

# MINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE

## SUBSECRETARIA DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

**Banco Mundial**

**Contrato de Préstamo Nro. BIRF 9555 - EC**

**Términos de referencia para el desarrollo de un  
sistema resiliente de gestión de activos viales para  
la Red Vial Estatal de Ecuador**

**ABRIL DE 2026**



## TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA RESILIENTE DE GESTIÓN DE ACTIVOS VIALES PARA LA RED VIAL ESTATAL DE ECUADOR

### 1. Introducción

La Red Vial Estatal de Ecuador (RVE) abarca aproximadamente 9794,66 km y es la columna vertebral de la logística, el comercio y la actividad socioeconómica del país. En 2019, el sector del transporte contribuyó con 5.300 millones de dólares, es decir, el 7,3 % del producto interior bruto (PIB) de Ecuador, al conectar puertos, industrias y países vecinos. Garantizar la conectividad fiable de la red vial y el mantenimiento eficiente de los activos viales estatales son retos fundamentales a los que se enfrenta el Ministerio de Infraestructura y Transporte (MIT) de Ecuador.

El aumento del nivel del mar, las inundaciones, las temperaturas extremas, los deslizamientos de tierra, los terremotos y la actividad volcánica son algunos de los peligros climáticos y naturales que más afectan a Ecuador y que pueden provocar interrupciones en la infraestructura de transporte. Estas interrupciones pueden provocar retrasos o cancelaciones en el flujo regular del tráfico y afectar a múltiples sectores económicos, lo que aumenta la vulnerabilidad de la población. Comprender cuáles son los activos de infraestructura y los enlaces de conectividad más críticos y cómo estos se ven afectados por los cambios en los procesos de fenómenos geológicos, gravitacionales y climáticos es fundamental para planificar la inversión en infraestructura de transporte.

El Banco Mundial (BM), con el apoyo del Gobierno de Japón a través del Fondo Mundial para la Reducción del Riesgo de Desastres (GFDRR, por sus siglas en inglés), está apoyando al MIT en mejorar la resiliencia y la calidad de la red de infraestructura de transporte de Ecuador. Esto incluye la cartografía de los puntos críticos de vulnerabilidad de la red vial ante las amenazas naturales y de origen climático, la identificación de soluciones para mitigarlos y la generación de capacidades para integrar estos conocimientos a través de un Sistema de Gestión de Activos Viales (SGAV).

Se espera que los servicios de consultoría descritos en estos Términos de Referencia (TdR) proporcionen un SGAV que tenga en cuenta las amenazas, vulnerabilidades y riesgos naturales y de origen climático de la RVE en Ecuador, lo que permitirá al MIT gestionarlo adecuadamente y detectar los tramos de la RVE expuestos.

### 2. Generalidades

A continuación, se presentan los elementos que permiten dimensionar el objetivo e impacto de la consultoría.

#### 2.1. Antecedentes

El SGAV es una herramienta clave para la gestión eficaz de los activos de una red vial. Un sistema de información de gestión de activos eficaz garantiza que las autoridades públicas dispongan de la información adecuada en el momento preciso para la toma de decisiones de inversión basadas tanto en objetivos estratégicos como en la rentabilidad a largo plazo.



El desarrollo de un SGAV implica un enfoque sistemático para mantener, mejorar y operar una red de carreteras, y el mobiliario que la acompaña, de manera eficiente a lo largo de su ciclo de vida. Trata las carreteras y los puentes como activos a largo plazo y se centra en maximizar su rendimiento y valor, minimizando al mismo tiempo los costos.

El propósito y los resultados de todos los SGAV se describen y clasifican en términos de resultados estratégicos, tácticos y operativos. Esto requiere comprender y evaluar la estructura organizativa y de apoyo para determinar el nivel de madurez del usuario final. Por lo tanto, una evaluación de la disponibilidad y la capacidad analítica para procesar la información y los datos recopilados sobre los activos viales permitirá comprender los puntos débiles y fuertes para garantizar la implementación exitosa del SGAV.

El MIT se enfrenta a una serie de retos que deberán abordarse mediante el SGAV propuesto:

- **Falta de un registro centralizado de activos:** el MIT no dispone actualmente de una plataforma digital única en la que se cataloguen todos los activos. Esto crea dificultades para identificar de manera eficiente los activos del MIT.
- **Falta de una plataforma de gestión del mantenimiento de la infraestructura vial:** el MIT no dispone actualmente con un sistema digital centralizado de mantenimiento de la infraestructura vial.
- **Ineficiencia en la presentación de informes sobre el estado de la red vial:** Debido a la falta de datos digitalizados, la elaboración de informes se realiza actualmente de forma manual, siendo un proceso demandante en tiempo y que dificulta la rápida localización de los datos relevantes.
- **Ausencia de una herramienta centralizada para la elaboración de presupuestos de mantenimiento de activos viarios:** al carecer de un registro digital de activos y de un inventario actualizado de la red vial, la elaboración de presupuestos es principalmente una tarea a demanda, que no ofrece el nivel de precisión esperado.
- **Ausencia de un análisis centralizado de la evaluación del impacto de los riesgos en la infraestructura vial:** la exposición y la vulnerabilidad de los activos frente a los riesgos naturales y climáticos son difíciles de cuantificar y analizar debido a la falta de una herramienta específica para la evaluación de riesgos.

## 2.2. Objetivo de la consultoría

El objetivo de esta consultoría es apoyar al MIT en el mejoramiento de la resiliencia de la RVE mediante el desarrollo y la implementación del SGAV de Ecuador. Se espera que la empresa consultora seleccionada, tenga conocimiento profundo de los fundamentos de un SGAV, comprenda los retos a los que se enfrenta el Ecuador para abordar los impactos de los riesgos naturales y de origen climático en la RVE, y



proporcione una solución que fortalezca eficazmente la capacidad del MIT en la gestión resiliente de los activos viales.

