435																														
Bolonia - Milan	ITALIA	182,2	1435																														
Milan - Turín	ITALIA	125	1435																														