



Tecnotree

Empowering Digitally Connected Communities

SUTEL – Solución de Portabilidad Numérica

Issued 2026

Propuesta Técnica



Derechos de autor

Copyright © Tecnotree Corporation 2026. Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este documento puede ser reproducida, distribuida, almacenada en un sistema de recuperación o traducida a ningún idioma, en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, magnético, óptico, fotocopiado, manual o de otro tipo, sin el permiso previo por escrito de Tecnotree. Para obtener copias adicionales del documento, comuníquese con Tecnotree por correo electrónico: document@tecnotree.com.

Descargo de responsabilidad

Tecnotree no hace ninguna declaración ni ofrece garantía con respecto al contenido del presente documento y específicamente renuncia a cualquier garantía implícita de comerciabilidad o idoneidad para cualquier propósito particular. Además, Tecnotree se reserva el derecho de revisar esta publicación y realizar cambios de vez en cuando en su contenido sin obligación de notificar a ninguna persona sobre dicha revisión o cambios.

Comentario

Tecnotree se esfuerza por proporcionar documentación **precisa** y útil para todos los productos Tecnotree. Para **lograr** este objetivo, el grupo de documentación agradece sus comentarios y sugerencias sobre cualquier aspecto de la documentación del usuario de Tecnotree.

Envíe sus comentarios por correo electrónico a: document@tecnotree.com.

Marcas comerciales y marcas registradas

Los productos y nombres de productos mencionados en este documento pueden ser marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios.

Revisión histórica

Versión	Emitido	Nombre del autor	Descripción
1.0	27/05/2026	Tecnotree	Propuesta de solución técnica

Prefacio

Acerca de este documento

Este documento proporciona una descripción general de la solución propuesta por Tecnotree para abordar los requisitos de SUTEL.

Audiencia

Este documento está dirigido a los responsables/ejecutivos de SUTEL que analizan la propuesta de Tecnotree.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	5
2.	Arquitectura Funcional y Módulos	6
2.1.	Funcionalidades, Módulos y Requerimientos	7
2.2.	Diseño Arquitectura Propuesta	9
2.3.	Estándar de Integración e Integraciones en el Alcance.....	10
2.3.1.	Integración Restful basada en mensajes y almacenamiento de estado resistente.....	10
2.4.	Casos de Uso Soportados	10
3.	Descripción de los Módulos la solución propuesta	12
3.1.	DNP - Digital Number Portability Broker	12
3.1.1.	Descripción Funcional.....	12
3.2.	Consideraciones para Portabilidad Fija	19
3.3.	DBOD – Digital Business and Operational Dashboards	20
3.4.	DTT - Digital Trouble Ticket.....	22
3.5.	DAP – Digital Accelerator Platform – Orquestador de Servicios y Workflows	25
4.	Alineación de Tecnotree con los estándares de la industria.....	27
4.1.	Conformidad con TMForum	27
4.1.1.	Business Process Framework TMForum (eTOM).....	27
4.1.2.	Information Framework TMForum (SID)	28
4.1.3.	Lista de Open APIs del TM Forum.....	28
5.	Requerimientos no Funcionales.....	31
5.1.	Plan de Proyecto.....	31
5.1.1.	Mejora continua e incorporación de nuevas tecnologías	32
5.1.2.	Actualizaciones sazonales	32
5.2.	Gestión de datos.....	33
5.2.1.	Change Data Capture	33
5.2.2.	Information Framework - SID	33
5.2.3.	Auditoria de acceso y modificaciones de datos	33
5.2.4.	Replicación de datos	33
5.2.5.	Procesamiento en tiempo real	34
5.3.	Seguridad.....	34
5.3.1.	Marco de seguridad	34
5.3.2.	Ciclo de vida de seguridad del producto/solución.....	34
5.3.3.	Herramientas y automatización de seguridad.....	35
5.3.4.	Modelo de Seguridad Integral	36
5.3.5.	Seguridad de aplicaciones	36
5.3.6.	Seguridad de red.....	36
5.3.7.	Seguridad del sistema operativo y del contenedor	37
5.3.8.	Autenticación y control de acceso.....	38
5.3.9.	Seguridad de la base de datos	38
5.3.10.	Seguridad y privacidad de los datos.....	38
5.3.11.	Registro de seguridad y pistas de auditoría.....	39
5.3.12.	Parches de software	39

5.4.	Infraestructura	39
5.4.1.	Escalado de aplicaciones.....	39
5.4.2.	Plataforma de Operación	40
5.4.3.	Zero Downtime Upgrade	41
5.4.4.	Capacidades de gestión y seguimiento de usuarios	42
5.4.5.	Servicio de registro centralizado, EFK stack.....	43
5.4.6.	Verificación de estado & Autocuración	44
5.4.7.	Entornos de Desarrollo, Pruebas y Producción	45
5.5.	Arquitectura de despliegue	45
5.5.1.	Modelo SaaS.....	45
5.5.2.	Arquitectura en cloud	46
5.5.3.	Componentes de despliegue	47
5.6.	Migración de Datos	48
5.6.1.	Estrategia de migración, mejores prácticas	48
5.6.2.	Mapeo y validación de datos.....	48
5.6.3.	Precarga (Extracción y Transformación de Datos)	49
5.6.4.	Carga y validación de datos	49
5.6.5.	Carga posterior (verificación y prueba de datos)	50
5.6.6.	Validación y limpieza de datos durante las pruebas	50
5.6.7.	Validación y limpieza de datos de aplicaciones de destino	50
5.7.	Documentación	51
5.8.	Componentes Estratégicos de Observabilidad y Gestión Operativa	53
6.	Conclusión.....	55

1. Introducción

El presente documento describe la solución de **Portabilidad Numérica Móvil y Fija** propuesta por **Tecnotree** en respuesta al proceso de RFP de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL). Nuestro objetivo es sustituir la infraestructura actual mediante una plataforma de vanguardia que impulse la evolución digital del sector en Costa Rica.

Tecnotree se compromete a implementar las mejores prácticas de la industria, asegurando una integración total entre operadores y sistemas regulatorios. Nuestra propuesta no solo cumple estrictamente con los requerimientos técnicos, sino que garantiza una gestión eficiente de todo el ciclo de vida de la portabilidad.

Arquitectura y Estándares

La solución se basa en el portafolio digital de Tecnotree, integrando capas de base de datos, gestión numérica y lógica de negocio bajo una arquitectura de **microservicios**. Para garantizar la interoperabilidad y escalabilidad, todos nuestros procesos están alineados con los estándares de **TM Forum**:

- **Framework de Negocios:** Adopción de mejores prácticas eTOM.
- **Interoperabilidad:** Uso de **Open APIs certificadas**, facilitando una conexión fluida con el ecosistema digital existente.

Valor Agregado y Evolución

Entendemos que el mercado de Costa Rica requiere una transición transparente. Por ello, empleamos nuestra capa de orquestación **"Acelerador Digital"**, la cual permite una implementación incremental que minimiza el impacto operativo para SUTEL y los operadores móviles.

Nuestra arquitectura abierta no solo resuelve los retos actuales de portabilidad, sino que está diseñada para evolucionar ante futuras demandas tecnológicas, asegurando que SUTEL cuente con una plataforma preparada para el futuro de las telecomunicaciones.

2. Arquitectura Funcional y Módulos

Tras un análisis exhaustivo de los requerimientos de SUTEL, Tecnotree propone una arquitectura modular basada en su portafolio digital nativo de nube. Esta estructura está diseñada para superar los desafíos actuales de portabilidad en Costa Rica y proporcionar una plataforma evolutiva capaz de adaptarse a las futuras demandas de operadores y suscriptores.

Objetivos Estratégicos de la Solución

Conforme a lo solicitado en el proceso de contratación, nuestra solución se fundamenta en los siguientes pilares:

- **Proceso de Portabilidad Ágil y Consistente:** Arquitectura escalable y flexible que garantiza la ejecución uniforme de los procesos de portabilidad entre todos los operadores del ecosistema.
- **Front-End Digital Moderno:** Interfaz intuitiva y responsiva (Web/Móvil) que permite a usuarios y operadores ingresar, gestionar y dar seguimiento en tiempo real a las solicitudes.
- **Experiencia Omnicanal:** Unificación de todas las interacciones, permitiendo transiciones fluidas entre canales con una trazabilidad completa de cada solicitud.
- **Dashboards y Reportes Dinámicos:** Herramientas **Low-Code/No-Code** para la generación de informes y tableros de control gráficos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones tanto para SUTEL como para los operadores.
- **Central de Notificaciones Inteligente:** Gestión centralizada de comunicaciones vía SMS, Email o IVR, con administración de plantillas y servicios para optimizar el contacto, especialmente con usuarios de móvil.
- **Eficiencia Operativa y Automatización:** Integración nativa entre el BSS y sistemas externos para reducir la intervención manual y minimizar errores.
- **Cumplimiento Normativo:** Garantía de adherencia a estándares de protección de datos (GDPR) y herramientas integradas para auditoría y reportes regulatorios.

Principios de Diseño y Estándares de la Industria

La arquitectura de Tecnotree se ha construido bajo los estándares más exigentes de la industria de telecomunicaciones, incluyendo el **TM Forum eTOM (Business Framework)**, **SID (Information Framework)** y la **Arquitectura Digital Abierta (ODA)**.

Nuestra propuesta se diferencia por los siguientes principios rectores:

- **IA-Enabled (Inteligencia Artificial Nativa):** A diferencia de otras soluciones, la IA en el BSS de Tecnotree no es un módulo externo, sino un componente central que optimiza la toma de decisiones procesa datos masivos y ofrece *insights* predictivos sobre el flujo de portabilidad.
- **Arquitectura Data-Driven:** Utiliza datos de múltiples fuentes (red, canales e interacciones) para optimizar el rendimiento del sistema y la experiencia del usuario.
- **Plataforma Abierta y Extensible:** Diseñada para una integración sencilla con sistemas legados y nuevas tecnologías mediante el uso de APIs abiertas.
- **Cloud-Native y SaaS Ready:** Solución certificada para operar en los principales proveedores de nube bajo un modelo de **Software como Servicio (SaaS)**, garantizando alta disponibilidad y escalabilidad elástica.

Nota: La solución propuesta para la gestión de portabilidad e incidencias es un subconjunto especializado de nuestro portafolio **Digital BSS**, diseñado específicamente para soportar modelos de negocio B2C y B2B con una arquitectura probada globalmente.

2.1. Funcionalidades, Módulos y Requerimientos

La solución propuesta por Tecnotree facilitará módulos convergentes compatible con los dominios funcionales del BSS como:

Tabla 1 – Dominios Funcionales

ID	Dominio Funcional	Descripción
1	Sistema de Gestión de Portabilidad Numérica	Este módulo es el motor central de la solución, diseñado para orquestar de manera íntegra el ciclo de vida de cada solicitud de portabilidad. Su arquitectura garantiza la sincronización en tiempo real entre el Operador Donante , el Operador Receptor y la entidad de referencia de SUTEL . La plataforma gestiona de manera nativa las fases críticas del flujo de portabilidad: Consulta de Elegibilidad, Generación y Validación de Token, Agendamiento de Ventana de Cambio, Ejecución de Ventana, Confirmación y Notificación.
2	Front-End de Portabilidad Numérica	Tecnotree proporciona una consola digital centralizada con diseño y arquitectura responsiva, optimizada para garantizar la accesibilidad desde cualquier dispositivo (Web y Móvil). Esta interfaz se divide en dos perFPles clave: Portal de Operadores y SUTEL, Portal del Usuario.
3	Gestión de Notificaciones y Plataformas de Comunicación	La solución integra una Central de Notificaciones Inteligente encargada de automatizar la comunicación con el usuario final durante hitos críticos del proceso de portabilidad. Esta gestión centralizada garantiza una experiencia informativa coherente a través de canales de SMS, Email e IVR .
4	Capa de Integración y Estándares de Interoperabilidad	La solución incorpora una capa de integración robusta y de alta disponibilidad , diseñada para exponer de forma segura todos los servicios del proceso de portabilidad hacia los operadores y aplicaciones del ecosistema digital.
5	Tickets e Incidencias	Capacidad de Capturar solicitudes e incidencias a través de tickets de errores sobre los procesos de portabilidad, incluyendo toda la data necesaria para su apertura y tramitación hasta la solución.
6	Informes y Dashboards	La solución de Tecnotree integra un potente motor de análisis de datos diseñado para ofrecer visibilidad completa sobre el desempeño del ecosistema de portabilidad. Esta capacidad se desglosa en: Gestión de KPIs y Dashboards, Acceso y Extracción de Datos, Flexibilidad de Entrega, Autonomía Low-Code.
7	Autenticación Biométrica (Opcional)	Solución de autenticación biométrica con base en KYC que permite captura de documentación, fingerprint, Face ID y comparación facial para validación contra documentos cargados en el sistema.

Abajo se describen las aplicaciones parte del alcance de este proyecto, así como los responsables y las funcionalidades involucradas:

Tabla 2 - Módulos Propuestos

ID	Módulo	Descripción
1	Digital (Number Portability) MNP	<p>Este módulo core del portafolio digital de Tecnotree es el motor responsable de orquestar el ciclo de vida completo de la portabilidad tanto para móvil cuanto para fija. Su alcance abarca:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestión End-to-End: Administra de manera integral los flujos de negocio y procesos técnicos en cada una de sus fases, desde la solicitud inicial hasta la ejecución exitosa de la ventana de cambio. • Front-End Unificado: Incorpora las interfaces digitales necesarias para que operadores y administradores interactúen con la plataforma de forma intuitiva, eliminando la necesidad de herramientas externas para la gestión operativa. • Orquestación de Flujos: Actúa como el centro lógico que coordina las validaciones, los tiempos de espera y las aprobaciones requeridas por la normativa de SUTEL. • Captura y validación de biometría: Solución incorpora validación biométrica con base en procesos de KYC (Know your customer) que permite capturar documentos y biometría y compararlos contra información precargada en el sistema o integrarse a entidades regulatorias para debida validación.
2	DAP – Digital Acceleration Platform	<p>La Digital Acceleration Platform (DAP) de Tecnotree actúa como la capa de inteligencia y conectividad que facilita la integración de los módulos de portabilidad con el ecosistema externo, incluyendo operadores, sistemas legados y entidades gubernamentales.</p> <p>Esta plataforma es el núcleo de la interoperabilidad y está compuesta por tres pilares fundamentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Motor de Orquestación de Servicios: Coordina flujos de trabajo complejos, asegurando que cada paso del proceso de portabilidad se ejecute en el orden correcto y con las validaciones necesarias. • API Gateway: Centraliza el punto de entrada de todas las comunicaciones, garantizando seguridad, control de tráfico y una gestión eficiente de los endpoints. • Gestor de Interfaces Multiprotocolo: Permite la traducción y comunicación fluida entre distintos protocolos y formatos, facilitando una integración desacoplada y ágil con sistemas de diversas generaciones tecnológicas.
3	Digital Ticket Trouble	<p>Módulo de gestión de incidentes que se integra nativamente al Potability Broker. Gestiona los tickets desde su creación hacia su resolución. Mantiene los usuarios, equipos, flujos, reglas de distribución de tickets en bandejas de resolución, skills e documentación de resolución de casos.</p>
4	Digital Business and operational Dashboards	<p>Esta plataforma está diseñada para la generación avanzada de informes técnicos, operativos y de cumplimiento (KPIs). La solución ofrece un balance óptimo entre estandarización y flexibilidad mediante las siguientes capacidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Librería de Reportes Predefinidos: Incluye un catálogo de informes listos para usar, basados en las mejores prácticas de la industria y los

		<p>requerimientos específicos de portabilidad de SUTEL (volumenes de tráfico, tasas de éxito y tiempos de respuesta).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autogestión de Indicadores: Permite tanto a SUTEL como a los operadores la creación de sus propios tableros de control y KPIs personalizados a través de una interfaz intuitiva, sin necesidad de intervención técnica o nuevos desarrollos. • Visibilidad Multidimensional: Facilita el análisis de datos desde perspectivas técnicas (rendimiento de red/APIs) y de negocio (tendencias de mercado y comportamiento del suscriptor).
--	--	---

2.2. Diseño Arquitectura Propuesta

Según la solución presentada se presenta abajo la arquitectura funcional del proyecto:

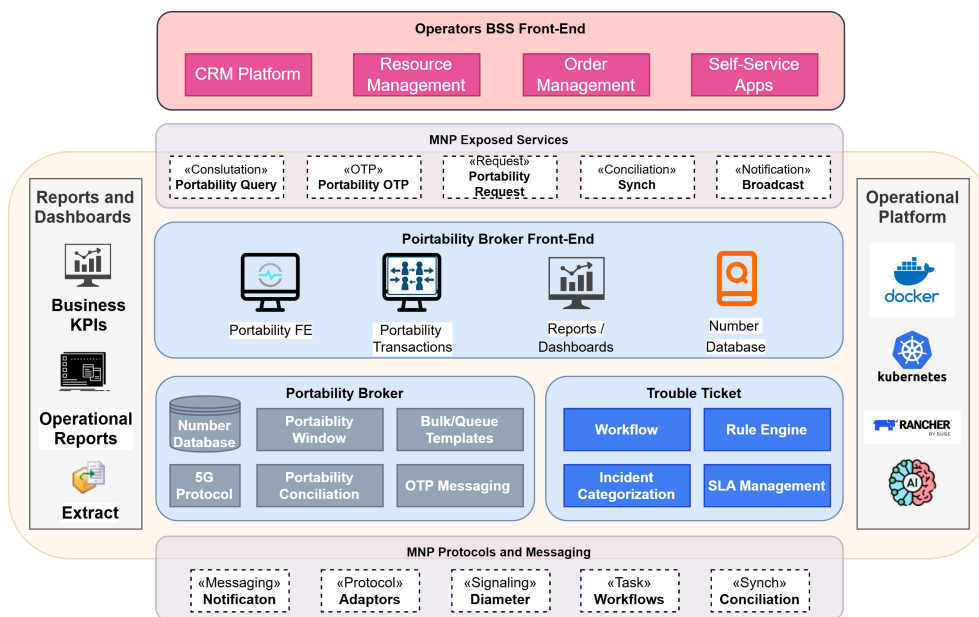


Figura 1 - Propuesta de Arquitectura funcional

2.3. Estándar de Integración e Integraciones en el Alcance

2.3.1. Integración Restful basada en mensajes y almacenamiento de estado resistente

Todas las API de Tecnotree son API REST o GraphQL con JSON como medio de comunicación. Habrá algunas API, que deben ser sincrónicas, que se entregarán de inmediato y habrá algunas API que utilizarán un mecanismo de sondeo asincrónico.