### 2.3. Principios de la gestión resiliente de los activos viales

Los principios generales de la gestión resiliente de los activos viales que deben integrarse en el desarrollo del SGAV para contribuir a reforzar la capacidad del MIT son los siguientes:

- **Inventario de la red vial estatal:** inventariar el 100% de los activos de la RVE (i.e: carreteras, puentes, alcantarillas, señalización, elementos de seguridad, entre otros), por ubicación, y tipología de activos. El inventario permitirá, mediante la combinación de otros módulos del SGAV, prolongar la vida útil de la infraestructura vial al contar con un registro centralizado de los activos, y de esa forma planificar el mantenimiento y optimizar las intervenciones.
- **Evaluación específica de las condiciones de los activos viales:** evaluar el estado de los activos por medio de inspecciones visuales y digitales, a través de un muestreo de la RVE administrada por el MIT. Este levantamiento puede incluir técnicas de recopilación de datos a través de inspecciones visuales, uso de equipamiento de alto rendimiento, cámaras incorporadas a celulares o tabletas, sensores, drones, ensayos de deflexión del pavimento, mediciones con georradar, y/o estudios geotécnicos.
- **Gestión de riesgos:** identificar de manera eficiente la exposición y vulnerabilidad de los activos frente a los peligros naturales y climáticos dentro de la RVE, el deterioro causado por estos eventos y determinar estrategias de mitigación y/o adaptación eficaz para reducir los impactos que pudieran ser resultantes.
- **Estándares de desempeño:** establecer el nivel de servicio requerido para los activos de la RVE (i.e: regularidad, nivel de fisuración, ahuellamiento, seguridad, entre otros), que guiarán las prácticas de supervisión y mantenimiento. Estas prácticas deben estar en consonancia con las normativas y estándares nacionales e internacionales y proporcionar pruebas documentadas para la supervisión del cumplimiento y rendimiento.
- **Planificación del mantenimiento:** promover trabajos preventivos, rutinarios y de rehabilitación, garantizando que el activo alcance sus estándares de desempeño, así como planificar cuándo y dónde intervenir para evitar mayores y más costosos deterioros.
- **Costos del ciclo de vida:** garantizar que las decisiones sobre la gestión de activos se fundamenten en el costo total del activo a lo largo de su vida útil, en lugar del costo relativo derivado de la construcción inicial, adoptando así un enfoque de análisis del costo del ciclo de vida (LCCA).
- **Optimización de la asignación del presupuesto:** permitir un uso más eficaz de los recursos financieros, priorizando las inversiones donde más se requieran, y



justificando las mismas, mediante el análisis de ahorros a largo plazo mediante el mantenimiento preventivo.

- **Toma de decisiones basada en datos:** integrar el software de gestión de activos con el Sistema de Información Geográfica (SIG) del MIT y modelos predictivos. El enfoque basado en datos ayuda a garantizar la transparencia y la rendición de cuentas en la presentación de informes.

## 2.4. Descripción de la RVE

El conocimiento detallado de la distribución geográfica de las vías, su estado funcional y la caracterización de activos críticos (i.e.: puentes, entre otros) es fundamental para la planificación, priorización y gestión eficiente de la infraestructura vial. Esta información permite identificar cuellos de botella operativos, zonas de riesgo estructural y oportunidades de intervención preventiva, facilitando la asignación estratégica de recursos y el diseño de programas de mantenimiento basados en evidencia. Además, constituye la base para implementar modelos de gestión de activos viales que integren criterios de resiliencia, sostenibilidad y articulación territorial.

A continuación, en la Figura 1 se describe la composición de la RVE sobre la que se estructurará el SGAV, dicha red está dividida a nivel funcional entre: (i) corredores arteriales, es decir, aquellas que conectan estratégicamente los principales puntos del país, i.e: capitales de provincia, puertos, aeropuertos y pasos fronterizos para el desarrollo económico y social del país, y que abarcan el 59,2% de la red; y (ii) vías colectoras, que funcionan como un enlace entre las vías locales y los corredores arteriales viales y que abarcan el 40,8% restante de la red.





Tipo de vía	Longitud (km)	%
Corredores Arteriales	5.941	59,2%
Vías Colectoras	4.120	40,8%
Total	10.060	

Figura 1 Clasificación funcional de la red vial del Ecuador (RVE). Datos de la RVE de 2025, MIT.

En cuanto al estado actual de la RVE para el mes de mayo de 2025, presentada en la Figura 2: (i) el 4% de las vías se encontraban en muy buen estado; (ii) el 37% se encuentran en buen estado; (iii) el 43% en estado regular; y (iv) el 16% restante con la indicación de circular con precaución.

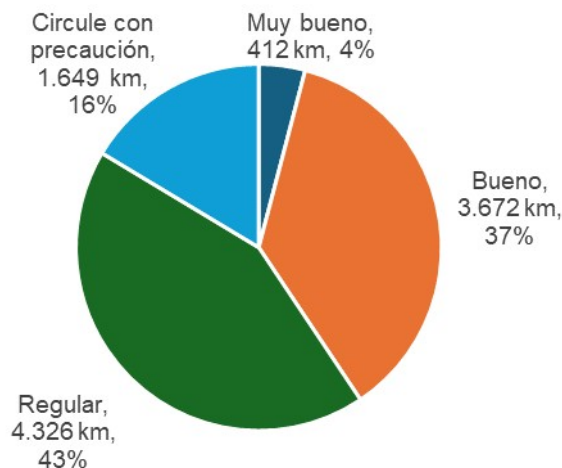


Figura 2 Visión general de la red vial del Ecuador (RVE). Datos de la RVE de 2025, MIT.

Para la caracterización de la RVE es fundamental identificar quién administra cada sección vial, ya que esto permitirá definir una estrategia de relevamiento de información diferente. La Tabla 1 muestra que: (i) 7.634 km equivalentes al 75,9% de la RVE, se encuentra bajo administración directa del MIT; (ii) 2.148 km que equivalen al 21,3%, son administrados por concesionarios; y (iii) el 2,8% restante se encuentra bajo contratos de Mantenimiento por Resultados (MPR).

El SGAV debe contener el inventario y del 100% de la RVE. Para ello, el consultor levantará el 100% de la información de la red en administración directa por el MIT; mientras que la información de la RVE delegada en concesión y bajo contratos MPR será incluida en el SGAV mediante fuentes secundarias, compartidas al consultor por el MIT.

Para la evaluación de los activos el consultor deberá proponer una metodología de muestreo que permita lograr una representatividad sólida del estado de los activos en administración directa por el MIT. Para la RVE delegada en concesión y MPR la información será incluida en el SGAV mediante fuentes secundarias, compartidas al consultor por el MIT

Delegación	km	%
Administración directa MIT	7.634	75,9%
Concesión	2.148	21,3%
Mantenimiento por Resultados	279	2,8%



Delegación	km	%
(MPR)		
Total	10.060	

Tabla 1 Distribución por administrador

En cuanto a tipo de superficie de rodadura el 91% de la RVE se encuentra pavimentada y el restante se encuentra en Diseño Técnico Simplificado de Bajo Costo (DTSB), lastre y mejoramiento del suelo.

Delegación	Tipo de superficie	km
Administración directa	DTSB, lastre o mejoramiento del suelo	930
	Pavimento flexible	5.695
	Pavimento rígido	1.008
Concesión	Pavimento flexible	2.100
	Pavimento rígido	48
MPR	Pavimento flexible	90
	Pavimento rígido	188

Tabla 2 Distribución de la RVE según el tipo de superficie de rodadura

Con relación a los puentes vehiculares de la RVE se identifican: 1.123 estructuras que serán objeto de inventario y evaluación en el marco del SGAV, independientemente del administrador de la vía donde se ubiquen y la estrategia de relevamiento para la obtención de información. La Figura 3 presenta el estado general de los puentes a nivel nacional destacando que: (i) el 66 % se encuentra en buen estado; (ii) el 28 % en estado regular; (iii) el 6 % de los puentes en mal estado; y (iv) el 5 % presentan condición de colapso. Los datos muestran una oportunidad de intervención preventiva y/o atención prioritaria e inmediata.

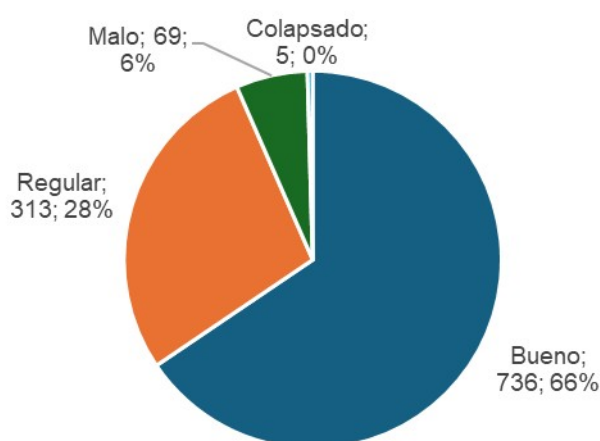


Figura 3 Estado de puentes sobre la RVE. [Fuente: MIT, 2024].

El estado de la infraestructura vial y los puentes mostrado previamente puede variar en cortos periodos de tiempo, especialmente en contextos de alta exposición



a riesgos naturales y climáticos. Factores como las lluvias intensas, deslizamientos de tierra y eventos hidrometeorológicos extremos pueden generar afectaciones súbitas en la condición estructural y funcional de los activos. El SGAV persigue definir mecanismos de monitoreo continuo y actualización periódica del inventario.

El análisis de riesgos naturales y de origen climático para la RVE, realizado como parte del apoyo técnico del BM al MIT en 2025, estimó que el riesgo económico por pérdida de activos viales en la RVE aumentará de US\$ 139,5 millones al año en condiciones actuales a US\$ 159,1 millones al año para 2050; y a US\$ 171,5 millones al año para 2070 bajo escenarios climáticos SSP5-8,5 (Trayectorias Socioeconómicas Compartidas, en forzamiento radiactivo de 8.5W/m<sup>2</sup>). Estos datos representan un aumento del 14 % y del 23 %, respectivamente.

En este sentido, conocer cuáles son los activos de infraestructura y los enlaces de conectividad más críticos, y comprender cómo estos se ven afectados por los cambios en las condiciones climáticas y los peligros naturales, es fundamental para planificar las inversiones destinadas a reforzar la resiliencia de la infraestructura. Por ello, es fundamental identificar y evaluar el estado de la infraestructura actual y mantener un continuo monitoreo de esta.

### 3. Alcance del trabajo

A continuación, se presenta el alcance del trabajo.

#### 3.1. SGAV para la RVE de Ecuador

El propósito de estos TdR es contratar a una firma altamente capacitada («consultor») para que preste servicios de consultoría de ingeniería profesional y actúe como agente estructurador y ejecutor de un programa SGAV totalmente integrado para la RVE en Ecuador, gestionado por el MIT. La ejecución incluirá:

- Inventario y evaluación de los activos viales actuales del MIT a partir de la consolidación y depuración de información primaria y secundaria según definido en la sección 2.4. Esto incluirá la recopilación inicial de datos para los distintos módulos, según sea necesario.
- Entrega de una solución de software SGAV que incluirá la implementación y despliegue. El SGAV podrá ser adaptado a partir de soluciones ya existentes o desarrollarse de forma específica para el MIT. El Consultor en su propuesta metodológica deberá proponer cómo lo desarrollará y detallar los beneficios de la solución seleccionada frente a otras.
- Migración de los datos existentes en la base de datos que será proporcionado por el MIT al SGAV, asegurando funcionalidad y compatibilidad con el sistema.
- Formación exhaustiva a funcionarios del MIT para facilitar la transferencia de conocimientos en la implementación, operación y sostenibilidad del SGAV.
- Plan de acompañamiento, servicio de soporte y mantenimiento del sistema SGAV.