Cuando se utiliza el mecanismo de sondeo asincrónico, todos los resultados se almacenan en una base de datos distribuida de Redis y el cliente puede recuperarlos a pedido en cualquier momento utilizando una identificación única.

La arquitectura soporta integración a los operadores actuales y que se agreguen operadores futuros desde que sigan los mismos parámetros y protocolos de las interfaces existentes.

2.4. Casos de Uso Soportados

Los casos de uso soportados por la solución descrita en este documento son:

Tabla 3 - Casos de Uso soportados

Use Case ID	Caso	Descripción
UC-01	Solicitud de Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Captura y validación documental inicial, asegurando que la información del solicitante cumpla con los estándares de la portabilidad y se capture la información necesaria. Una vez que el sistema verifica la identidad y el usuario ingresa el NIP de confirmación recibido, la plataforma orquestadora de Tecnotree genera automáticamente la solicitud formal de portación, integrándose de manera transparente con la interfaz del SIPN para transmitir el trámite hacia la red donante con total integridad de datos y trazabilidad en tiempo real.
UC-02	Aprobación de Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Tecnotree implementa un motor de orquestación que monitorea en tiempo real el ciclo de aprobación de 24 horas, automatizando la validación de las causas de rechazo normativas y garantizando la fluidez del trámite mediante el principio de aceptación por silencio administrativo. Una vez que el SIPN notifica la solicitud, el sistema supervisa el cumplimiento de los plazos y, en caso de no recibir una denegación debidamente fundamentada por parte del operador donante dentro del umbral establecido, la plataforma procesa automáticamente la aprobación para avanzar a la fase de programación, eliminando cuellos de botella y asegurando el estricto cumplimiento de los acuerdos de niveles de servicio (SLA) de SUTEL.

UC-03	Programación de la portación	<ul style="list-style-type: none"> Tras la validación del operador donante, se inicia un periodo máximo de 48 horas en el que la plataforma de Tecnotree orquestará la ejecución técnica, programando la activación dentro de la ventana normativa de mínimo tráfico (03:00 a 04:00 AM) para garantizar una transición sin fricciones. Durante este lapso, el sistema automatiza la preparación del aprovisionamiento en red y supervisa rigurosamente el cumplimiento de los SLAs de SUTEL, asegurando que la portabilidad se complete de manera oportuna y eficiente.
UC-04	Ejecución de la Portación	<ul style="list-style-type: none"> Tecnotree utiliza orquestador de flujos técnicos programado específicamente para ejecutar la ventana de cambio en el horario normativo de 03:00 a 04:00 AM. El sistema coordina de manera sincronizada la desactivación en la red donante y la activación inmediata en la red receptora, garantizando que el proceso técnico total no supere los 60 minutos y, mediante procesos de conmutación optimizados, asegura que la interrupción real del servicio para el usuario final sea inferior a 30 minutos. Esta ejecución automatizada minimiza el impacto operativo y asegura el cumplimiento estricto de los niveles de servicio (SLA) exigidos por SUTEL para proteger la experiencia del suscriptor.
UC-05	Difusión de Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Tecnotree incorpora un módulo de Sincronización de Base de Datos en Tiempo Real que interactúa con el SIPN para garantizar la integridad del enrutamiento en todo el ecosistema. La plataforma está diseñada para procesar de manera simultánea los mensajes de "desactivación" de la red donante y "activación" de la red receptora, integrando automáticamente el archivo diario de difusión para actualizar las Bases de Datos Operativas (BDO) de forma inmediata.

3. Descripción de los Módulos la solución propuesta

Los siguientes capítulos describen los módulos incluidos en la solución.

3.1. DNP - Digital Number Portability Broker

Este módulo core del portafolio digital de Tecnotree es el motor responsable de orquestar el ciclo de vida completo de la portabilidad. Su alcance abarca:

- **Gestión End-to-End:** Administra de manera integral los flujos de negocio y procesos técnicos en cada una de sus fases, desde la solicitud inicial hasta la ejecución exitosa de la ventana de cambio.
- **Front-End Unificado:** Incorpora las interfaces digitales necesarias para que operadores y administradores interactúen con la plataforma de forma intuitiva, eliminando la necesidad de herramientas externas para la gestión operativa. El front-end es multiidiomas y permite localización por términos en distintos idiomas además de seguir con las recomendaciones del WAI Nivel A de la W3C, norma INTE ISO IEC 40500 2020: Tecnología de la información Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.2 o equivalente.
- **Orquestación de Flujos:** Actúa como el centro lógico que coordina las validaciones, los tiempos de espera y las aprobaciones requeridas por la normativa de SUTEL.
- **Gestión de Notificaciones:** Se envían notificaciones a los involucrados en el flujo de portabilidad solicitado
- **Validación de Token de Portabilidad:** Se genera y se validan los tokens de portabilidad para los usuarios y operadores para aprobar la portabilidad.
- **Interoperabilidad:** Con plataforma actual de MNP, legados y sistemas involucrados en el proceso de portabilidad.

La solución propuesta por Tecnotree atiende el flujo de portabilidad según las etapas solicitadas en la RFP, ya descritas en los casos de uso:

- Solicitud de Portabilidad
- Aprobación de Portabilidad
- Programación de la portación
- Ejecución de la Portación
- Difusión de Portabilidad

3.1.1. Descripción Funcional

Tecnotree propone una solución para atender los requerimientos de SUTEL presentados en la RFP, con base en una Base de Datos de Portabilidad Numérica (NP-DB) Centralizada, diseñada para actuar como la "fuente única de verdad" para todo el ecosistema de telecomunicaciones de Costa Rica. A seguir se presentan los detalles funcionales con objetivo de atender los requerimientos específicos de SUTEL.

3.1.1.1. Esquemas de Enrutamiento (All Call Query & Onward Routing)

Para dar cumplimiento estricto a los requisitos presentados, nuestra plataforma integra:

- **Mecanismo ACQ (All Call Query):** La solución optimiza el recurso numérico permitiendo que los operadores realicen consultas directas a la NP-DB antes del establecimiento de cada llamada local. Esto garantiza la ruta más corta y eficiente, eliminando el tránsito innecesario.
- **Onward Routing para Tráfico Internacional:** El sistema gestiona la lógica de redireccionamiento para llamadas entrantes internacionales, permitiendo que la red de entrada nacional encamine el tráfico hacia la red receptora actual, asegurando interoperabilidad con estándares globales.
- **Soporte Multitenant (OMV):** La arquitectura permite la integración de Operadores Móviles Virtuales, otorgándoles visibilidad y acceso a la sincronización de la base de datos de manera segmentada.

3.1.1.2. Gestión del Ciclo de Vida de la Portabilidad

3.1.1.2.1. Ventana de Cambio y Continuidad del Servicio (SLA)

Tecnotree utiliza un Orquestador de Flujos de Trabajo configurado para:

- **Ejecución en Horas Valle:** Programación automatizada de las ventanas de cambio durante periodos de tráfico mínimo (definidos por SUTEL).
- **Sincronización Ultra-Rápida:** El motor de ejecución técnica garantiza que la "ventana de cambio" no exceda la **1 hora**, con un tiempo de interrupción del servicio técnico (corte de señal) inferior a los **30 minutos**, mediante la señalización coordinada entre la red donante y la receptora.

3.1.1.2.2. Captura de Datos y Consentimiento Multicanal (Omnicanalidad)

Nuestra solución habilita el registro de solicitudes a través de plataformas WEB, Agencias y Telegestión, capturando de forma fidedigna:

- **Identificación Completa:** Formulario dinámico para Nombre/Razón Social, Cédula/Pasaporte y Personería Jurídica.
- **Validación de Identidad:** Integración con mecanismos de **Token de Seguridad** y firma electrónica o digitalización de documentos para registrar el consentimiento expreso del usuario.
- **Aceptación de Términos:** El sistema despliega y almacena de forma obligatoria los *checkpoints* normativos: fin de relación con donante, persistencia de obligaciones económicas (hasta 90 días) y pérdida de saldo en prepago.

3.1.1.2.3. Lógica de Validación de Identidad

El sistema aplica una jerarquía de validación inteligente:

Prioridad 1: Número de Identificación (Cédula/Pasaporte).

Prioridad 2: Primer y Segundo Apellido.

Prioridad 3: Primer Nombre.

Tratamiento de Errores: El motor ignora diferencias tipográficas o de digitación siempre que el número de identificación coincida exactamente, evitando rechazos innecesarios. Ver también validación biométrica en el capítulo 3.1.1.5. Captura y validación de biometría

3.1.1.2.4. Causas Automáticas de Rechazo

El sistema bloquea automáticamente solicitudes que incurran en:

- **Estado de la Línea:** Suspensión por impago, liquidación contable o si el número no pertenece a ningún abonado.
- **Conflictos de Trámite:** Solicitudes duplicadas en curso o si el número ya pertenece al operador receptor.
- **Límites Normativos:** Usuarios que excedan las **5 portaciones anuales**.
- **Contratos con Terminal:** Validación de vigencia de permanencia mínima por subsidio de equipo.

3.1.1.2.5. Gestión de Documentación y Cumplimiento Regulatorio

La solución permite el registro mediante medios físicos o electrónicos. Tecnotree incluye un **Módulo de Gestión Documental (DMS)** que:

- Almacena copias de identificaciones y certificaciones de personería jurídica.
- Mantiene un log inalterable de la aceptación de disposiciones de SUTEL.
- Genera reportes de auditoría listos para inspecciones regulatorias.

3.1.1.2.5.1. Gestión del Identificador Personal (NIP) y Autenticación

La solución de Tecnotree integra un flujo de trabajo específico para la gestión del **NIP de Portación**, que puede ser accedido desde el Web Front-End, actuando como puente entre el usuario, el operador receptor y el SIPN (IECISA).

- **Validación de NIP:** El sistema permite la entrada del NIP (obligatorio y vinculado al MSISDN) con una lógica de control de **vigencia de 12 horas**. Si el NIP expira, la plataforma bloquea la solicitud antes de enviarla al SIPN para evitar rechazos técnicos.
- **Omnicanalidad de Solicitud:** Tecnotree habilita portales Web y App para que el usuario gestione su trámite, integrándose con el **IVR 1599** y el sistema de SMS para la recepción fidedigna del código.
- **Seguridad Anti-Bloqueo:** Ante el riesgo de que la red donante bloquee el tránsito del NIP, nuestra solución reporta automáticamente anomalías en la entrega para que SUTEL pueda auditar posibles prácticas anticompetitivas.

3.1.1.2.6. Orquestación del Proceso de Portación (Flujo End-to-End)

La plataforma de Tecnotree automatiza las etapas del proceso conforme a los tiempos regulatorios. Al recibir la documentación (Identidad, Personería, etc.), el sistema genera una **Solicitud de Portación (ERP)** estandarizada que incluye:

- Timestamp de solicitud, MSISDN, identificación de red donante/receptora y el NIP de confirmación.
- **Validación Previa:** Antes del envío, el motor de reglas de Tecnotree verifica que el usuario no exceda las **5 portaciones anuales** y que no existan trámites simultáneos en curso para el mismo número.

Gestión de Aprobación y Silencio Administrativo

- **Monitoreo de 24 horas:** El sistema rastrea la respuesta de la red donante. Si tras 24 horas no hay un rechazo fundamentado, nuestra plataforma procede con la "Aceptación por Silencio Administrativo", notificando al SIPN para continuar el flujo y evitar retrasos.

- **Protección contra Win-Back:** La solución detecta y registra cualquier intento de contacto del donante hacia el suscriptor durante el periodo de trámite, generando una alerta de cumplimiento para prevenir contraofertas prohibidas.

Ventana de Cambio y Sincronización de Red

La solución de Tecnotree implementa una lógica de ejecución de alta precisión para evitar afectación al usuario.

Ventana Técnica de Cambio

- **Programación Automatizada:** El sistema programa la activación en la red receptora dentro de las **48 horas** posteriores a la aprobación (preparado para la reducción a 24h).
- **Continuidad del Servicio:** La orquestación técnica garantiza que la pérdida de señal no supere los **30 minutos**, con una ventana total de 1 hora.
- **Exclusión de Festivos:** El calendario operativo de la plataforma excluye automáticamente domingos y feriados, reprogramando las activaciones para la madrugada del siguiente día hábil.

Difusión y Actualización de BDO

- **Sincronización Simultánea:** Al momento de la portación, el sistema procesa el mensaje de "desactivación" de la red donante y activa la red receptora.
- **Actualización de Base de Datos Operativa (BDO):** Tecnotree asegura que la BDO local del operador se mantenga en espejo con la **NP-DB centralizada del SIPN**, garantizando que el enrutamiento de llamadas y SMS sea inmediato tras la ventana de cambio.

3.1.1.3. Gestión Integral del NIP y Trámites de Portación

Nuestra solución actúa como el orquestador central que interactúa con el **SIPN (Sistema Integral de Portabilidad Numérica)** para garantizar la autenticidad del solicitante y la fluidez del trámite.

3.1.1.3.1. Ciclo de Vida del NIP (Individual y Grupal)

- **Generación y Entrega Multi-vía:** La plataforma de Tecnotree solicita al SIPN la emisión del NIP. Este se entrega vía SMS (a través de la interfaz ESME/SMPP) o IVR (1599).
- **Vigencia y Seguridad:** El sistema valida que el NIP introducido en la GUI del operador receptor coincida con el MSISDN objeto de portación y que se encuentre dentro de su ventana de **vigencia de 12 horas**.
- **Gestión de Reintentos (Protocolo de Falla):** Si el envío falla tras 3 intentos (5 minutos entre cada uno), la solución activa automáticamente la secuencia de contingencia:
 1. Reenvío a través de la red del operador receptor.
 2. Habilitación de consulta vía IVR para el usuario final.
- **Portaciones Múltiples:** Para trámites corporativos o grupales, el sistema genera un **NIP Grupal** para la autenticación del conjunto, permitiendo aprobaciones o rechazos individuales sin afectar la integridad del grupo.

3.1.1.4. Enrutamiento y Señalización (NE)

Tecnotree implementa el estándar **All Call Query (ACQ)** para tráfico local y **Onward Routing (OR)** para tráfico internacional, asegurando que la portabilidad sea invisible para el usuario.

- **Lógica de Red:** El sistema asegura que solo se concatene un NE (el de la red destino) y prohíbe la duplicidad de prefijos.
- **Mensajería (SMS/MMS):** El Centro de Mensajería (SMSC) de Tecnotree tiene la capacidad nativa de encaminar mensajes en formato internacional (CC+NE+Número) y **suprimir el NE** antes de la entrega final al terminal del usuario para mantener la transparencia.

3.1.1.4.1. Procesos Especiales y Prevalidación

Consultas de Prevalidación (SLA de Alto Rendimiento)

Tecnotree optimiza las consultas para reducir la incertidumbre del operador receptor:

- **Consultas Autónomas (SIPN):** Validación de solicitudes en curso o portaciones previas. Respuesta en un **95% de los casos < 30 segundos**.
- **Consultas Dirigidas (Donante):** El sistema reenvía la consulta al operador donante para validar:
 - Coincidencia de identidad (Nombre/Cédula).
 - Estado de la línea (Suspensión por impago o liquidación).
 - Existencia de contratos con terminal subsidiado.
- **Gestión de Reintentos:** Si el donante no responde, el sistema realiza hasta 10 reintentos (1 por minuto) antes de informar la expiración de la consulta.

Cancelación y Repatriación

- **Cancelación (Exclusiva SUTEL):** Módulo restringido que permite a SUTEL frenar una portación aceptada antes de su activación por razones de interés público.
- **Repatriación Automática:** Al detectar **8 meses de inactividad** en una línea portada, el sistema genera automáticamente la solicitud de repatriación hacia el operador poseedor original del recurso numérico, actualizando la NP-DB de forma inmediata.

3.1.1.4.2. Liquidación y Operaciones BSS/OSS

Liquidación en Cascada

- La solución de facturación de Tecnotree soporta el modelo de "liquidación en cascada", permitiendo acuerdos de interconexión independientes entre puntos de tránsito (A-B y B-C), asegurando que el operador intermedio sea remunerado correctamente sin requerir contratos directos entre extremos.

3.1.1.5. Captura y validación de biometría (Opcional)

La solución propuesta integra un motor avanzado de Identidad Digital y KYC (Know Your Customer) diseñado para la identificación no presencial con máxima seguridad.

El sistema permite la captura automatizada de documentos de identidad oficiales (como Cédula de identidad Física, pasaportes o carnés de extranjería) mediante tecnología OCR, realizando una validación de autenticidad del documento físico y comparándolo en tiempo real con una prueba de vida y captura facial del solicitante.

Esta biometría se coteja directamente contra la base de datos del sistema o mediante integraciones vía API con entidades regulatorias y gubernamentales (en el sistema de Identidad Digital Costarricense (IDC)), garantizando que el usuario que solicita la portabilidad es efectivamente el titular de la línea.

La solución destaca por una tasa de efectividad superior al 98% en la coincidencia biométrica inicial, minimizando los falsos rechazos gracias a algoritmos de inteligencia artificial que detectan intentos de fraude por suplantación (fotos de fotos o videos). En cuanto al modelo de costos, el servicio se ofrece bajo una modalidad de pago por transacción exitosa, lo que permite a los operadores escalar el gasto conforme al volumen real de portaciones procesadas, eliminando barreras de inversión inicial elevadas.

Este enfoque integral no solo asegura el cumplimiento normativo de "identificación no presencial", sino que optimiza la experiencia del cliente al permitir una validación ágil, segura y totalmente digital desde cualquier dispositivo móvil.

3.1.1.5.1. Descriptivo funcional de la Validación Biométrica

La solución propuesta ha sido diseñada bajo el paradigma de Prueba de Vida Pasiva, reduciendo de manera drástica la fricción del usuario final al eliminar la necesidad de realizar gestos forzados (como parpadear, girar la cabeza o hablar), lo cual maximiza la tasa de conversión y mitiga de forma automática los intentos de fraude de suplantación de identidad en tiempo real, incluyendo ataques avanzados basados en vídeos artificiales (Deepfakes), fotos de pantallas y máscaras 3D.

Características Principales de Arquitectura:

- **100% No Presencial (BYOD):** Ejecución remota directa en el navegador web o aplicativo móvil del usuario, sin requerir hardware especializado externo.
- **Procesamiento Edge-to-Cloud:** Los algoritmos procesan la calidad en el dispositivo (Edge) para dar retroalimentación instantánea y validan la biometría en el backend seguro para prevenir hackeo de la cámara.