El último inventario de carreteras realizado por el MIT se llevó a cabo en 2012. Desde entonces se ha actualizado parcialmente la cartografía de los tramos y activos viales. Se espera que el consultor recopile, verifique, valide, complemente y actualice los datos y elabore un inventario actualizado para el RVE. Para ello, el SGAV debe incluir métodos de recopilación de datos que sean sostenibles en la realidad ecuatoriana, permitiendo conocer el estado de los activos; y el volumen, clasificación y carga del tránsito que transcurre en ellas. En consultor será responsable del relevamiento de la información y de la implementación del SGAV totalmente integrado con todos los módulos definidos en estos TdR.

El consultor deberá prestar **servicios de ingeniería profesional** para los sistemas de gestión de activos viales con los siguientes objetivos:

- Integrar en el SGAV la información proporcionada por el MIT para las vías concesionadas y MPR; y levantar, verificar y validar, todos los activos existentes en la RVE por administración directa del MIT; ambos con el fin de desarrollar un inventario completo y detallado para el conjunto de la RVE.
- Desarrollar o proporcionar un SGAV totalmente integrado basado en la web que se construya sobre un componente SIG y que cuente, entre otros, con los módulos que se describen a continuación:
  1. Inventario de la red vial
  2. Módulo de evaluación de riesgos
  3. Módulo de sistema de información de tráfico
  4. Módulo del sistema de gestión del pavimento
  5. Módulo de sistema de gestión de puentes
  6. Módulo del sistema de gestión de señales de tránsito
  7. Módulo de Registro de activos viales fijos
  8. Módulo del sistema de gestión de carreteras no pavimentadas
  9. Módulo de priorización
  10. Módulo de gestión de documentos
- Desarrollar o proporcionar una aplicación móvil con capacidad de ubicación espacial (Android e iOS) para inspecciones de campo que alimente el SGAV en tiempo real.
- Integrar el SGAV con: (i) el SIG del MIT; (ii) el sistema de planificación de recursos empresariales (Enterprise Resource Planning, o ERP por sus siglas en inglés); y (iii) otros desarrollos disponibles, i.e: la herramienta para la priorización de proyectos («GPIT») desarrollada por el Banco Mundial para el MIT en 2024.



- Integrar el SGAV con las bases de datos y los datos cartográficos existentes (shapes de amenazas naturales, históricos de tráfico, equipamientos complementarios a la RVE como localización de puertos, aeropuertos, cascos urbanos e información de pesaje, entre otros).
- Determinar y diseñar los requisitos de infraestructura para la aplicación del SGAV.

### 3.2. Arquitectura del sistema SGAV

Se consideran diversas arquitecturas y tecnologías para un sistema SGAV. La Figura 4 muestra una arquitectura típica, aunque no exhaustiva, de un SGAV que integra las capas mínimas que se esperan.

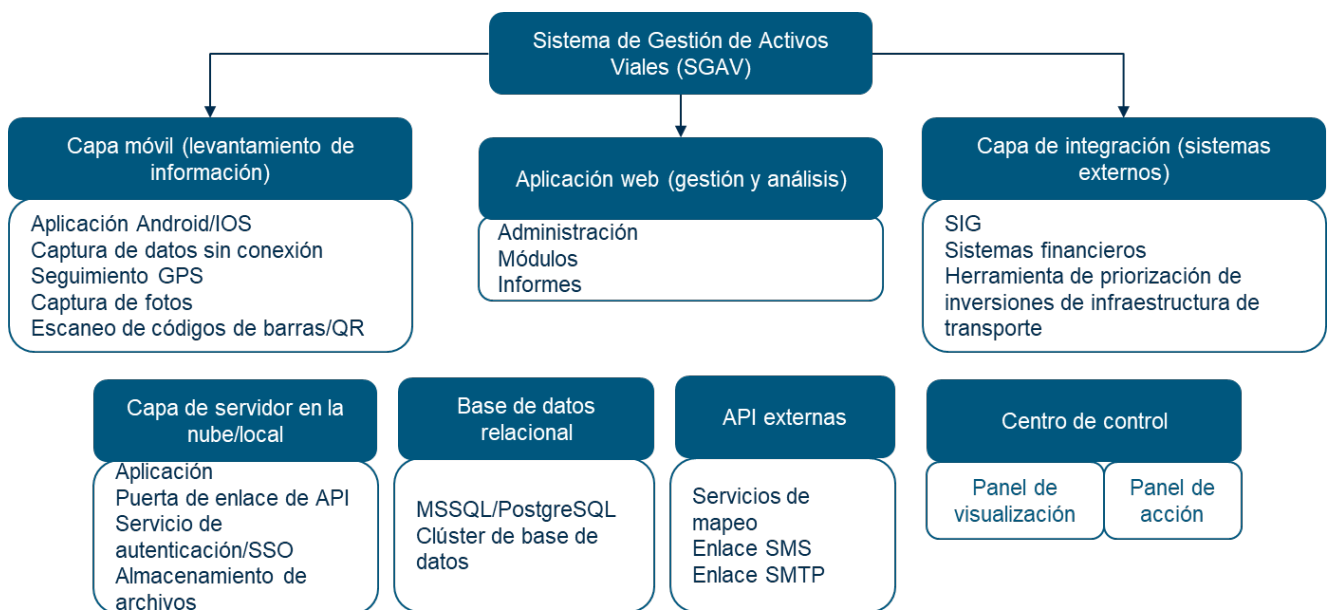


Figura 4 Arquitectura típica de un sistema SGAV

### 3.3. Uso de información primaria y secundaria

La base operativa del SGAV es la información estructurada sobre la RVE, la cual debe consolidarse mediante la integración de levantamientos primarios y fuentes secundarias disponibles. El levantamiento de fuentes primarias se llevará cabo según el esquema de administración vigente que se mencionó en el numeral 2.4. Esta combinación permite construir un inventario confiable que refleje tanto las características físicas como funcionales de los activos, considerando los niveles de competencia institucional y los modelos de gestión territorial.