3.1.1.6. Tecnología Liveness Pasivo y Prevención de Fraude

Para cumplir con las directrices regulatorias de SUTEL, el sistema implementará algoritmos de prueba de vida estrictamente clasificados como "Pasivos". Estos algoritmos están certificados y validados de conformidad con las mejores prácticas de la industria mundial:

- **Certificación ISO/IEC 30107-3:** Cumplimiento total de los niveles de evaluación de ataques de presentación (PAD - Presentation Attack Detection) de Nivel 1 y Nivel 2.
- **Acreditación NIST (National Institute of Standards and Technology):** Integración de motores de validación que se posicionan en los rangos superiores del ranking FRVT (Face Recognition Vendor Test) del NIST.
- **Análisis Espectral 3D:** El motor analiza texturas de la piel, micro-reflejos de luz en la retina, mapas de profundidad computacionales generados en una sola toma y diferencias de contraste para discriminar de forma inequívoca el rostro de un ser vivo frente a una pantalla de alta definición, papel impreso, o máscaras de látex.
- **Protección Antifraude Avanzada (Deepfakes):** Redes neuronales convolucionales (CNN) entrenadas de forma continua analizan artefactos de síntesis digital (bordes de blending, anomalías de frecuencia y asincronías de textura) para descartar imágenes generadas por Inteligencia Artificial generativa de última generación.

3.1.1.7. Especificaciones de Captura de Rostro (Normativa MICITT 2024 / ISO)

Conforme con el Código Nacional de Tecnologías Digitales del MICITT (2024) de Costa Rica, Tecnotree cumple y supera los lineamientos para la captura de retratos según las directrices internacionales ISO/IEC 19794-5 y las estructuras de datos ISO/IEC 39794-5.

El módulo de captura proveerá un framework de asistencia e interacción visual interactiva en tiempo real en el dispositivo final del usuario, guiándolo dinámicamente sobre la distancia óptima, las condiciones de luz, la inclinación de la cabeza y la detección de ojos cerrados o cubiertos antes de realizar el disparo automático.

3.1.1.8. Módulo de OCR, Captura de Identificaciones y Cruzamiento Registral

Tecnotree integra un motor de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) optimizado para documentos de identidad de Costa Rica (Cédula de Identidad, DIMEX y Pasaportes), cumpliendo rigurosamente con los flujos de consentimiento y mitigación de fraude del pliego:

- **Flujo de Consentimiento Explícito:** Antes del inicio del proceso de validación biométrica y OCR, la plataforma despliega una interfaz obligatoria para la obtención del consentimiento expreso del usuario final, almacenando de forma segura la traza de aceptación (fecha, hora, IP, hash de aceptación) en cumplimiento de la normativa de protección de datos de carácter personal.
- **Captura Automatizada de Alta Calidad:** El sistema controla los parámetros de adquisición de imagen del documento de identidad garantizando:
- **Resolución:** Recomendada de 72 ppp, balanceada para entornos móviles y web.
- **Tamaño y Peso de Archivo:** Optimizado entre 200 y 300 kB con dimensión máxima del lado largo en 1200 píxeles.
- **Procesamiento de Imagen:** Aplicación de reducción automática de ruido, normalización de brillo/contraste adaptativo y corrección de inclinación o rotación geométrica (deskewing) previa al procesamiento por el motor de OCR.
- **Cruzamiento de Defunción y Validación de Legitimidad:** El módulo realiza de forma automatizada las siguientes dos capas de validación:
- **Análisis de Legitimidad Física:** Detección automática de alteraciones en las fuentes del documento físico, bordes fotocopiados, hologramas y marcas de seguridad para descartar la presentación de copias en papel o documentos falsificados.
- **Filtro de Estado Vital (Anti-Fraude de Fallecidos):** Conexión directa y cruce con el Registro Civil de personas fallecidas de Costa Rica, impidiendo de forma automática el proceso de portabilidad con identificaciones pertenecientes a ciudadanos extintos.
- **Comparación Facial 1:1 de Alta Precisión:** Se contrasta biométricamente el rostro capturado en el selfie en vivo (Liveness Pasivo validado) frente a la fotografía extraída directamente de la imagen del documento de identidad, arrojando una tasa de similitud matemática robusta antes de proceder al despacho del trámite a la ERPN.

3.1.1.9. Reportes Mensuales y Analítica de SUTEL

La plataforma de Tecnotree para el Consorcio Administrador / SUTEL cuenta con un módulo DBOD de business KPIs y Reportes que genera de forma automatizada informes mensuales listos para auditorías regulatorias.

El sistema registrará de manera detallada las variables solicitadas en el requerimiento 1.4 para ser exportadas vía API web segura o formatos legibles de hoja de cálculo:

- **Métricas de Éxito de Portabilidad:** Cantidad neta de portabilidades confirmadas satisfactoriamente mediante validación facial.
- **Desglose de Validaciones Rechazadas:** Clasificación exacta del origen de los rechazos mediante el análisis del código de salida del algoritmo:

- **Alteración de documentos:** Detección de irregularidades de seguridad del ID o mala calidad del OCR.
- **Falla de correspondencia (Persona no concuerda):** Umbral de similitud 1:1 por debajo del límite mínimo parametrizado.
- **Falla de Prueba de Vida (Liveness):** Detección de ataques de spoofing activa o pasiva.
- **Cruce vital fallido:** ID correspondiente a persona fallecida.
- **Métricas de Derivación Manual (Back-Office):** Monitoreo de casos dudosos derivados al flujo de revisión de analistas humanos, incluyendo tiempos de atención y resultados de la cola de soporte de la ERPN.
- **Métrica de Capacidad Máxima (Rendimiento por Hora):** Registro histórico de cargas pico máximas del motor de transacciones biométricas en un bloque de 1 hora durante el mes reportado, asegurando visibilidad del escalamiento elástico de la plataforma.

3.1.1.10. Accesibilidad

La interfaz web de la solución está diseñada y desarrollada bajo el estricto cumplimiento de las pautas de accesibilidad **WCAG 2.2 Nivel A**, conforme a la norma **INTE ISO IEC 40500:2020**. La plataforma incorpora principios fundamentales de perceptibilidad, operatividad y comprensibilidad, permitiendo que personas con necesidades especiales puedan navegar e interactuar con el sistema de manera efectiva a través de tecnologías asistivas.

Esto incluye la implementación de alternativas textuales para contenido no textual, navegación mediante teclado, contrastes de color adecuados y una estructura de etiquetas semánticas que asegura la compatibilidad con lectores de pantalla, cumpliendo así con las recomendaciones de la **WAI (Web Accessibility Initiative)** del **W3C** para mantener un portal digital moderno, seguro y universalmente accesible.

3.1.1.11. Trazabilidad completa del proceso de portabilidad

La solución garantiza la **gestión automatizada, trazable y auditable** de cada etapa del proceso de portación, desde la solicitud inicial hasta la activación final en la red. Mediante el uso de registros de auditoría persistentes (*logs*) y marcas de tiempo inalterables, el sistema permite realizar un seguimiento detallado en tiempo real de cada transacción, identificando actores, estados y respuestas de los nodos involucrados.

3.2. Consideraciones para Portabilidad Fija

Gestión de Identificación Geográfica y Estructura Numérica

A diferencia de la móvil, la telefonía fija suele estar vinculada a áreas geográficas o centros de conmutación específicos. El sistema de Tecnotree permite:

- **Validación de Áreas de Servicio:** El motor de reglas verifica que el número fijo a portar se mantenga dentro de la misma zona tarifaria o geográfica, según lo permita la regulación de SUTEL, para asegurar la viabilidad técnica del enrutamiento.
- **Manejo de Cabeceras y Rango de Números:** La solución es capaz de gestionar portaciones de números individuales o bloques de numeración (E1/DID) típicos de clientes corporativos en telefonía fija.

Orquestación de Ventanas de Cambio Extendidas

Aunque el proceso base es similar, la telefonía fija a menudo requiere coordinaciones adicionales en la planta externa:

- **Flujos de Trabajo Parametrizables:** Tecnotree permite configurar flujos de trabajo específicos para fijo que pueden incluir pasos de verificación de última milla o bucle local, asegurando que la ventana de cambio se sincronice con la disponibilidad técnica de la red receptora.
- **Sincronización con el SIPN:** El sistema mantiene el mismo rigor en los tiempos de respuesta (SLAs) para la aprobación/rechazo y la programación, adaptando las notificaciones para reflejar el tipo de servicio (Fijo vs. Móvil).

Enrutamiento mediante Números de Encaminamiento (NE)

Para la telefonía fija, el uso del **All Call Query (ACQ)** es igualmente crítico para evitar el "tromboning" o enrutamiento ineficiente:

- **Base de Datos Unificada:** El módulo de enrutamiento de Tecnotree integra en su base de datos operativa tanto los prefijos móviles como los indicadores de ruta fijos.
- **Inserción de NE Fijo:** El sistema concatena el Número de Encaminamiento correspondiente al operador fijo receptor, asegurando que las centrales de tránsito (locales e internacionales) dirijan la llamada al switch de voz correcto.

Soporte para Convergencia Fijo-Móvil

Dado que Tecnotree ofrece un **Digital BSS** completo, la solución permite una visión de "Cliente Único":

- **Trámites Multi-servicio:** Un usuario podría gestionar en una misma sesión del Front-End la portabilidad de sus líneas móviles y sus líneas fijas, unificando la validación de identidad y el uso de los NIPs correspondientes.
- **Reportería Unificada:** SUTEL y los operadores podrían acceder a dashboards que segmenten las estadísticas de portabilidad por tipo de servicio (Fijo/Móvil) o por operador, facilitando el análisis del mercado convergente.

Interfaz de Usuario Adaptada

El front-end permitiría capturar requisitos adicionales que a veces se exigen en telefonía fija, como la ubicación física del servicio o la validación de contratos ligados a servicios de internet o televisión (bundles), asegurando que la portación no afecte colateralmente otros servicios del usuario.

3.3. DBOD – Digital Business and Operational Dashboards

La solución propuesta por Tecnotree integra un potente motor de reportes y análisis de datos, diseñado para proporcionar una visión clara y accionable del rendimiento del negocio y la operación. Los módulos que componen esta solución están intrínsecamente preparados para la extracción de datos transaccionales y analíticos esenciales para la generación de informes robustos de soporte empresarial y de operación.

Consumo de Datos y Plataformas de Visualización

Los datos recopilados por el sistema pueden ser consumidos directamente por diversas aplicaciones dentro del mismo entorno del Digital MNP, asegurando una visión coherente y unificada de la información. Adicionalmente, la arquitectura abierta de la solución permite la integración con plataformas de visualización de datos líderes en el mercado, como Kibana o Grafana. Esto facilita la creación de dashboards de operación personalizados y la exploración avanzada de los datos por parte de los equipos técnicos y de negocio de SUTEL.

Esquema Analítico y KPIs Predefinidos

El esquema analítico subyacente a este motor de reportes está diseñado para ofrecer modelos de datos útiles y un conjunto de Indicadores Clave de Rendimiento (KPIs) predefinidos, cruciales para la monitorización y optimización del negocio, con informes como abajo:

- **Informe/Extracción diaria de información de portabilidad y enrutamiento:** captura automáticamente los registros de los números portados junto con sus respectivos Números de Encaminamiento (NE) actualizados. La plataforma deposita el informe de manera proactiva en las rutas de red (servidores SFTP o repositorios definidos) de cada operador, asegurando que la información esté disponible para la actualización de sus Bases de Datos Operativas (BDO) sin intervención manual.
- **Informe/Extracción de números portados por fecha:** archivo completo de números portados hasta la fecha de la consulta.
- **Extracción diaria:** archivo diario con la totalidad de los números que deben ser retornados al proveedor asignatario de la numeración.
- **Informes operativos:** Estadísticas operativas y de desempeño predefinidos.
- **Informes de Tickets e Incidencias:** Informe de tipos de incidencias y sus tasas de resolución.

Monitorización de la Disponibilidad de Servicios

El motor de reportes también proporciona informes de gestión de KPIs específicos para el monitoreo de la disponibilidad de los servicios en los diferentes entornos del ciclo de vida del software: prueba, preproducción y producción. Esto asegura una visibilidad continua del estado y la fiabilidad de los servicios ofrecidos por SUTEL.

Diagrama de Arquitectura de Alto Nivel

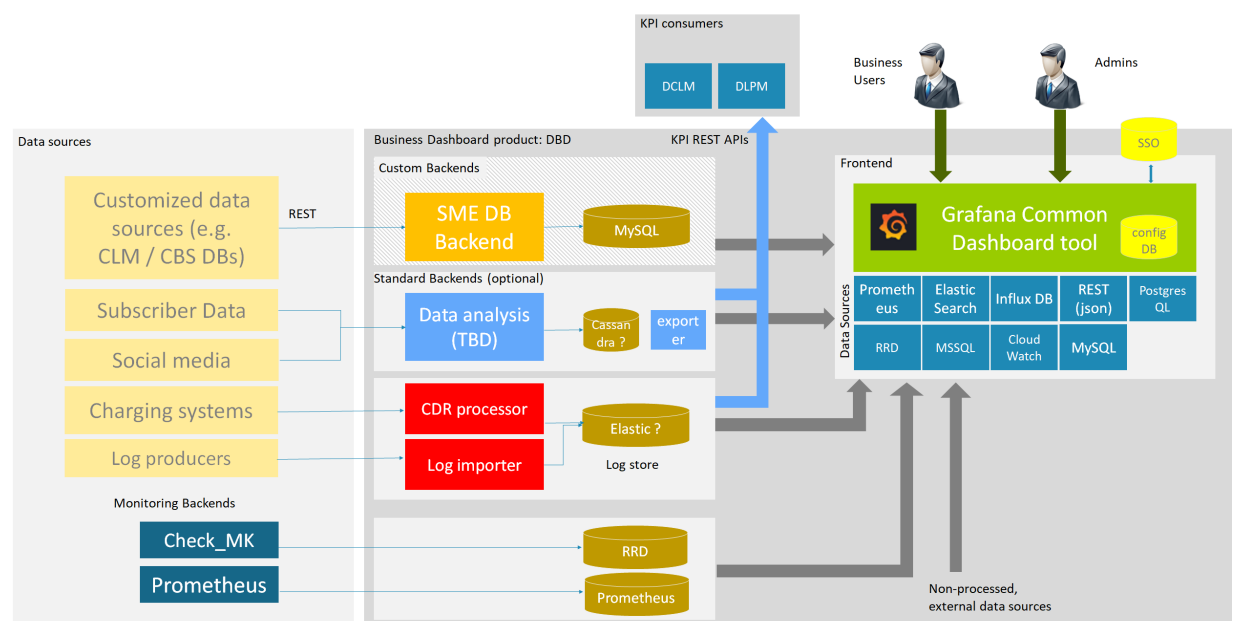


Figura 1: Arquitectura de alto nivel

El motor de reportes y análisis de datos integrado en la solución de Tecnotree proporciona a SUTEL las herramientas necesarias para una comprensión profunda de su operación y el comportamiento de sus clientes. La flexibilidad en el consumo de datos y la disponibilidad de KPIs predefinidos facilitan la toma de decisiones informadas y la optimización continua del negocio.

La tabla abajo describe los principales dominios y funcionalidades soportadas:

Tabla 4 - Principales Funcionalidades

Dominio Funcional	Descripción
Conectores de extracción de data	Conectores predefinidos para la extracción de datos en tiempo real desde los módulos de la solución. Estos conectores facilitarán la obtención de toda la información transaccional generada en la solución para su posterior uso en la elaboración de informes y análisis detallados.
Informes Transaccionales	Informes transaccionales para el seguimiento operativo y el acompañamiento del funcionamiento del sistema, así como la visualización en tiempo real de las principales métricas del negocio. Estos informes proporcionarán una visión actualizada del rendimiento y la actividad del sistema.
Informes Analíticos	Informes analíticos, basados en la data transaccional, para ser presentados en paneles de negocio. Estos paneles permitirán a las áreas comerciales y técnicas de la empresa realizar un seguimiento detallado de su desempeño y tomar decisiones informadas.
KPIs	Serie de KPIs de la industria predefinidos que representen índices clave de negocio y de mercado, facilitando el seguimiento del desempeño y las tendencias relevantes para el equipo comercial.

3.4. DTT - Digital Trouble Ticket

La solución de gestión de incidentes propuesta para SUTEL se basa en el Módulo de Gestión de Trouble Tickets, una herramienta integral que permite a los usuarios y operadores gestionar y dar seguimiento a las solicitudes de los procesos de manera eficiente y eficaz.

El Módulo de Gestión de Tickets de Problemas es una herramienta integral que permite a los usuarios autorizados gestionar y resolver las quejas de los clientes de manera eficiente y eficaz. Este módulo ofrece las siguientes funcionalidades:

Tabla 5 – Descripción Funcionalidades DTT

Funcionalidad #	Área Funcional	Descripción
1	Creación y Visualización de Tickets	<ul style="list-style-type: none"> Crear y visualizar tickets de problemas para registrar y realizar un seguimiento de las quejas de los clientes. Asignar un número único a cada ticket para facilitar su identificación y seguimiento. Capturar información relevante del cliente, como nombre, contacto, descripción del problema y canal utilizado para la comunicación.

		<ul style="list-style-type: none"> Adjuntar documentos y archivos relevantes al ticket para proporcionar contexto adicional.
2	Categorización y Subcategorización	<ul style="list-style-type: none"> Organizar los tickets por categorías y subcategorías relevantes (red, facturación, pedido, pago, servicio, etc.) para facilitar el manejo y la resolución. Cree una estructura de categorización personalizada que se adapte a las necesidades específicas de XTRIM. Asigne los tickets a los equipos o agentes adecuados en función de la categoría y subcategoría.
3	Flujos de Trabajo Automatizados	<ul style="list-style-type: none"> Configure flujos de trabajo manuales y dinámicos para automatizar el proceso de resolución de problemas. Defina las tareas que deben completarse para resolver cada tipo de ticket, junto con el tiempo estimado de finalización y el mecanismo de programación. Asigne tareas a usuarios o grupos específicos dentro de la organización. Implemente reglas de escalamiento automático para que los tickets urgentes o complejos se escalen a niveles superiores de soporte. Configure notificaciones automáticas para mantener a los interesados informados sobre el progreso de la resolución del ticket.
4	Evaluación de la Eficacia de la Resolución	<ul style="list-style-type: none"> Realice encuestas de satisfacción del cliente para evaluar la calidad de la resolución del ticket. Identifique las áreas de mejora en el proceso de resolución de problemas. Implemente las lecciones aprendidas para mejorar continuamente la eficiencia y la eficacia de la gestión de tickets.

Enrutamiento y Asignación Automatizados:

Una vez creado el ticket, el Front-end lo reenvía automáticamente al grupo de usuarios responsable del siguiente paso, de acuerdo con el flujo de trabajo predefinido. Esta automatización garantiza que los tickets se dirijan a los equipos adecuados, lo que acelera la resolución y mejora la eficiencia en general. Abajo se describen sus principales funcionalidades:

- **Asignación automática:** El sistema asigna automáticamente el ticket al grupo responsable del siguiente paso en el flujo de trabajo, evitando la necesidad de asignaciones manuales y reduciendo el tiempo de respuesta.
- **Transferencia de titularidad:** Cualquier miembro del grupo asignado puede asumir la responsabilidad del ticket, lo que permite flexibilidad en la gestión y colaboración.
- **Multitarea:** Los usuarios pueden trabajar en varios tickets simultáneamente, aumentando la productividad y el rendimiento del equipo.
- **Cambio de flujo de trabajo:** Si es necesario, se puede iniciar un nuevo flujo de trabajo con una metodología de resolución diferente para adaptarse a las necesidades específicas del ticket.

Agrupación y Vinculación de Tickets:

El DTT ofrece herramientas avanzadas para agilizar la gestión de tickets, permitiéndole agrupar y vincular tickets de manera eficiente.

○ **Agrupación de tickets:**

- **Gestión eficaz del aumento de tickets:** Agrupe tickets relacionados con una causa común, como una interrupción del servicio en una ubicación específica, para facilitar la gestión y el seguimiento.
- **Acciones masivas:** Realice acciones como actualizar el estado, agregar comentarios y enviar notificaciones a todos los tickets del grupo simultáneamente, ahorrando tiempo y esfuerzo.
- **Resolución rápida:** Resuelva problemas de manera más rápida y eficiente al abordar tickets relacionados de forma conjunta, evitando la necesidad de tratar cada uno individualmente.

○ **Vinculación de tickets:**

- **Jerarquía padre-hijo:** Cree una estructura jerárquica para tickets relacionados, lo que facilita la organización y el seguimiento de problemas complejos.
- **Resolución detallada:** Vincule tickets "secundarios" con un ticket "principal" para registrar cada paso de la resolución de un problema complejo, proporcionando una vista completa del historial y el contexto.
- **Vista completa:** Tenga una vista completa del problema y de todas las acciones tomadas para resolverlo, mejorando la comprensión y la colaboración entre equipos.

○ **Comentarios y notas:**

- Esta funcionalidad permite al usuario capturar comentarios y notas relevantes para cada ticket. Esto ayuda a acelerar el cierre de tickets al proporcionar información adicional a los equipos de soporte y facilitar la transferencia de conocimiento entre los usuarios.

○ **Lista de Causas Raíz Preconfigurada:**

- **Acelera el análisis:** Permite identificar rápidamente la causa raíz de los problemas recurrentes, facilitando la adopción de medidas correctivas para prevenir su recurrencia.
- **Mejora continua:** Brinda información valiosa para mejorar los servicios y procesos de la empresa, evitando problemas futuros y optimizando la experiencia del cliente.

Cierre Eficiente de Tickets:

- **Causa Raíz y Cierre de Tickets:** DTT ofrece funciones avanzadas para agilizar el proceso de resolución de tickets y el análisis de problemas.
- **Cierre inmediato de consultas:** Permite responder rápidamente a las consultas de los clientes y completar el proceso de manera eficiente, mejorando la satisfacción del cliente y reduciendo el tiempo de respuesta.
- **Vinculación a solicitudes de servicio:** Asocia tickets con solicitudes de servicio para un seguimiento completo del proceso de resolución, proporcionando una vista holística de las interacciones con el cliente.

Reapertura de Tickets:

El DTT permite reabrir tickets si el problema no se ha resuelto por completo o a petición del cliente. Esto garantiza que todas las solicitudes se cumplan completa y satisfactoriamente,

mejorando la satisfacción del cliente y la confianza en la empresa. Abajo se describen las principales

- **Reapertura sencilla:** Permite reabrir tickets con tan solo unos clics para que el problema se resuelva definitivamente, evitando que los clientes tengan que crear nuevos tickets para el mismo problema.
- **Motivo de la reapertura:** Captura el motivo de la reapertura para un mejor seguimiento y análisis de las causas de los problemas, permitiendo identificar patrones y tomar medidas preventivas.
- **Flujo de trabajo completo:** El ticket reabierto sigue el flujo de trabajo predefinido, garantizando una resolución completa y eficiente, siguiendo los pasos establecidos para cada tipo de problema.

3.5. DAP – Digital Accelerator Platform – Orquestador de Servicios y Workflows

La propuesta de Tecnotree para este proyecto incorpora la Plataforma de Aceleración Digital (DAP), un conjunto de herramientas diseñado para la creación y orquestación de flujos de trabajo integrativos. Esta plataforma, construida sobre una arquitectura de microservicios, actúa como una capa de gestión integral para servicios tanto internos como externos.

Considerando la necesidad de un entorno integrado que simplifique la comunicación entre los módulos del bróker de portabilidad, los sistemas de SUTEL y los operadores, DAP facilita a SUTEL una digitalización gradual mediante el uso de servicios estándar y lógicas específicas adaptadas a cada tipo de flujo de trabajo. Los componentes principales de la DAP relevantes para esta solución son:

- **API Manager (API Gateway y Acelerador de Integración):** Proporciona un punto de entrada único y seguro para la exposición y el consumo de servicios, facilitando la integración entre los diferentes sistemas.
- **Orquestador:** Motor central encargado de coordinar y ejecutar los flujos de trabajo definidos para la gestión de alarmas y notificaciones.
- **Servicios de Plataforma:** Componentes reutilizables que ofrecen funcionalidades comunes necesarias para la orquestación y gestión de los procesos.

Adicionalmente, el DAP proporcionará un Tablero de control integral para la supervisión de todos los procesos de conciliación y actualización de la información del cliente, ofreciendo una visión centralizada del estado del sistema.

En el contexto de un BSS integrado, la DAP funcionará como la capa común de orquestación de servicios y flujos de trabajo entre las aplicaciones, facilitando la interoperabilidad.

Se conectará a sistemas como el inventario de red, el proveedor y los activadores, a sistemas externos como Payment Gateway y Buró, así como a los canales. La DAP también funciona como un adaptador de protocolos, exponiendo en REST diversos protocolos como CLI, TL1 y Web Services.

La tabla abajo describe los principales dominios y funcionalidades soportadas:

Tabla 6 - Principales Funcionalidades

Dominio Funcional	Descripción
Integración hacia los Operadores	DAP soportará la integración con sistemas externos de operadores, en que se realizará mediante APIs abiertas y una capa de orquestación de servicios, lo que permitirá un desacoplamiento efectivo entre las funcionalidades core del back-end y los diversos sistemas de soporte para usuarios y clientes. Esta arquitectura facilitará la flexibilidad y la escalabilidad de la solución al independizar los sistemas internos de las interfaces de interacción.
Notification Broker	Gestor de notificaciones integrado a los canales digitales de SUTEL. Permite la definición de platillas por caso, canal y tipo de notificación.
Orquestador de Servicios	Motor central encargado de coordinar y ejecutar los flujos de trabajo a través de servicios que apuntan a legados, módulos del BSS y aplicaciones externas.

4. Alineación de Tecnotree con los estándares de la industria

4.1. Conformidad con TMForum

TM Forum es una asociación industrial global para negocios digitales que conecta a personas talentosas, empresas líderes y ecosistemas diversos para acelerar la transformación exitosa de los negocios digitales de nuestros miembros.

TM Forum certifica a los proveedores de soluciones de telecomunicaciones en 3 tipos diferentes de conformidades:

- con el marco de procesos de negocio (eTOM)
- Conformidad con el marco de información (SID)
- Conformidad Open API

Las empresas que obtienen la Certificación de Conformidad para sus productos y soluciones pueden demostrar formalmente su conformidad con evidencia de respaldo. Los siguientes capítulos describen el cumplimiento de Tecnotree con los estándares de TM Forum.

4.1.1. Business Process Framework TMForum (eTOM)

El TM Forum ofrece un servicio de evaluación de conformidad formal y certificada para los procesos relevantes de Nivel 3 del Marco de Procesos de Negocio (eTOM). Este servicio proporciona a los proveedores una evaluación y validación independiente de la conformidad de su producto/solución con el estándar eTOM. Los proveedores de servicios y los integradores de sistemas pueden certificar el diseño o la implementación de un subconjunto de los procesos eTOM Nivel 3.

La siguiente figura presenta los módulos certificados de Tecnotree mapeados al marco de negocios eTOM de TMForum:

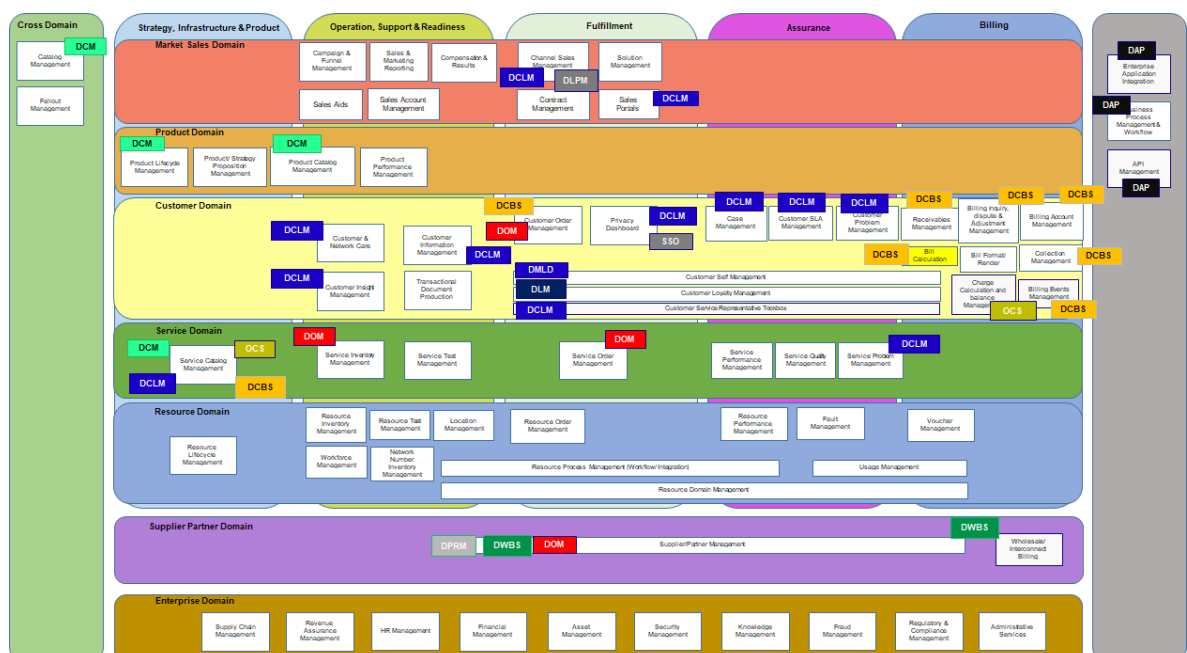


Figura 2 - Mapeo eTOM de los Módulos Tecnotree

Referencia: <https://www.tmforum.org/certifications-awarded/?page=1>

4.1.2. Information Framework TMForum (SID)

La conformidad SID está diseñada para proporcionar a los proveedores una evaluación y validación independiente del nivel de conformidad de su producto/solución. Los proveedores de servicios y los integradores de sistemas pueden certificar su diseño o implementación de un subconjunto de Elementos Comerciales Agregados (ABE) dentro del Marco de Información.

La siguiente figura presenta el Mapeo de las entidades de Tecnotree a los SID ABE:

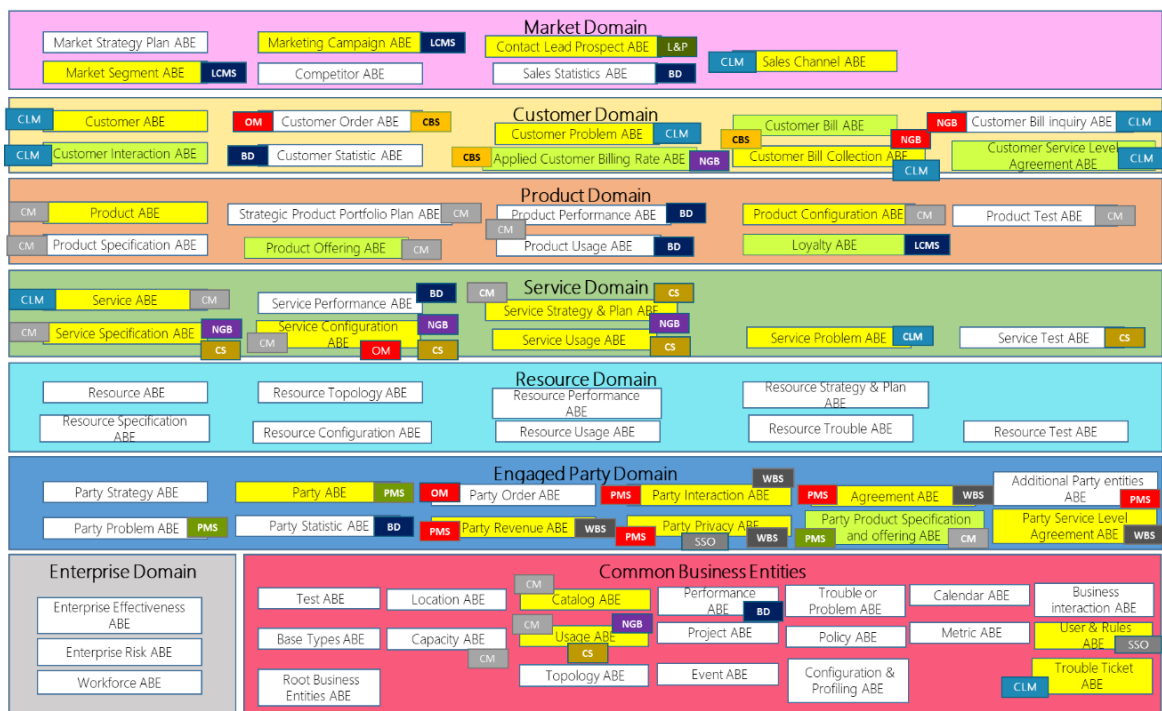


Figura 3 - Entidades de mapeo SID

4.1.3. Lista de Open APIs del TM Forum

La certificación Open API Conformance de TM Forum verifica la implementación exitosa de Open API en productos comerciales e implementaciones en proyectos reales, demostrando a clientes y partners su compromiso con los estándares de la industria.

Tecnotree actualmente posee una insignia Diamante y es líder en conformidad con Open APIs, habiendo certificado 59 API, incluidas API estándar y del mundo real. Las API del mundo real son aquellas que se han implementado en operaciones que se encuentran en producción. La siguiente figura presenta la tabla de clasificación de Open APIs de TMForum :

Open API Certification leaderboard







Filters:			
Company Name		All Badges	All API Certifications
Company Name	APIs certified	Latest date	Badge
	See certified APIs (59)	September 2023	
	See certified APIs (55)	September 2023	
	See certified APIs (53)	September 2023	

Figura 4 - Clasificación de Open APIs

A continuación, se muestra la lista de OPEN APIs de TMForum relevantes a este proyecto:

Tabla 7 - Principales Funcionalidades

Certificación	Alcance de la certificación
TMF667 Document Management API REST	Open API
TMF717 Customer 360 View API REST	Open API
TMF683 Party Interaction Management API REST	Open API
TMF720 Digital Identity Management API REST	Open API

4.1.3.1. TMF667 Document Management API REST

La TMF667 Document Management API REST, definida por el TM Forum, proporciona un mecanismo estandarizado para gestionar el ciclo de vida de los documentos dentro de una organización de telecomunicaciones. Esta API permite a los sistemas crear, recuperar, actualizar, eliminar y buscar documentos, así como gestionar sus metadatos, versiones y permisos de acceso. Su objetivo es facilitar la gestión eficiente y organizada de la gran cantidad de documentos que se manejan en el sector de telecomunicaciones.

4.1.3.2. TMF717 Customer 360 View API REST

El objetivo principal de la TMF 717 es proporcionar una vista unificada y completa de un cliente. A diferencia de otras APIs que se enfocan en un único dominio (como TMF 629 para la gestión del cliente o TMF 622 para la gestión de pedidos), la TMF 717 actúa como un "agregador" o "orquestador" de información.

Esto permite que un sistema, como una aplicación de servicio al cliente o un portal digital, consulte múltiples fuentes de datos con una sola llamada a la API, en lugar de tener que hacer múltiples llamadas a diferentes sistemas.

4.1.3.3. TMF683 Party Interaction Management API REST

La TMF683 - Party Interaction Management API REST, tal como la define el TM Forum, proporciona una forma estandarizada de gestionar las interacciones con las partes (que pueden ser individuos u organizaciones). Esta API permite la creación, recuperación, actualización y eliminación de registros de interacción con las partes, así como la gestión de notificaciones relacionadas con estas interacciones.

4.1.3.4. TMF720 Digital Identity Management API REST

Una identidad digital permite la identificación/autenticación de una Parte, un Rol de Party o un Recurso para que puedan obtener permisos (en el caso de una aplicación). Idealmente, la identidad digital debería definirse a nivel de party, pero las comunicaciones unificadas empresariales podrían requerir un alcance más preciso y una identidad digital para uno o varios roles de parte. Por ejemplo, se puede usar para tener una identidad digital que contenga todos los roles profesionales delegados por el empleador y otra que contenga todos los roles personales. La identidad digital podría proporcionarse a una aplicación para activar la interacción con otros sistemas (por ejemplo, un sistema logístico que activa automáticamente un pedido al proveedor).

Se requiere al menos una credencial para una identidad digital activa. Una credencial permite la identificación/autenticación. En esta API, se proporciona especialización de credenciales, pero esta podría ampliarse mediante la implementación. Se pueden definir uno o varios medios de contacto para cada credencial que se utilizará para el restablecimiento.