La información primaria deberá levantarse en campo conforme se especifica en estos TdR. Las fuentes secundarias pueden incluir catastros previos, registros de mantenimiento, bases de datos sectoriales y plataformas de inversión pública, entre otros; que será compartida por el MIT. Esta articulación metodológica garantiza que el SGAV se alimente de datos pertinentes, actualizados y trazables, fortaleciendo su capacidad para orientar decisiones de planificación, priorización y conservación vial. El



consultor será el responsable de procesar toda la información secundaria proveniente de distintas fuentes e incorporarla según los formatos establecidos al SGAV.

### 3.4. Descripción general de los módulos

Esta sección ofrece una descripción general de cada uno de los módulos que el consultor debe desarrollar en el marco de esta consultoría. Los requisitos técnicos detallados de cada uno de los módulos y subsistemas se describen en el Anexo 1.

#### 3.4.1. Módulo de inventario de la red vial

Este módulo debe proporcionar una base de datos completa de todos los activos de la RVE. Es la base que debe ser integrada con los subsiguientes módulos para la planificación, el mantenimiento, la elaboración de presupuestos y la supervisión del rendimiento.

El módulo de inventario de la red vial propuesto debe:

- Mantener un inventario georreferenciado preciso y actualizado de todos los activos de la RVE a partir de información primaria y secundaria, en función de los acuerdos ministeriales que definen la longitud y tramos de la RVE, incluidas las carreteras y los puentes, desglosado por enlaces, cruces y uniones de carreteras provinciales numeradas, y en función de los límites cantonales y provinciales. Los tramos viales se describirán, i.e: mediante descripciones de inicio y fin, kilómetros de inicio y fin, tipo de carretera/puente y clasificación de carretera/puente.
- Admitir la clasificación de carreteras basada en las normas establecidas en las especificaciones MOP 001 F 2002, y de diseño geométrico 2003.
- Permitir la segmentación de las carreteras en enlaces, nodos y segmentos para la evaluación del estado y el recuento del tráfico.
- Proporcionar datos estadísticos sobre la longitud, los tipos, el estado y la clasificación de las carreteras por provincia y/o jurisdicción.
- Permitir la integración con otros subsistemas (i.e.: gestión de pavimentos, sistema de información de tráfico, sistemas de pesos y medidas, entre otros).

Para la RVE concesionada y MPR se deberá incluir la información secundaria disponible con el fin de incorporarla en el módulo.

#### 3.4.2. Módulo de evaluación de riesgos

Este módulo permitirá al MIT visualizar, evaluar y gestionar de forma sistemática la exposición y vulnerabilidad de los activos frente a fenómenos naturales y climáticos que afectan y/o impactan en la infraestructura de la RVE, i.e: terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, temperaturas extremas y deslizamientos de tierra provocados por la actividad sísmica y lluvias torrenciales, entre otros. El módulo está diseñado para integrar el riesgo por exposición y permitir a las autoridades tomar decisiones informadas para mejorar la fiabilidad de los activos, la seguridad de los usuarios y la



eficiencia de la inversión a largo plazo, en consonancia con las normas nacionales y los protocolos de gestión de riesgos.

Este módulo debe permitir visualizar los resultados espaciales de la evaluación de exposición, vulnerabilidad y riesgos de la infraestructura de la RVE ante fenómenos naturales y climáticos desarrollada por el BM en apoyo al MIT para el fortalecimiento de la resiliencia (y que el MIT pondrá a disposición del consultor para su integración en el SGAV). Estos resultados se integrarán en forma de capas SIG. El módulo deberá permitir la actualización periódica de los mapas de amenaza y vulnerabilidad dentro del SGAV. Este módulo integrado espacialmente permitirá al MIT identificar los puntos críticos de riesgo dentro de la RVE e identificar las áreas prioritarias para las intervenciones/inversiones con el fin de garantizar la resiliencia de la RVE.

### 3.4.3. Módulo del sistema de información de tráfico

El consultor desarrollará e implementará un sistema de información de tráfico capaz de procesar, almacenar y analizar datos de conteo de tráfico con el fin de comprender la criticidad relativa de los diferentes enlaces. El sistema integrará datos de conteos de tráfico manuales y conteos de tráfico electrónicos automáticos, realizados por el consultor en puntos o estaciones de aforo determinadas clave para la comprensión del comportamiento de la demanda a lo largo de la RVE.

El módulo servirá como repositorio central de: (i) todos los datos de conteo de tráfico recopilados en la toma de información por el consultor y; (ii) de información secundaria como registros de peajes en la red concesionada, junto con los datos históricos de tráfico disponibles de los últimos 5 años.

Este módulo permitirá almacenar mediciones de pesaje ejecutadas con cualquier metodología disponible por el MIT (i.e: balanzas electrónicas o estáticas) y obtener estadísticas de pesos por eje y por camión. El módulo deberá ser capaz de calcular los ejes equivalentes anuales y proyecciones según los crecimientos proyectados.

Para la RVE concesionada y MPR se considerará la información secundaria disponible con el fin de incorporarla en el módulo.

### 3.4.4. Módulo del sistema de gestión del pavimento

Este módulo pretende optimizar la gestión del ciclo de vida de los pavimentos en la RVE, a través la planificación de necesidades de mantenimiento preventivo y rehabilitación de las redes de pavimentos.

Este módulo permitirá al MIT la toma de decisiones informadas mediante el conocimiento de la evaluación y evolución de las condiciones del pavimento, prediciendo su deterioro; para priorizar así el mantenimiento periódico y rutinario y asignar el presupuesto de manera eficiente. La solución debe cumplir con las normas nacionales e internacionales de gestión de pavimentos, y debe considerar las condiciones intrínsecas del Ecuador, i.e: las cargas de tráfico, los riesgos naturales y de origen climático que afectan al pavimento y la disponibilidad de materiales. El módulo



debe permitir calibrar las curvas de deterioro para cada región del país (costo, sierra y amazonia), para cada tipo de pavimento y para distintos niveles de tráfico.