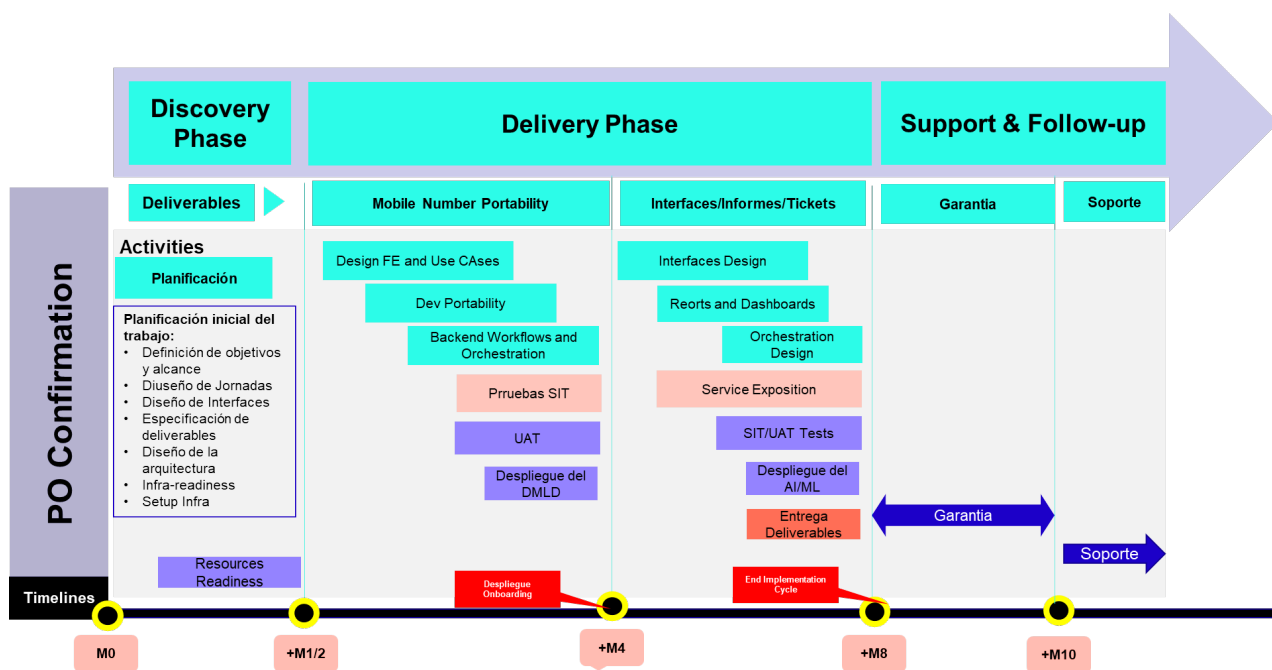
Referencia: <https://www.tmforum.org/certifications-awarded/?page=1>

5. Requerimientos no Funcionales

5.1. Plan de Proyecto

El despliegue de la solución se rige por una metodología estructurada en tres fases principales, garantizando una transición fluida desde la confirmación de la orden de compra (PO) hasta la estabilización operativa.

Se toma como marco del Inicio de proyecto 10 días calendario pasados de la recepción del Contrato de SUTEL. De este momento los equipos harán el Kick-off y trabajarán de forma conjunta para definición de los flujos de negocio que serán implementados, de forma paralela al desarrollo e implementación del programa. La entrega del proyecto se basará en las actividades abajo considerando un tiempo total de 8 meses de proyecto con 2 adicionales de garantía, presentados a continuación:



Fase de Descubrimiento (Discovery Phase) | M0 a +M1/2

Esta etapa inicial se centra en la alineación estratégica y la preparación de los cimientos técnicos del proyecto.

- **Planificación inicial:** Definición de objetivos, alcance y diseño de jornadas de trabajo.
- **Arquitectura y Diseño:** Especificación de interfaces, entregables y diseño detallado de la arquitectura de la solución.
- **Infraestructura:** Evaluación de "Infra-readiness" y ejecución del Setup de infraestructura para asegurar la disponibilidad de recursos.

Fase de Entrega (Delivery Phase) | +M1/2 a +M8

Se divide en dos flujos de trabajo paralelos para optimizar los tiempos de implementación:

- **Sprint A: Portabilidad Numérica**
 - Diseño de Frontend (FE) y Casos de Uso.

- Desarrollo de portabilidad y orquestación de flujos de trabajo en el Backend.
- Ciclos de pruebas integrales (SIT) y Pruebas de Aceptación de Usuario (UAT).
- Despliegue final del módulo DMLD y Onboarding.
- **Sprint B: Interfaces, Informes y Tickets**
 - Diseño de interfaces, reportes y tableros de control (Dashboards).
 - Diseño de orquestación y exposición de servicios.
 - Pruebas SIT/UAT y despliegue de componentes de IA/ML.
 - Cierre del ciclo de implementación con la entrega formal de entregables en el mes **+M8**.

Fase de Soporte y Seguimiento (Support & Follow-up) | +M8 a +M10

Una vez finalizada la implementación técnica, se inicia el periodo de acompañamiento para garantizar la calidad y estabilidad:

- **Garantía+M8 a +M10:** Periodo de cobertura para asegurar el correcto funcionamiento según las especificaciones.
- **Soporte Post-Implementación+M10:** Inicio de la fase de soporte operativo continuo para la resolución de incidencias y mantenimiento.

Todo equipo asignado a trabajar con SUTEL será fluente en el idioma español.

5.1.1. Mejora continua e incorporación de nuevas tecnologías

La solución de portabilidad numérica de **Tecnotree** incluye un **Plan de Actualización y Mejora Continua** diseñado para garantizar que la plataforma evolucione junto con los estándares de la industria y las necesidades regulatorias. Este plan funciona mediante un ciclo de lanzamientos periódicos que incorporan parches de seguridad, optimizaciones de rendimiento y nuevas funcionalidades alineadas con los *roadmaps* globales de productos de Tecnotree. El proceso se gestiona a través de nuestro centro de excelencia, que monitorea las tendencias del mercado y las retroalimentaciones de los operadores para desplegar actualizaciones de software de manera controlada y sin interrupciones del servicio, asegurando que la arquitectura de portabilidad se mantenga siempre a la vanguardia tecnológica.

En cuanto a la estructura de costos, el acceso a las actualizaciones estándar de mantenimiento, corrección de errores y mejoras menores está cubierto bajo el esquema de **Soporte y Mantenimiento Anual (S&M)**, lo que garantiza la estabilidad de la inversión a largo plazo sin cargos imprevistos. Para mejoras mayores o cambios significativos solicitados por nuevas normativas de la entidad regulatoria que impliquen un rediseño de flujos de trabajo específicos del país, se realiza una evaluación de impacto conjunto para determinar posibles costos adicionales de implementación. Este modelo permite que el operador cuente con una solución "viva" que no queda obsoleta, manteniendo una predictibilidad financiera y una operatividad continua de clase mundial.

5.1.2. Actualizaciones sazonales

La solución de **Tecnotree** garantiza un esquema de evolución continua que incluye la capacidad de ejecutar, como mínimo, **dos actualizaciones mayores y tres menores por año**, totalmente libres de costo adicional para el SUTEL. Este compromiso asegura que la plataforma permanezca alineada con las mejores prácticas de la industria, manteniendo los

más altos estándares de seguridad y modernidad exigidos por los requisitos evolutivos del **CTPN-M**.

Bajo este modelo, nuestra representada asume un rol proactivo de liderazgo y gobernanza, guiando y coordinando cada proceso de actualización en estrecha colaboración con los operadores y proveedores miembros, asegurando que las transiciones tecnológicas se realicen de forma transparente, sin impactos operativos y en total consenso con las directrices del comité.

5.2. Gestión de datos

La solución Tecnotree Digital BSS Suite soporta diversas buenas prácticas, metodologías y tecnologías de gestión de datos. A continuación, algunas de ellas:

5.2.1. Change Data Capture

La solución admite la Change Data Capture (CDC) para cambios de datos en tiempo real. Esto se complementa con el Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) para gestionar el acceso y los permisos de los usuarios, y registros de auditoría para rastrear y supervisar todos los cambios de datos, garantizando así la rendición de cuentas y la seguridad en el procesamiento de datos en tiempo real.

5.2.2. Information Framework - SID

La solución Tecnotree Digital BSS Suite está basado en un modelo de datos - Information Framework SID que se ajusta a los estándares de la industria de telecomunicaciones y que ayuda a facilitar la integración y la interoperabilidad con otros sistemas.

5.2.3. Auditoria de acceso y modificaciones de datos

La solución permite la auditoría del acceso y las modificaciones de datos mediante la integración con el inicio de sesión único (SSO) y Active Directory (AD), lo que garantiza la autenticación segura de los usuarios. Además, se implementa el control de acceso basado en roles (RBAC) para rastrear y gestionar las acciones de los usuarios, lo que permite registros de auditoría completos de las actividades de acceso y modificación de datos.

5.2.4. Replicación de datos

La replicación proporciona redundancia y aumenta la disponibilidad de datos. Con múltiples copias de datos en diferentes servidores de bases de datos, la replicación proporciona un nivel de tolerancia a fallas frente a la pérdida de un único servidor de bases de datos.

En algunos casos, la replicación puede proporcionar una mayor capacidad de lectura ya que los clientes pueden enviar operaciones de lectura a diferentes servidores. Mantener copias de datos en diferentes centros de datos puede aumentar la localidad y la disponibilidad de los datos para aplicaciones distribuidas. También puede mantener copias adicionales para fines dedicados, como recuperación ante desastres, informes o copias de seguridad.

Los detalles sobre los requisitos de replicación de datos para configuraciones de DR, como una replicación activa-activa, deberán finalizarse con varios equipos de TI y SRE durante el proceso de descubrimiento, ya que la latencia de replicación depende de las conexiones internas, así como de los anchos de banda de sitio a sitio.

5.2.5. Procesamiento en tiempo real

La solución admite la exposición de datos a través de transmisiones utilizando Kafka, lo que permite el procesamiento de datos en tiempo real y una integración perfecta con otros sistemas.

5.3. Seguridad

A medida que la digitalización se vuelve omnipresente, también lo hacen las amenazas y vulnerabilidades a los sistemas de TI. La seguridad debe integrarse en el sistema en todos los niveles, desde los clientes finales hasta los sistemas front-end, back-end y dentro de todos y cada uno de los componentes del sistema. Implementar un sistema seguro es una combinación de tecnología, procesos y personas involucradas. Un sistema es tan seguro o inseguro como el eslabón más débil.

Las siguientes secciones describen los principios de seguridad que adoptará Tecnotree para implementar la solución Digital BSS Suite en SUTEL:

5.3.1. Marco de seguridad

El marco de seguridad basado en los principios estándar de la industria muestra las diversas facetas de la seguridad que se abordan. El marco de seguridad también ilustra cómo se abordan los diversos aspectos de seguridad en diferentes capas y subsistemas.

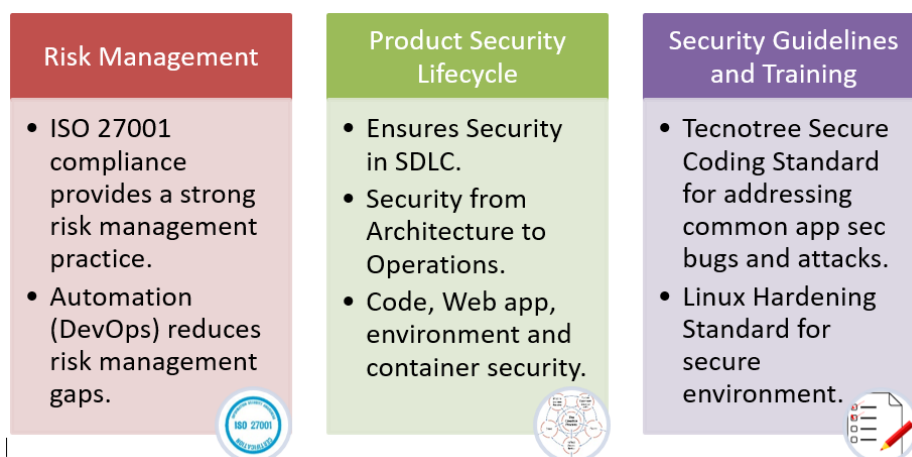


Figura 5 - Marco de seguridad

5.3.2. Ciclo de vida de seguridad del producto/solución

El ciclo de vida de seguridad del producto – Product Security Lifecycle (PSL) es un marco y proceso de seguridad basado en las mejores prácticas y principios estándar de la industria. PSL nos permite crear seguridad de forma proactiva como parte de los ciclos de vida ágiles y en cascada del desarrollo de software.

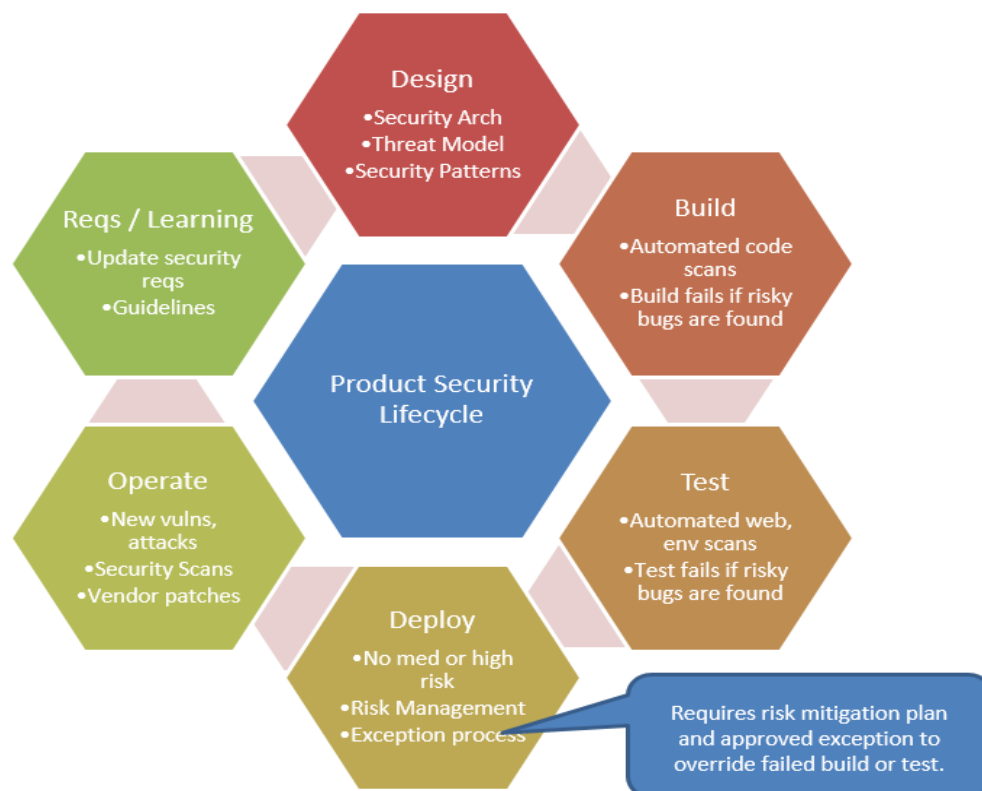


Figura 6 - Ciclo de vida de seguridad del producto

5.3.3. Herramientas y automatización de seguridad

La automatización juega un papel clave en la implementación de requisitos de seguridad organizacionales y de productos. El proceso ágil de DevOps también requiere automatización.

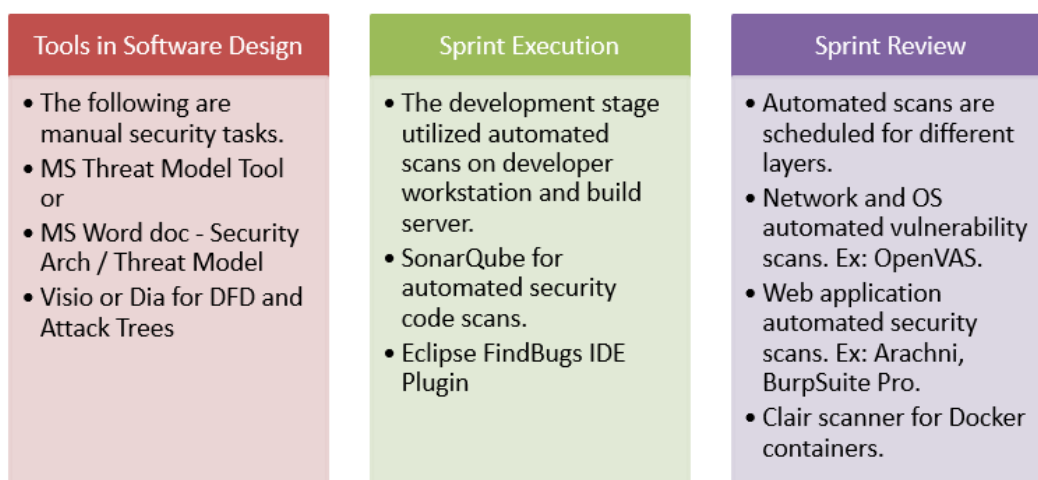


Figura 7 - Automatización y herramientas de seguridad

5.3.4. Modelo de Seguridad Integral

La siguiente tabla proporciona las mejores prácticas recomendadas para cada componente:

Tabla 8 – Mejores prácticas recomendadas para cada tipo de seguridad

Seguridad	Mejores prácticas recomendadas
Comunicaciones	Seguridad de la capa de transporte (TLS), autenticación (posible multifactor: ID de usuario/contraseña, certificados digitales, datos biométricos (OTP/PIN, tarjetas token), canal seguro (VPN), enlaces MPLS, datos cifrados (usando PKI). Uno o Se eligen más opciones según el acceso y el rol/privilegio.
Infraestructura de red	Infraestructura de red segura: firewalls (multicapa), seguridad perimetral, DMZ, múltiples zonas de seguridad aisladas o protegidas, VLAN, red de datos separada y red de administración. Los siguientes componentes ayudan a crear una infraestructura segura: sistemas de prevención de intrusiones en la red, servidores de relación de eventos (ECS), software de prevención de pérdida de datos (DLP), sistemas de gestión de eventos e información de seguridad (SIEM) y módulo de seguridad de hardware (HSM: gestiona datos digitales). Claves y procesamiento criptográfico)
Sistema Operativo	SO, hipervisor, máquinas virtuales, contenedores: endurecimiento. Uso de sistemas de detección de intrusiones en el host (HIDS) para cada instancia del sistema operativo.
Aplicaciones	Inicio de sesión único y comunicación segura entre aplicaciones, registros de auditoría para todos los accesos.
Desarrollo de software	Modelado de amenazas, prácticas de codificación segura, análisis estático y pruebas de vulnerabilidad de aplicaciones.
Procesos	Monitoreo y análisis de registros, todo el firmware, software del sistema: actualizado con parches/actualizaciones para abordar todas las vulnerabilidades conocidas. Acceso seguro y basado en roles a todos los sistemas. Administre de forma segura el ciclo de vida de los datos. Capacitación relevante y periódica para todas las partes interesadas. Auditorías periódicas de seguridad.

5.3.5. Seguridad de aplicaciones

Todas las aplicaciones se desarrollan de forma defensiva para proteger contra ataques y vulnerabilidades comunes de las aplicaciones web. El ciclo de vida de seguridad del producto exige diversas actividades de seguridad y entregables en diferentes etapas del SDLC.

- En la etapa de diseño, se evalúan y diseñan en el producto controles de seguridad para proteger contra vulnerabilidades comunes de las aplicaciones. También se incluyen controles de seguridad para OWASP Top 10 y capacitaciones de concientización sobre seguridad.
- Los análisis de seguridad del código fuente se realizan automáticamente durante la etapa de codificación en el servidor de compilación. Los hallazgos de errores del escáner de seguridad del código fuente se solucionan antes de que una compilación pueda etiquetarse como lista.

5.3.6. Seguridad de red

Las implementaciones de productos deben considerar las siguientes premisas durante el diseño de la red:

- La segregación de red se realiza, por ejemplo, mediante el uso de VLAN. Los diferentes componentes de la pila de aplicaciones deben estar separados en su propia VLAN. Esto crea dominios de transmisión separados y limitará la superficie de ataque.
- Permitir el tráfico de forma selectiva y negar el resto. Los cortafuegos y enrutadores deben configurarse para que sólo permitan el tráfico necesario y rechacen todo lo demás.
- Las comunicaciones cifradas como TLS (https) se utilizan a través de canales que no son de confianza. El terminador SSL se puede utilizar para descargar y finalizar el procesamiento SSL en la red segura y confiable.
- Aunque esté dentro de una red confiable, el acceso administrativo a las máquinas virtuales y las aplicaciones debe utilizar canales seguros como SSH. El refuerzo del sistema operativo garantiza que los protocolos inseguros como telnet y ftp estén desactivados en los sistemas.

El siguiente diagrama es un ejemplo de implementación de red segura:

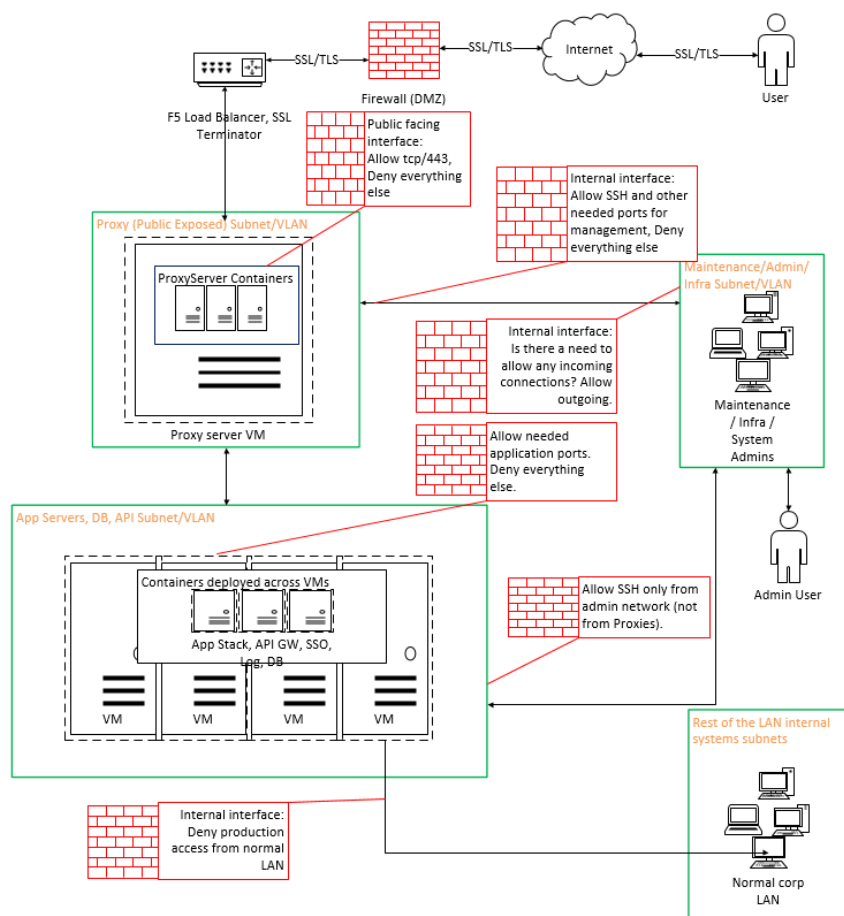


Figura 8 - Arquitectura de seguridad de red

5.3.7. Seguridad del sistema operativo y del contenedor

La plataforma Digital BSS Suite cumple con las pautas de refuerzo de Tecnotree. También deben cumplir con la lista de verificación de protección de Linux o Unix del cliente, si existe. Si hay un conflicto de valores de configuración entre estas dos pautas, se utiliza el valor de configuración más seguro, a menos que el cliente lo anule.

Como parte del ciclo de vida de seguridad del producto, todos los proyectos también se someten a análisis periódicos de seguridad de red, sistema operativo y contenedores. Las compilaciones están listas solo cuando se solucionan los errores identificados por estos escáneres.

Las cuentas del sistema, como raíz, aplicación y base de datos, deben estar bien protegidas y se deben cambiar las contraseñas predeterminadas. Se recomienda que los sistemas operativos de las máquinas virtuales del servidor utilicen las soluciones de administración de identidades existentes del cliente, como Active Directory, para la autenticación de usuarios humanos.

5.3.8. Autenticación y control de acceso

Las aplicaciones Tecnotree utilizan servicios de plataforma para proporcionar gestión de identidad e inicio de sesión único. El acceso a las aplicaciones y API está autenticado y autorizado. Todos los proveedores que cumplen con Open ID Connect (OIDC) son compatibles. Por ejemplo, hay soporte listo para usar para OpenLDAP, GitHub, así como para varias versiones de Active Directory.

Todo el acceso al sistema, incluido el acceso a los componentes de la red, el sistema operativo del servidor, la base de datos y las copias de seguridad, debe registrarse de forma segura en un registro de auditoría. Este es un requisito clave para el cumplimiento de SOX.

5.3.9. Seguridad de la base de datos

El acceso a la base de datos debe ser estrictamente controlado y monitoreado. Las cuentas de usuario de DBA y DB deben cumplir con Tecnotree y las pautas de seguridad de la base de datos del cliente. Se debe aplicar el principio de privilegio mínimo para proporcionar acceso a los datos contenidos en la base de datos.

Las aplicaciones deben utilizar sus propias cuentas de usuario de la aplicación.

Todo el acceso a la base de datos debe registrarse de forma segura en un registro de auditoría. Todas las transacciones confidenciales deben registrarse de forma segura en el registro de auditoría. La lista de transacciones confidenciales debe seleccionarse cuidadosamente en consulta con el cliente para equilibrar el rendimiento y el cumplimiento de SOX.

Los servicios de Vault, como la API de Kubernetes Vault, están configurados de forma predeterminada para administrar secretos para cargas de trabajo. Para las credenciales a nivel de aplicación, como la identificación de usuario y la contraseña de la base de datos, se pueden almacenar de manera cifrada utilizando una colección de Mongo. Será necesaria una configuración adicional para conectarse a API de proveedores externos, como Hashicorp Vault, Azure Key Vault.

5.3.10. Seguridad y privacidad de los datos

Datos en tránsito: Las comunicaciones cifradas (TLS1.2 y TLS1.3) sirven para descargar y finalizar el procesamiento SSL en la red segura y confiable.

Los datos en reposo: Los controles de seguridad para los datos en reposo deben seleccionarse en función de la sensibilidad y el uso de los datos en cuestión. Las contraseñas y los PIN deben almacenarse de forma cifrada. Esto se logra utilizando funciones de cifrado inherentes proporcionadas por la base de datos utilizada por el sistema. Además, las claves administradas por el cliente o BYOK se pueden utilizar para cifrar bases de datos y almacenamientos de blobs.

Enmascaramiento de datos: Los productos Tecnotree admiten funciones de enmascaramiento de datos para datos confidenciales del cliente, es decir, contraseñas y PIN. El enmascaramiento de datos puede ser estático o dinámico para garantizar que se cumplan todos los requisitos de seguridad de los datos y que todos los datos de las bases de datos permanezcan intactos. Los requisitos de enmascaramiento de datos se pueden discutir durante la determinación del alcance y se pueden alinear teniendo en cuenta las diferentes necesidades empresariales/ambientales.

5.3.11. Registro de seguridad y pistas de auditoría

- Un seguimiento de auditoría adecuado es un requisito clave para el cumplimiento de SOX.
- Todo el acceso al sistema y las transacciones confidenciales dentro de esos sistemas deben registrarse en una ubicación remota segura para crear un registro de auditoría a prueba de manipulaciones. Tecnotree debe configurar el registro en los sistemas y componentes que estén dentro del alcance.
- Dispositivos de red como firewalls y enrutadores.
- Plataforma de virtualización como VCenter.
- Sistemas operativos del host del servidor y sistema operativo de la máquina virtual invitada.
- SSO
- Acceso a aplicaciones y acciones sensibles dentro de ellas.
- Acceso a la base de datos y acciones sensibles dentro de la misma.
- El rastro del registro debe enviarse a la plataforma de registro y análisis proporcionada por el cliente para el cumplimiento de SOX.
- Las trazas generadas por el proceso de auditoría son almacenadas por el tiempo necesario según política de almacenamiento de SUTEL y tendrán acceso *Read-Only* no permitiendo edición por los usuarios.

5.3.12. Parches de software

Los errores de seguridad identificados en paquetes y bases de datos de terceros se solucionan aplicando parches de seguridad proporcionados por el proveedor. La gestión de parches de Tecnotree se basa en valores predeterminados seguros: todos los sistemas de desarrollo y prueba se parchean automáticamente. Como capa adicional de protección, los escáneres de seguridad utilizados por Tecnotree identificarán errores no parcheados en sistemas donde el parche automático falló por algún motivo. Los parches en los componentes de la aplicación se implementan y prueban. Luego, los parches aprobados se lanzan para producción.

5.4. Infraestructura

Este capítulo describe las capacidades no funcionales como disponibilidad, autorreparación, escalado automático, etc. de los productos Tecnotree que se administran desde un entorno de ejecución común.

5.4.1. Escalado de aplicaciones

El escalado de servicios funciona mediante escalado manual o escalado automático. Cada servicio de aplicación tiene una cantidad definida de contenedores en ejecución, bajo la gestión de las comprobaciones de estado de Kubernetes. Cuando ocurre una acción de escalado, el programador de Kubernetes colocará una nueva instancia de contenedor en un clúster.

La ubicación está controlada por reglas de afinidad definidas para el servicio en el catálogo. Una vez que se inicia el nuevo servicio, el verificador de estado lo encuesta. Después de un inicio exitoso y una vez que el estado del contenedor es saludable, se pone en uso actualizando el balanceador de carga asociado.

El escalado automático del servicio está controlado por el sistema de monitoreo, que recibe los KPI requeridos para desencadenar acciones de escalamiento. Es preferible que los KPI estén relacionados con el negocio (por ejemplo, TPS de solicitud de API) para evitar acciones de escalamiento defectuosas y posibles avalanchas de escalado.

Los contenedores sin estado se pueden escalar agregando nuevos contenedores al clúster:

- Manualmente, a través de la herramienta Rancher GUI
- Automáticamente, a través de una llamada API desde el sistema de monitoreo

El escalado de contenedores con estado depende del diseño de la aplicación

- Por ejemplo, DB
- Colas de mensajes

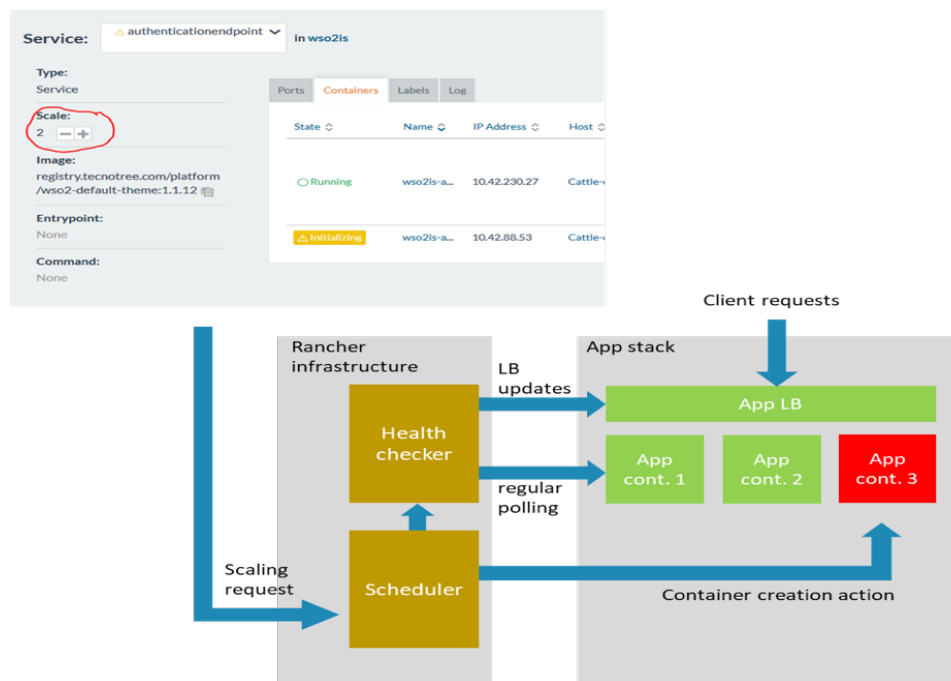




Figura 9 - Escalado de aplicaciones

5.4.2. Plataforma de Operación

La solución propuesta viene acompañada de una plataforma de operación como subsistema para gestionar las aplicaciones. Está basado en Rancher que proporciona los siguientes beneficios:

Tabla 9 – Beneficios Rancher

Rápido tiempo de integración y despliegue Esté preparado para cualquier cambio (IP, VM, nombres de host, etc.)	 
Tiempo de inactividad cero – Zero downtime	
Alta disponibilidad	
Auto-curación	
Despliegue continuo	
Adaptación a las necesidades de capacidad del negocio (scale-out fácil) A demanda Dinámica Monitoreo del desempeño en tiempo real Registro centralizado Retención y archivo de datos	

5.4.3. Zero Downtime Upgrade

Las siguientes subsecciones brindan información sobre la actualización sin tiempo de inactividad.

El tiempo de inactividad cero se puede lograr para las actualizaciones de software con el método de actualización continua de implementación de Kubernetes.

La actualización continua funciona en los casos en los que la nueva versión es compatible con versiones anteriores y la versión antigua/nueva se puede ejecutar en paralelo durante la actualización. El método de actualización continua funciona actualizando cada instancia de contenedor una por una y actualizando automáticamente el balanceador de carga del servicio cuando avanza la actualización. Las nuevas instancias se ponen en uso solo después de que el contenedor se haya iniciado y esté en buen estado.

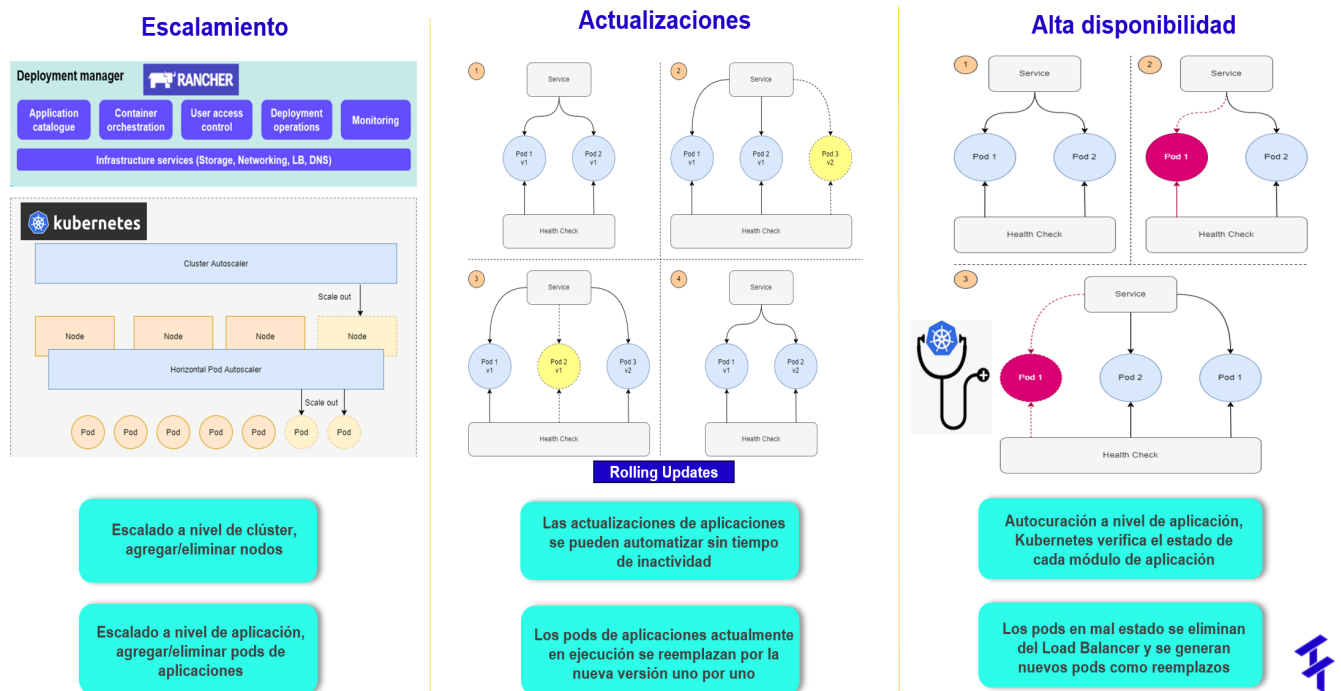


Figura 10 - Resiliencia de Tecnotree Digital BSS Suite

5.4.4. Capacidades de gestión y seguimiento de usuarios

Tecnotree Operational Platform (OP) proporciona las herramientas de gestión del sistema necesarias al personal tanto de SUTEL. Incluye funciones de monitoreo y recopilación de estadísticas, alarmas y umbrales, instalación de sistema centralizado, función de configuración del sistema y servicio de autenticación y administración de usuarios centralizado. El componente clave para las funciones de OA&M es la GUI del portal de administración, la interfaz de línea de comandos y las API, para todas las funciones de administración.