El módulo propuesto debe:

- Almacenar y analizar evaluaciones visuales o automatizadas del estado y datos estructurales/de superficie (i.e: deflexiones, rugosidad, estructura de pavimento, ahuellamiento, entre otros).
- Calcular el índice de estado del pavimento (PCI) para las carreteras pavimentadas, cumpliendo con las normas establecidas en la norma ASTM D6433-07.
- Proporcionar procedimientos para validar y cargar los datos de evaluación visual, evaluaciones automatizadas, los datos de perfil y los datos de deflexión recibidos de los contratistas.
- Apoyar la priorización del mantenimiento en función del estado, el tráfico y las restricciones presupuestarias (niveles básicos de priorización).
- Generar planes de mantenimiento plurianuales en función de: (i) políticas establecidas por el MIT; y (ii) diferentes escenarios presupuestarios; y la combinación de estas.
- Integrar con el SIG y el inventario de la RVE para el análisis espacial.
- Elaborar informes (i.e: resúmenes de valoración de activos, estado de la red, niveles de inversión requeridos).

### 3.4.5. Módulo de gestión de puentes

Como parte del alcance del proyecto, el Contratista deberá diseñar, desarrollar e implementar un Módulo de Gestión de Puentes, integrado al Sistema de Gestión de Activos Viales (SGAV), orientado a la gestión técnica de los activos estructurales de la Red Vial Estatal (RVE).

El módulo deberá contemplar la administración del ciclo de vida de puentes y estructuras relacionadas, incluyendo alcantarillas mayores, pórticos, pasos elevados y muros de contención, mediante la gestión de información de inventario, inspección, condición, capacidad estructural y necesidades de intervención.

El alcance del módulo incluirá, como mínimo, el registro e integración del inventario estructural georreferenciado, la gestión de inspecciones estructurales, la evaluación de condición basada en elementos, la determinación de capacidad de carga, el análisis de criticidad y riesgo, así como la priorización, programación y seguimiento de intervenciones de mantenimiento, rehabilitación o reforzamiento.

El módulo deberá implementarse conforme a estándares internacionales aplicables, incluyendo AASHTO MBEI, AASHTO MBE y NBIS, y deberá garantizar la interoperabilidad con los demás componentes del SGAV.



Asimismo, el Contratista deberá considerar la incorporación y validación de la información secundaria disponible correspondiente a estructuras ubicadas en la RVE concesionada y bajo esquemas de mantenimiento por resultados (MPR), asegurando su integración en el sistema.

#### **3.4.6. Módulo del sistema de gestión de señales de tránsito**

Este módulo permitirá la gestión del inventario, la evaluación del estado y la planificación del mantenimiento de todos los activos de señalización vial. El sistema debe integrarse en la infraestructura del SGAV y admitir la recopilación de datos sobre el terreno a través de aplicaciones móviles. El módulo debe cumplir con las normas especificadas en RTE INEN 004-2:2011 y NTE INEN 1042.

Para la RVE concesionada y MPR se considerará la información secundaria disponible con el fin de incorporarla en este módulo.

#### **3.4.7. Módulo de registro de activos viales fijos**

Este módulo permitirá conocer el estado de todos los activos viales no incluidos en los módulos previos. Este módulo incluirá, todas las instalaciones de drenaje, elementos de seguridad, muros de contención, iluminación, semaforización, paradas, bahías para detención de autobuses, y elementos que crucen la vía (i.e: líneas de alta tensión), entre otros.

Este módulo deberá permitir evaluar el estado de cada activo en función de normativa utilizada en el MIT y gestionar las necesidades de mantenimiento y de rehabilitación según fuera necesario.

#### **3.4.8. Módulo del sistema de gestión de carreteras no pavimentadas**

Este módulo proporcionará una solución integral para la evaluación del estado y la optimización del mantenimiento de las redes de carreteras no pavimentadas. Incorporará procedimientos para validar y cargar los datos de inspección visual y proporcionará apoyo en la toma de decisiones al MIT para identificar las intervenciones necesarias. El sistema debe integrarse en la infraestructura del SGAV y cumplir con las normas ASTM D6433-07 y ASTM E 1926-98.

#### **3.4.9. Módulo de priorización**

Este módulo proporcionará una solución integral para apoyar a las autoridades en la toma de decisiones a identificar prioridades de inversión considerando las características de la infraestructura y su criticidad mediante un proceso analítico. La escala del análisis debe ser adecuada al nivel de gestión de activos que se practica.

- A. Priorización de inversión en rehabilitación y mantenimiento:** este submódulo versátil permitirá orientar una política de priorización establecida por el MIT para rehabilitación y mantenimiento periódico, preventivo y rutinario de la RVE.
- B. Priorización de proyectos:** el consultor deberá incorporar en el SGAV este submódulo desarrollado por el BM para el MIT (a partir del código



fuelle que se le facilitará al consultor); que permite comparar y priorizar proyectos de inversión (i.e.: nuevas vías, ampliación, entre otros); asegurando su compatibilidad con el sistema

Este sub-módulo B considerará las siguientes características:

- Combina elementos del SIG con datos estimados (i.e: indicadores demográficos, económicos, ambientales y sociales) para una lista de proyectos específicos en el territorio ecuatoriano.
- Permite cartografiar los proyectos en el territorio ecuatoriano y obtener datos sobre la población afectada, la interacción con otros proyectos, la reducción de emisiones de CO2 y otros datos.
- Incorpora las consideraciones de la guía de priorización de inversiones en transporte desarrollada por el BM para Ecuador.

#### **3.4.10. Módulo de gestión de documentos**

El sistema de gestión de documentos proporcionará una plataforma centralizada, segura y escalable para almacenar, recuperar, gestionar y rastrear documentos relacionados con la gestión de activos viales. El sistema debe cumplir con la norma ISO 15489 (gestión de documentos) y las leyes locales ecuatorianas. Deberá poseer un sistema de seguridad para que cada usuario pueda ingresar según su función y su jerarquía al SGAV.