OP incluye componentes adicionales de terceros que brindan las siguientes funcionalidades y servicios importantes, comunes y compartidos para aplicaciones:

- Instalación de sistema centralizado para sistema operativo y aplicaciones Tecnotree.
- Gestión de configuración para gestionar de forma centralizada las configuraciones de versiones de software y parámetros/archivos de configuración de aplicaciones.
- Servicio de monitoreo para seguir el estado, el rendimiento y el uso de la infraestructura y las aplicaciones.
- Administrador de alarmas con base de datos de alarmas centralizada para monitorear alarmas de aplicaciones e infraestructura.
- Solución centralizada de gestión de usuarios basada en LDAP, que proporciona servicios de autenticación, autorización y contabilidad para aplicaciones que utilizan el protocolo LDAP.
- Instalación de inicio de sesión único (SSO) para permitir que las aplicaciones realicen autenticación y autorización, utilizando protocolos estándar (OAuth2/OpenID y SAML). El SSO utiliza el LDAP interno como proveedor de identidad y se puede integrar con Active Directory (AD) externo.

5.4.4.1. Gestión y seguimiento del desempeño

El servicio de monitoreo del performance de Tecnotree puede proporcionar información en tiempo real o casi en tiempo real del desempeño del sistema desde varios niveles:

- Monitorización de infraestructura TI: monitorización de SO+HW de bajo nivel, cubierta por el servicio de monitorización Tecnotree Check_MK.
- Monitoreo de procesos/contenedores: la herramienta Prometheus puede agregar los registros de los contenedores, sus estados y el uso de recursos.
- Monitoreo de la pila de aplicaciones: la herramienta Prometheus proporciona información de estado a nivel de la aplicación.
- Monitoreo de procesos de negocios: la solución incluye una solución de procesamiento y recopilación de registros centralizada en tiempo real, llamada pila EFK (ElasticSearch, Fluentd, Kibana). Puede recopilar las solicitudes de API de la aplicación, el desglose del tiempo de procesamiento y las respuestas y agregar los resultados a paneles altamente configurables, utilizando el componente de interfaz de usuario de Grafana.

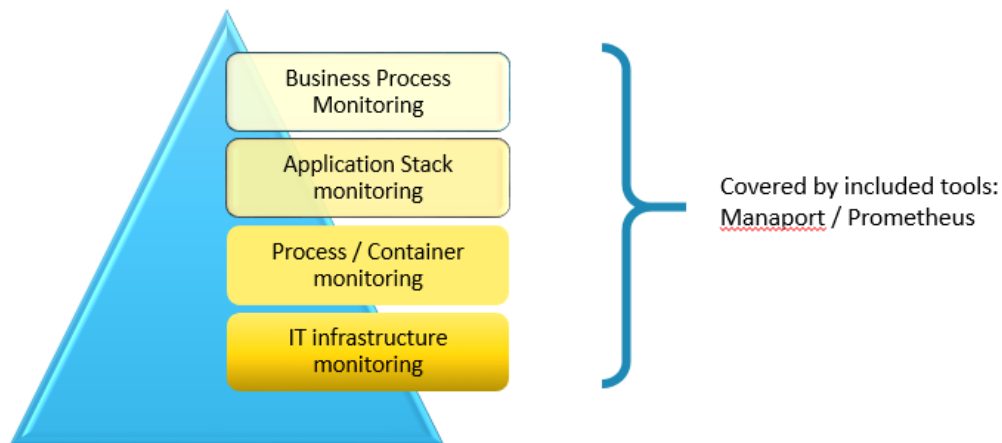


Figura 11 - Gestión y seguimiento del desempeño

5.4.5. Servicio de registro centralizado, EFK stack

Centralized Logging Service será útil al intentar identificar problemas con los servidores o aplicaciones, ya que permite a los usuarios buscar en todos los registros en un solo lugar.

Kibana es un panel para la visualización y descubrimiento de registros y problemas para los usuarios del sistema y les permitirá filtrar los problemas en función de diferentes KPI. Además, la agregación de registros se puede realizar integrándola con herramientas como Splunk o FluentD si es necesario.

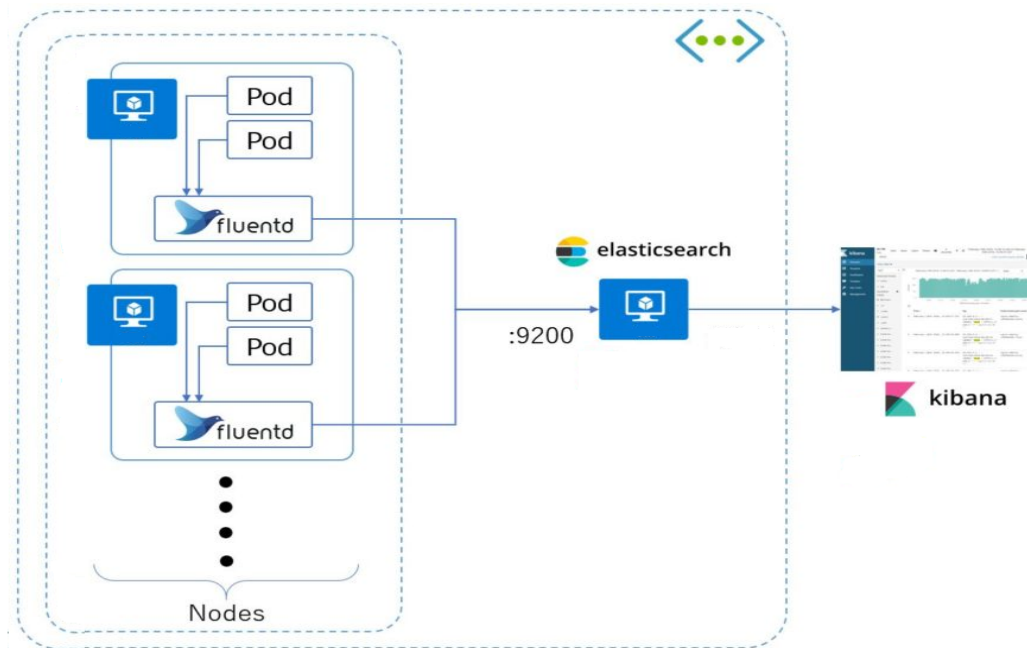


Figura 12 - Servicio de registro centralizado, EFK stack

5.4.6. Verificación de estado & Autocuración

La capacidad de self-healing (autocuración) de la plataforma se basa en el verificador de estado, que sondea periódicamente cada contenedor para detectar el servicio. Si el estado del contenedor deja de ser saludable, el contenedor se saca del Load Balancer (LB) y se activa la acción correctiva. Esas acciones pueden ser una de las siguientes: no hacer nada (excepto eliminar el contenedor de LB), reiniciar el contenedor y volver a crear el contenedor.

La verificación de estado se puede controlar mediante los siguientes parámetros:

- Intervalo de votación
- Tiempo máximo de respuesta (si el contenedor no es capaz de responder a tiempo).
- Intervalos iniciales y de reinicio

El método de verificación de estado también se puede configurar: se abre el puerto tcp, llamada de solicitud http (URL)

Si la respuesta de la verificación de estado depende de algún factor externo (por ejemplo, el servicio está verificando la API externa), cualquier acción de solución del contenedor no solucionará el problema con esas solicitudes externas.

- La resiliencia del servicio se basa en la ejecución de múltiples instancias de contenedores con equilibrio de carga en un clúster. Si un contenedor falla, se inicia uno nuevo, hasta el recuento definido.
- El orquestador de contenedores gestiona la resiliencia y la alta disponibilidad del contenedor:
 - Reinicio automático si el contenedor deja de estar en buen estado
 - Comprobación del estado del contenedor mediante comprobaciones periódicas del estado de TCP o HTTP
- La ubicación del contenedor se rige por el conjunto de reglas de afinidad/antiafinidad:
 - Dos contenedores que se ejecutan en hosts iguales o diferentes.
 - Colocación de contenedores
 - Contenedores ejecutándose/no ejecutándose en nodos específicos

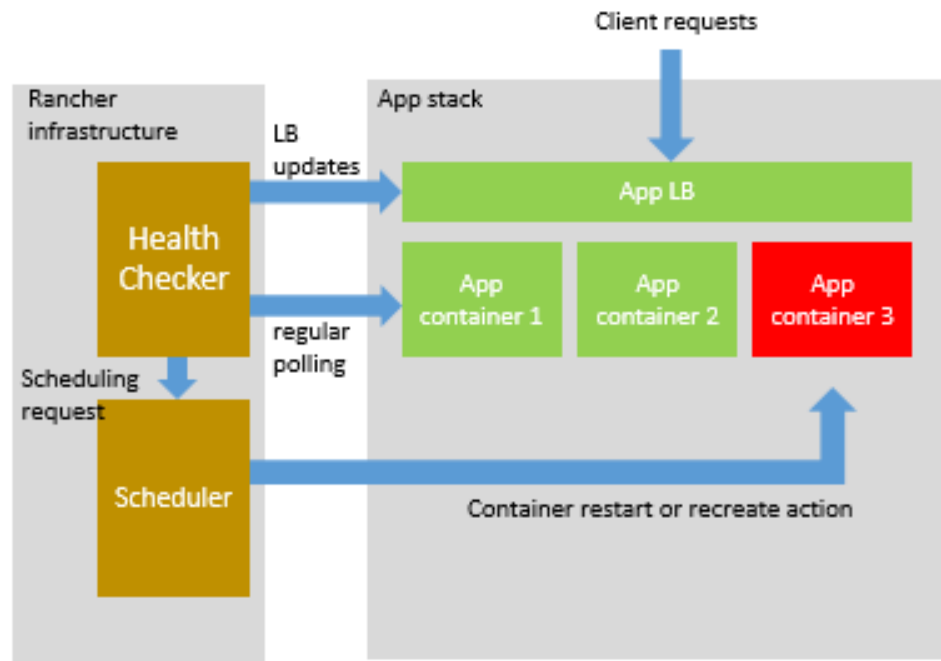


Figura 13 - Health Checker

5.4.7. Entornos de Desarrollo, Pruebas y Producción

Para dar cumplimiento estricto a los estándares de calidad y seguridad en el ciclo de vida del desarrollo de software, nuestra propuesta garantiza la provisión y mantenimiento de un **ambiente de desarrollo independiente** de los entornos de pruebas (Staging/UAT) y de producción.

Esta segregación física y lógica asegura que las actividades de codificación, integración inicial y experimentación tecnológica se realicen en un ecosistema aislado, mitigando cualquier riesgo de afectación a la integridad de los datos productivos o a la estabilidad de los servicios en pruebas.

El entorno de desarrollo está equipado con sus propias instancias de bases de datos, herramientas de integración continua y repositorios de código, permitiendo un flujo de trabajo ágil y seguro que se alinea con las mejores prácticas de **DevOps** y los requisitos de gobernanza del proyecto.

5.5. Arquitectura de despliegue

La arquitectura de despliegue se basa en los requerimientos descritos en la RFP en los puntos relacionados a “Almacenamiento y conectividad (hosting) del servicio de Plataforma de portabilidad”:

5.5.1. Modelo SaaS

La solución propuesta es agnóstica de proveedor, y no se habilita a través de ningún proveedor de nube nativo, sino que se logra dividiendo los componentes de la aplicación en módulos, que luego se pueden implementar como contenedores individuales/independientes. Estos contenedores se pueden implementar además en

cualquier entorno de nube pública/privada, en el caso de SUTEL sera nube publica basada en Microsoft Azure.

La arquitectura de la solución Tecnotree Digital BSS Suite está diseñada teniendo en cuenta lo siguiente:

- Centrarse en la velocidad para prestar servicios
- Eficiencia
- Escale enfatizando la configuración declarativa, procesos sin estado, de "nada compartido" que escalan horizontalmente y un acoplamiento general flexible con el entorno de implementación.
- En esta sección, exploramos una arquitectura agnóstica de cloud con el objetivo de permitir modelos de entrega rentables, escalables y preparados para el futuro para la plataforma Tecnotree Digital BSS Suite. Esta solución sera implementada en un modelo SaaS de Tecnotree basada en Microsoft Azure ubicada en las regiones de Brazil south y Brazil Southeast, ofreciendo un RTO < 30 Sec, RPO (Data Loss): ~15 minutes, RTO (Downtime): 1 to 2 hours

Region	Availability zone support	Paired region	Physical location	Geography	Programmatic name
Brazil South	✓	South Central US	Sao Paulo State	Brazil	brazilsouth
 Brazil Southeast		Brazil South	Rio	Brazil	brazilsoutheast

5.5.2. Arquitectura en cloud

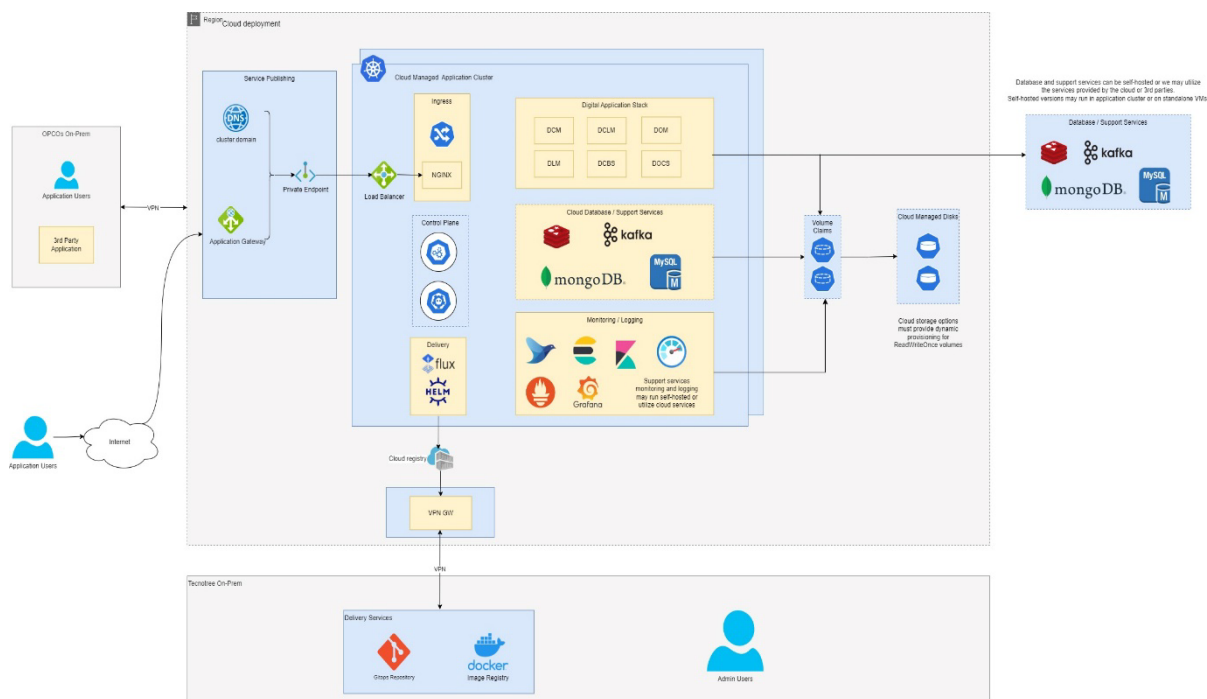


Figura 14 - Arquitectura de referencia

Como se muestra en el diagrama de referencia anterior, la solución propuesta se implementará en entornos de nube. La implementación se realizará dentro de un clúster de

Kubernetes administrado en cloud y distribuido en zonas de disponibilidad, lo que garantiza la fiabilidad y la disponibilidad.

El tráfico entrante se enviará a la zona disponible y el plano de control se encargará de enrutarlo internamente a la aplicación o los servicios de destino.

Los servicios de base de datos y soporte pueden estar alojados internamente, o podemos utilizar los servicios proporcionados por cloud o por terceros. Las versiones alojadas internamente pueden ejecutarse en un clúster de aplicaciones o en máquinas virtuales independientes.

Los servicios de monitorización y registro que ofrece el proveedor de la nube pueden utilizarse para la monitorización de la infraestructura y los recursos de cloud. La monitorización y el registro de los servicios de soporte pueden ejecutarse internamente o utilizar servicios en cloud.

5.5.3. Componentes de despliegue

- Los componentes de Tecnotree Digital BSS estarán implementadas en AKS Cloud/Rancher mediante comandos estándar de Helm.
- Además, esta implementación puede acceder a otros servicios desde cloud, como web application firewall, cloud monitor, etc.
- Cloud Container Registry se utilizará para almacenar imágenes de contenedores.
- Es posible que los usuarios y roles del cliente deban asignarse desde AD para la autenticación y RBAC.
- Cloud Pipelines se utilizarán para publicar cambios en otros entornos a través de CI/CD.
- Por perseverancia,
 - Se utilizará el sistema de archivos Cloud Blob Store
 - (i.e. ABFS).
 - MySQL, Mongo Atlas, Redis, Kafka para garantizar la máxima escalabilidad, disponibilidad y soporte para cada uno de los mecanismos de almacenamiento backend con el nivel adecuado de SLA y SLO.

Servicio	Descripción
Azure Container Registry	Servicio de registro Docker privado y administrado
Azure Kubernetes Service	Servicio alojado de Kubernetes donde Azure maneja tareas críticas, como monitoreo y mantenimiento del estado.
Application Gateway	Un equilibrador de carga de tráfico web que permite gestionar el tráfico entrante a múltiples aplicaciones web posteriores y API REST.
Web Application Firewall	Un servicio que proporciona protección centralizada de aplicaciones web contra vulnerabilidades y exploits comunes.
Azure Virtual Machines	Virtual Machines en Azure
Azure Virtual Network	Con Virtual Network, los recursos de Azure (como las máquinas virtuales) pueden comunicarse de forma segura entre sí, con Internet y con las redes locales.
Virtual Network Interfaces	Permite que las máquinas virtuales de Azure se comuniquen con Internet, Azure y recursos locales.
Azure Storage Accounts	Proporciona volúmenes de almacenamiento a nivel de bloque que Azure administra en máquinas virtuales de Azure.
Azure Monitor	Permite monitorear Azure Infraestructura
Support	Support from Azure
MongoDB Atlas	DBaaS offered by MongoDB over Azure
Azure Database for MySQL	Managed MySQL db available over Azure
Azure Functions	Solución serverless que le permite escribir menos código, mantener menos infraestructura y ahorrar costos.
Azure Key Vault	Para gestión de secretos

Figura 15 - Lista no exhaustiva de servicios cloud- ejemplo Azure

5.6. Migración de Datos

Tecnotree recomienda un modelo de migración incremental, donde se defina una estrategia de inclusión de clientes según el avance del proyecto y el uso requerido de las aplicaciones por el negocio.