### **3.5. Descripción de las mediciones de campo**

En este capítulo se presenta la descripción de las mediciones de campo que implican el relevamiento de los activos y la evaluación detallada de cada uno de estos. El consultor deberá proponer las metodologías más eficientes de recopilación de información en campo y establecer un protocolo de control de calidad de esta conforme se especifica a continuación en los requerimientos de relevamiento.

#### **3.5.1. Relevamiento de Inventario**

El consultor deberá realizar un inventario vial de la RVE administrada por el MIT mediante un registro fotográfico que cubra todos los elementos existentes en el derecho de vía, georreferenciados.

Los eventos por cubrir serán:

- Número o nombre de la ruta.
- Punto de inicio del tramo en kilómetros y coordenadas geográficas.
- Punto final del tramo en kilómetros y coordenadas geográficas.
- Ubicación (ciudad o localidad).
- Fecha de inicio y finalización del inventario en campo.



- Calzada: ancho (m), tipo de pavimento, número de carriles: Se deberá proporcionar detalle por kilómetro, considerando variaciones en las características del tipo de pavimento y el número de carriles.
- Tipo de espaldón derecho e izquierdo, capa de rodadura.
- Ancho de espaldón (m), derecho e izquierdo: Se deberá proporcionar detalle por kilómetro, considerando variaciones en las características de la calzada.
- Georreferenciación de elementos viales (señales, postes, barandillas, entre otros).
- Separador central: Tipo, ancho (m).
- Bordillos.
- Aceras: Tipo, ancho (m)
- Ciclovías: Tipo, ancho (m)
- Bahía: Tipo de capa de rodadura, ancho (m)
- Parada: Tipo, material, estado.
- Señalización vertical: Tipo de señal, descripción de la señal, material de la señal, material del elemento de soporte (poste, marco, ménsula), estado.
- Señalización horizontal: Tipo (pintura, rayado, entre otros), ubicación, kilometraje inicial, kilometraje final, estado.
- Ubicación de alcantarillas y puentes, nombre del curso de agua, canal o río, alumbrado (m) de dichas obras, ancho de carriles y espaldones (m), tipo de pavimento, aceras, barreras, juntas. En este caso, las características de cada una de ellas deben contar con registro fotográfico de la super y la infraestructura.
- Alumbrado.
- Intersecciones: Ubicación geográfica, ruta, ramal ferroviario o carretera que intercepta, tipo: a nivel, sobre el nivel del suelo o subterráneo.
- Accesos a propiedades.
- Túneles
- Elementos de seguridad: barandillas, amortiguadores, entre otros.
- Interferencias visibles: líneas eléctricas de alta tensión, gasoductos, entre otros.
- Otras instalaciones: semáforos, básculas, medidores de velocidad, estaciones de peaje, entre otros.

Toda la información deberá recopilarse georreferenciada. Las fotografías deben almacenarse en archivos divididos en secciones de 30 kilómetros cada una. Cada fotografía debe contener al menos la siguiente información:



- Número o nombre de la ruta
- Kilometraje
- Carril recorrido
- Fecha de la fotografía

### 3.5.2. Evaluación de la condición superficial del pavimento

Se realizará una inspección visual y fotográfica de los pavimentos existentes en la RVE administrada por el MIT mediante un muestreo representativo. Esta inspección deberá realizarse en, al menos, el 40 % de la superficie de las vías pavimentadas mediante la metodología propuesta por el consultor que permita recolectar la información solicitada y asegurar una confiabilidad de la evaluación del 95% de la RVE en administración directa del MIT. Se permite el uso de diversas formas de medición: celulares, o equipos de medición continua con cámaras frontales que permitan la correcta captura del carril y el espaldón, entre otros. Todas las imágenes deben estar georreferenciados.

Esta evaluación debe permitir describir el estado actual de la superficie de las vías e identificar el estado de las fallas, fisuras y baches presentes en el pavimento, tanto en extensión como en severidad.

Para la recopilación de datos, el consultor propondrá en su metodología el sistema que permita visualizar las fallas del pavimento y su procesamiento. Se permite la medición simultánea de diferentes parámetros, mediante la centralización de todos los datos capturados en un único sistema/ordenador. Todos los datos deben estar vinculados a coordenadas geográficas.

El consultor deberá realizar la medición de la rugosidad en huella externa de cada carril. Para ellos se utilizará un rugosímetro Clase 1.

El consultor recopilará, como mínimo, la siguiente información:

Para carreteras pavimentadas como sin pavimentar

- Levantamiento de imágenes de, al menos, el 40% de la superficie del pavimento (ancho mínimo = ancho del carril), tomadas perpendicularmente a la superficie del pavimento, integradas cada 100 metros. Las fallas deben ser acordes a lo establecido en la metodología para calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI)
- Determinación del PCI para cada sección homogénea siguiendo la normativa ASTM D6433

Para carreteras pavimentadas:

- Determinación de la geometría del carril. Se debe obtener información sobre el perfil transversal cada 500 metros.
- Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la huella exterior del carril, medido con equipo de Clase 1, de acuerdo con las normas ASTM E950 y E1950



- Determinación del ahuellamiento máximo en el ancho del carril, cada 200 metros

### 3.5.3. Evaluación estructural del pavimento

Para la evaluación estructural del pavimento se considerará el tipo de superficie como sigue.

#### 3.5.3.1. Carreteras Pavimentadas

- **Deflexiones:** La medición se realizará cada 250 metros para las carreteras pavimentadas (flexible y rígido) que son parte de las vías por administración directa del MIT de la RVE, alternando en tresbolillo uno en cada carril, utilizando para ello un deflectómetro de impacto (tipo FWD) con al menos 7 sensores, que permita desarrollar una carga de 40 kN. El equipo deberá estar perfectamente calibrado. En el caso de vías de dos o más carriles por sentido se medirá solo en el carril externo cada 250 m en sentido ascendente y cada 250 m en sentido descendente. Dependiendo si se trata de pavimento flexible o rígido se debe ajustar la metodología de medición, En el caso de pavimento rígido tomar en cuenta la geometría del loseado.