Parte de este proceso de migración será entregado como parte del Masterplan y aprobado previamente por SUTEL.

5.6.1. Estrategia de migración, mejores prácticas

La siguiente figura muestra un resumen de los principales pasos en materia de migración de datos:

- Actividad de mapeo de datos técnicos
- Configurar conexiones a fuentes de datos, crear transformaciones y configurar conexiones a sistemas de destino
- Precarga
- Extracción, transformación y limpieza de datos
- Carga de datos
- Validación de datos
- Actividades Post Carga
- Verificación y prueba de datos

La herramienta fundamental para el proceso de migración es Apache Nifi, creado para automatizar y administrar el flujo de datos entre sistemas, proporciona una interfaz fácil de usar para conectarse a una base de datos de origen y realizar el flujo de datos a una base de datos de destino.

5.6.2. Mapeo y validación de datos

Las principales actividades relativa al mapeo, entendimiento de datos existentes que realizará Tecnotree como parte de los servicios profesionales de migración son:

- Catalogar todas las fuentes de datos que requieren migración. Esto incluye bases de datos, archivos planos, repositorios en la nube, API de terceros e incluso sistemas heredados.
- Registrar detalles de la fuente de datos, como tipos de datos, tamaño, formatos y cualquier campo o atributo personalizado.
- Determinar la criticidad de cada fuente de datos para priorizar la migración.
- PeRFPLar cada fuente de datos para comprender su calidad, estructura y relación con otras fuentes.
- Identificar cualquier inconsistencia de datos, valores faltantes o registros duplicados que deban abordarse antes de la migración.
- Revise las dependencias de datos y las relaciones entre las fuentes para evitar romperlas durante la migración.
- Evaluar problemas existentes como valores faltantes, patrones frecuentes, duplicados y anomalías.
- Identificar y excluir segmentos de datos históricos o redundantes innecesarios
- Evaluar el volumen de datos que necesita migración desde cada fuente.
- Identificar cualquier limitación en términos de capacidad de almacenamiento, ancho de banda de red o infraestructura y actuar en consecuencia.
- Determinar el método más eficiente para mover los datos en función de su tamaño, ubicación y formato.

- Definir los requisitos de escalabilidad y los posibles cuellos de botella en el rendimiento. - Dados los grandes conjuntos de datos se plantea una migración incremental.
- Como entregable de este proceso se entregará un informe de alcance detallado que describa el panorama de datos y resuma los problemas potenciales.

5.6.3. Precarga (Extracción y Transformación de Datos)

El procesador Apache NiFi se utiliza para extraer y transformar las filas de la base de datos de origen.

- Procesador ExecuteSQL: ejecuta una declaración SQL arbitraria y devuelve los resultados como un FlowFile en formato Avro, que contiene todos los registros de resultados. Muy simple y flexible, funciona con un amplio conjunto de declaraciones que incluyen llamadas a procedimientos almacenados.
- El resultado de las consultas será un documento Avro que contiene uno o más registros. Avro es un formato de serialización binaria para el almacenamiento compacto de registros y su esquema.

Apache NiFi contiene procesadores para trabajar con archivos Avro

- SplitAvro: divide un archivo Avro con varios registros en FlowFiles individuales o FlowFiles de un tamaño arbitrario. Dado que un archivo Avro puede contener más de un registro, el uso de SplitAvro puede proporcionar un tamaño consistente de los FlowFiles en el flujo.
- Procesador ConvertAvroToJSON: convierte archivos Avro a JSON. Esto es extremadamente útil tanto por la flexibilidad de procesar JSON como por la facilidad de inspeccionar visualmente los datos JSON. Combinado con el procesador SplitAvro, podemos convertir fácilmente un flujo de registros de base de datos en un flujo de JSON FlowFiles de un solo registro.

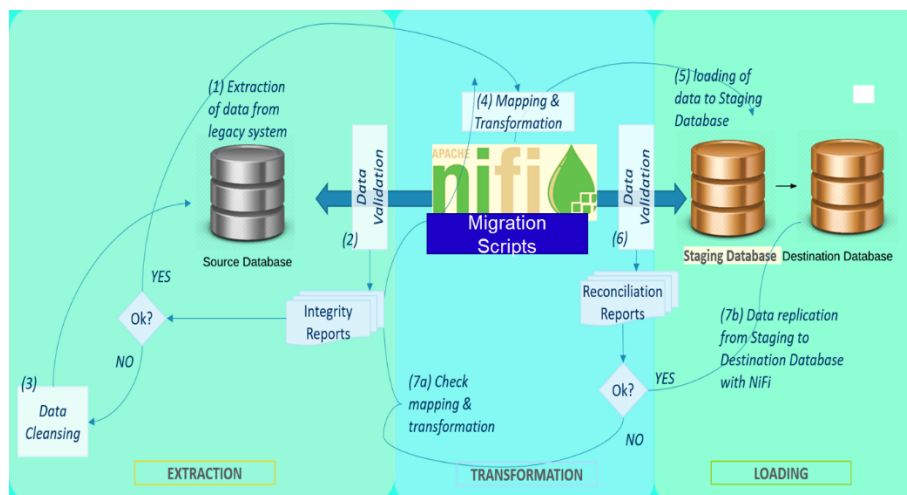


Figura 16 – Precarga

5.6.4. Carga y validación de datos

- Apache NiFi toma registros de datos entrantes, los procesa y luego los inserta en la base de datos
 - PutSQL: el procesador PutSQL es la utilidad NiFi básica para insertar registros en una base de datos de destino. PutSQL no solo maneja la

- mecánica básica de conexión a la base de datos, sino que también manejará solicitudes por lotes juntas para mejorar el rendimiento.
- PutCassandraQL : el procesador PutCassandraQL es la utilidad NiFi para insertar registros en la base de datos de destino. Envía el contenido de un FlowFile a Cassandra como INSERT o UPDATE
- Supervisión
 - Barra de estado: Apache NiFi proporciona algunos mecanismos para monitorear el sistema, NiFi muestra estadísticas sobre el estado actual del sistema, información como la cantidad de subprocesos activos, estadísticas en cola y tamaño de los archivos.
 - Estadísticas de componentes: el lienzo de NiFi proporciona estadísticas para cada procesador, grupo de procesos y grupo de procesos remotos. Estas estadísticas proporcionan información sobre el tamaño de los datos que se procesaron en los últimos 5 minutos.

5.6.5. Carga posterior (verificación y prueba de datos)

Una vez que los datos se cargan en el destino, se ejecutarán las siguientes actividades

- Para registros cargados/migrados para verificación y prueba de datos, los scripts automatizados se escribirán y ejecutarán a través de NiFi para lo siguiente
- Comprobaciones de integridad de datos entre entidades para todos los registros de muestra posibles.
- Garantizar que no se pierdan datos
- Verificación de valores de datos.
- Comprobaciones de discrepancia de datos, como formatos de almacenamiento
- Conteo del número de registros

5.6.6. Validación y limpieza de datos durante las pruebas

Para probar los datos que se cargaron desde el origen hasta el ambiente de prueba, se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Comprobar si el recuento de registros coincide entre las tablas de esquema de origen y de origen de migración.
- Se realizará un recuento de registros de los datos de cada tabla extraída de la Fuente para verificar que coincida con el recuento de registros en el área de preparación. Si hay alguna discrepancia, esto se conciliará y los datos se extraerán nuevamente hasta que haya una ejecución limpia. Como se mencionó, en esta etapa la conciliación se haría por conteo de registros. Tecnotree ejecutará la conciliación y entregará el informe.

Al transferir los datos de la Fuente a la base de datos provisional, si algún registro tenía un error, éstos se rectificarían y los datos se extraerían nuevamente. “Error out” significa aquellos registros que no se han migrado a las tablas provisionales. Al analizar el registro de errores, SUTEL deberá corregir los datos de la fuente o Tecnotree deberá modificar el proceso. SUTEL será responsable de limpiar cualquier error encontrado en los datos fuente.

5.6.7. Validación y limpieza de datos de aplicaciones de destino

Para validar los registros que se extraen del ambiente de preparación al sistema de destino, se seguirán los siguientes pasos:

Los datos se migrarán desde el área de preparación a la aplicación de destino mediante scripts PL/SQL.

En caso de errores de registro, se procederá al registro en una tabla de errores para luego se analizar y rectificar cada uno de ellos.

Este proceso continuará hasta que haya una ejecución limpia. El código de error y la descripción en la tabla de errores indicarán el motivo del error.

Al analizar el registro de errores, SUTEL deberá corregir los datos de la fuente o Tecnotree deberá modificar el proceso.

Una vez que se haya logrado una ejecución limpia, la aplicación se conectará a la base de datos migrada y se verificarán los datos para ver si se ha migrado toda la información mediante la aplicación. Esta sería una verificación de muestra aleatoria realizada tanto por Tecnotree como por SUTEL.

La validación de datos se llevaría a cabo de la siguiente manera:

- El primer nivel de validación entre Source y Staging lo realizaría el personal de Tecnotree con su equipo de validaciones. Esta actividad usa como base al documento de mapeo por columnas entregado en la primera etapa del proyecto.
- Tecnotree proporcionará varios informes no coincidentes según los datos requeridos en el sistema Target y SUTEL corregirá los datos hasta que todos los errores hayan sido rectificados en el sistema heredado.
- Para validar los datos una vez que se hayan ingresado en la base de datos Staging & Target, el personal de Tecnotree y SUTEL validará los datos consultando la configuración del suscriptor y del servicio a través de la aplicación.

5.7. Documentación

Tecnotree proporciona documentación técnica y de usuario de alta calidad junto con productos y soluciones. La documentación técnica se refiere a documentos que describen cómo funciona un producto o solución. La documentación del usuario guía a los usuarios sobre el uso del producto o solución. Toda documentación generada en el proyecto será entregada en el idioma español.

Nuestro equipo de redactores técnicos se especializa en la creación de todo tipo de documentación técnica y de usuario. Los escritores practican técnicas de creación colaborativa para aprovechar los beneficios de un contenido de mayor calidad. Con un enfoque principal en la audiencia, seguimos los principios de Mapeo de información para mejorar la experiencia del usuario con una mejor usabilidad de los documentos; garantizando una atención a la cliente óptima, lo que a su vez se traduce en satisfacción y deleite del cliente.

Tecnotree proporciona paquetes de documentos estándar con cada producto y solución, que incluyen descripción del producto, manual de usuario, manual de operaciones y mantenimiento y guía de instalación y configuración. La documentación técnica, que incluye especificaciones API, especificaciones técnicas y descripciones de arquitectura, se mantiene dentro de la organización y se le entregará si la solicita. Para garantizar una reducción en el tiempo promedio de manipulación en los servicios de soporte, proporcionamos guías de solución de problemas. Esta guía tiene como objetivo filtrar y resolver problemas, y restablecer el funcionamiento normal de los servicios, productos y procesos. La siguiente figura es una representación pictórica de los documentos mantenidos en Tecnotree.



Figura 17 - Documentación

La documentación del usuario se entrega cada vez más en línea en forma de ayuda contextual. El archivo de ayuda, que va más allá de las tradicionales guías de usuario descargables y ayudas en línea completas, está integrado en la aplicación correspondiente. Esto garantiza una asistencia inmediata a los usuarios, sin que tengan que alejarse del contexto/pantalla actual. Además de la ayuda contextual, se le entregará el contenido como ayuda en línea completa y documentación impresa.

La documentación técnica se almacena en nuestro repositorio de documentos que tendrá acceso compartido y permanente disponible a SUTEL.

El paquete de entrega de documentos se acordará entre SUTEL, Tecnotree Equipo de Gestión de Programas y Redacción Técnica Tecnotree.

Tecnotree está comprometido con la Calidad. En nuestra misión de alcanzar los más altos estándares, seguimos el Proceso de Calidad de la Documentación. El siguiente diagrama ilustra el proceso:

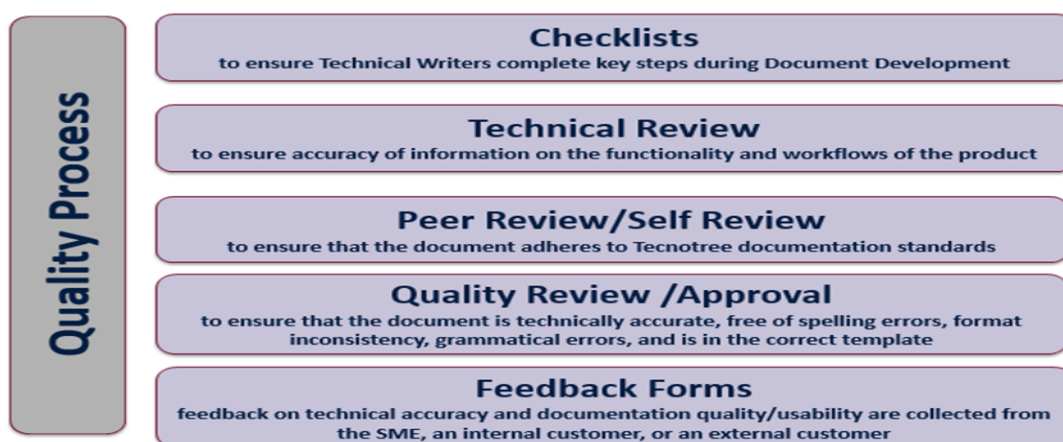


Figura 18 Proceso de Calidad

Uno de los documentos más importantes a entregarse a la finalización del proyecto, es nuestro Resumen de Actividades y Buenas Prácticas, que contiene:

- Recopilación de todas las tareas de proyecto desplegadas y su comparación con el Schedule original.
- Riesgos encontrados y como se mitigaron.
- Discrepancias en la SoR (matriz de responsabilidades)
- Casos de éxito dentro el proyecto, prácticas a destacar.
- Cambios en la documentación a futuro

5.8. Componentes Estratégicos de Observabilidad y Gestión Operativa

La solución está diseñada bajo un enfoque de microservicios y servicios administrados para garantizar alta disponibilidad, aislamiento de cargas de trabajo y resiliencia en la gestión de incidentes con el fin de poder realizar el envío mensual de estadísticas a la Sutel y a todos los operadores/proveedores. El despliegue tecnológico se articula a través de los siguientes hitos:

Hito 1: Plataforma de Monitoreo de Tiempo (Online Uptime Monitoring)

Para asegurar una visibilidad proactiva y en tiempo real sobre el estado de la infraestructura, se implementará un esquema de monitoreo continuo. Este componente es fundamental para el aseguramiento de la calidad del servicio, permitiendo:

- **Sondeo Sintético y Latencia:** Implementación de sondas mediante **Uptime Checks** para la validación continua de la disponibilidad y la medición de la latencia en los endpoints críticos expuestos.
- **Cumplimiento de Nivel de Servicio:** Generación de métricas de desempeño con cortes estructurados para validar la disponibilidad del sistema, ejecutando un *uptime monitoring* semanal concordante con las métricas del SLA.
- **Telemetría de Borde:** Recolección de estadísticas del sitio WEB público mediante el análisis de tráfico y terminación TLS en el **Load Balancer HTTPS**, en conjunto con el escrutinio de peticiones evaluadas por las políticas WAF y de mitigación de **Cloud Armor**.

Hito 2: Dashboards de Métricas y Visualización Centralizada

El procesamiento y visualización de la telemetría se sustentará en un stack de observabilidad de grado empresarial, desacoplado de los ambientes transaccionales:

- **Orquestación y Persistencia:** Despliegue de la solución self-hosted de **Grafana** orquestada sobre clústeres administrados de **GKE Autopilot**, asegurando la inmutabilidad de la configuración y persistencia de dashboards mediante **Persistent Disks**.
- **Ingesta de Métricas:** Integración nativa con **Managed Service for Prometheus** para recolectar la telemetría de los clústeres de Kubernetes, microservicios y flujos de datos, utilizando **Cloud Monitoring Metrics Scope** para la consulta unificada de las series de tiempo.
- **Lógica de Desempeño:** Diseño de dashboards técnicos que modelan estadísticas de desempeño granulares, incluyendo consultas analíticas (PromQL/MQL) para determinar algorítmicamente la tasa de éxito/falla por procesos.

- **Procesamiento Asíncrono:** Uso de **BigQuery Scheduled Queries** y **Cloud Functions / Cloud Run Jobs** para el procesamiento batch automatizado de indicadores clave (SLI/SLO) y la generación de resúmenes operativos.

Hito 3: Integración para Plataforma de Atención de Tickets y Gestión de Incidencias

La gestión de alertas y el ciclo de vida de los incidentes estarán respaldados por un pipeline de eventos y una estrategia de almacenamiento por capas (Tiering Storage):

- **Canalización de Eventos:** Estructuración de webhooks a través de **Notification Channels** para disparar alertas categorizadas (P1, P2 y P3) hacia la plataforma ITSM de ticketing, habilitando la generación automática de incidencias.
- **Data Warehouse Operativo:** Almacenamiento de la traza a corto plazo en **Cloud Logging** (retención de 30 a 90 días) y persistencia analítica en **BigQuery**. Este esquema de bases de datos soporta las consultas relacionales necesarias para extraer estadísticas atinentes a la plataforma de tiquetes, filtrando dinámicamente por fechas, horas, operadores, proveedores, ERPN y Sutel.
- **ETL y Exportación:** Implementación de un módulo de extracción de datos que interactúa con la capa de almacenamiento, habilitando la exportación bajo demanda de estadísticas operativas y trazas de auditoría en formatos estructurados XLSX y CSV (delimitado por comas).
- **Custodia Normativa (Cold Storage):** Resguardo automatizado de la evidencia técnica y el cierre de incidencias en **Cloud Storage Archive**, garantizando el almacenamiento inmutable para conservación histórica por un período normativo de cinco (5) años o siete (7) años, esto dependerá de la oferta económica seleccionada.

6. Conclusión

Entendemos perfectamente los requisitos de SUTEL y esto quedará visiblemente evidente en nuestra respuesta que veis arriba como parte de nuestra propuesta técnica y con el mapeo de cumplimiento de requisitos.

Siempre brindaremos todo nuestro apoyo a SUTEL y garantizará que se tomen todas las medidas para alinearse con las necesidades de cada operación.