El consultor presentará un informe que contenga al menos la siguiente información:

- Deflexión por carril, indicando la carga utilizada y las deflexiones correspondientes al menos 7 puntos del cuenco (D0 a D6).
- Temperatura de superficie y de pavimento
- Sectorización de secciones características u homogéneas.
- Deflexión media y característica de cada sección.
- Radio de curvatura medio y característico de cada sección.
- Procesamiento de la información aplicando metodología AASHTO 1993.
- Obtención de módulos de cada capa
- Otros indicadores de comportamiento estructural que el consultor haya incorporado en su propuesta.
- **Ensayos destructivos:** La ubicación de los ensayos destructivos se seleccionará en base a los resultados de las deflexiones y la inspección visual del pavimento. El número de ubicaciones será como mínimo 280. Las ubicaciones se acordarán con el MIT según la evaluación deflectométrica, evaluación visual y antecedentes. En cada pozo, se realizará un estudio para extraer muestras de los materiales, hasta una profundidad mínima de 1,20 metros, para su análisis en el laboratorio. Se determinará la profundidad del nivel freático, si existe. Se cerrarán los pozos con el mismo material que la superficie.

En cada estudio, el consultor realizará las siguientes determinaciones:

- Espesor de cada estrato, discriminado por tipo de suelo, color y textura.



- Ensayo dinámico con penetrómetro de cono a una profundidad de 1,20 m.

En base a estas determinaciones y utilizando las correlaciones conocidas y validadas el consultor calculará las características de cada capa y del paquete estructural.

### 3.5.3.2. Carreteras no pavimentadas

Se incluirán ensayos destructivos tal y como está descrito en la sección anterior. El número de ubicaciones será como mínimo 20. Las ubicaciones serán determinadas por el MIT.

### 3.5.3.3. Análisis de Resultados

El consultor llevará a cabo para cada tramo o sección homogéneo, un análisis de caracterización estructural tomando en consideración la información generada por los relevamientos efectuados.

En el caso de carreteras pavimentadas, el informe debe contener al menos la siguiente información:

- Espesor y características de cada capa
- Caracterización de la subrasante
- Módulo de elasticidad o resiliencia de cada capa del pavimento mediante retrocálculo a partir de los resultados de las deflexiones.
- Modelado de las estructuras de cada sección homogénea.

En el caso de carreteras No pavimentadas el informe considerará lo siguiente:

- Espesores y características de cada capa
- Caracterización de la subrasante

### 3.5.4. Evaluación de puentes y alcantarillas principales (box culvert)

El Consultor deberá caracterizar, para un muestreo representativo de al menos el treinta por ciento (30%) de los puentes, alcantarillas principales (box culvert) y muros de contención de la Red Vial Estatal (RVE), los parámetros geométricos, estructurales y funcionales de las estructuras. La selección de la muestra será definida por el Ministerio de Infraestructura y Transporte (MIT), garantizando representatividad por tipología, ubicación y condición.

Para cada estructura incluida en la muestra, el Consultor deberá levantar y sistematizar, como mínimo, la siguiente información:

- Puentes: longitud de vano(s), tipología estructural del tablero y sistema resistente, materiales constitutivos, configuración estructural, capacidad de carga existente o estimada y año de construcción o última intervención relevante.
- Alcantarillas (box culvert): dimensiones hidráulicas y geométricas, tipología (celda simple o múltiple), material, condición estructural y capacidad hidráulica operativa.



- Muros de contención y pórticos: altura, tipología estructural, material, sistema de estabilización y condiciones de soporte.

Adicionalmente, el Consultor deberá ejecutar la evaluación del estado de las estructuras conforme a metodologías basadas en elementos, en concordancia con el AASHTO Manual for Bridge Element Inspection (MBEI) y el AASHTO Culvert and Storm Drain Inspection Manual (CSDIM), considerando los siguientes componentes:

- Sistema de evaluación por elementos:
  - Identificación y codificación de elementos conforme a MBEI y CSDIM.
  - Asignación de estados de condición (Condition States) en función del grado de deterioro, extensión y severidad observada.
  - Cuantificación del deterioro mediante porcentajes de distribución por estado de condición.
- Índice de condición estructural:
  - Determinación del Bridge Condition Index (BCI) u otro índice equivalente basado en elementos, derivado de la ponderación de estados de condición conforme a MBEI.
  - Evaluación específica de alcantarillas mediante índices equivalentes conforme a CSDIM.
- Evaluación de defectos y criticidad:
  - Clasificación técnica de defectos considerando severidad, extensión y localización estructural.
  - Evaluación del impacto en el desempeño estructural, funcional y de seguridad vial.
  - Determinación de niveles de urgencia de intervención en función del riesgo de falla o degradación acelerada.
- Análisis estructural e hidráulico:
  - Estimación o verificación de la capacidad de carga conforme a AASHTO MBE (Manual for Bridge Evaluation).
  - Evaluación de la capacidad hidráulica y condiciones de socavación en alcantarillas y estructuras asociadas.
  - Análisis de vulnerabilidad sísmica, cuando corresponda, en función de tipología estructural, estado de conservación y condiciones del sitio.

### 3.5.5. Aforos vehiculares

El consultor deberá llevar a cabo un levantamiento de información georreferenciada en los puntos clave de la RVE para conocer los volúmenes de tráfico e informar la operación de la RVE. La red concesionada tiene registros de peaje históricos por lo que



considerará la información secundaria disponible georreferenciada para alimentar esta sección. El consultor propondrá en su plan de trabajo una propuesta de localización de aforos que debe ser aprobada por el MIT, incluyendo la red bajo administración directa y la red concesionada, si requiere ser validada. Se considerarán dos tipos de estaciones de aforo:

- **Estaciones maestras:** Capturarán la información por 7 días durante 24 horas en una semana típica mediante 25 estaciones. La clasificación por tipología vehicular considerará: i) Automóviles, ii) Buses, iii) Motos iv) Camiones unitarios o ligeros, v) Camiones articulados y vi) Semirremolques.
- **Estaciones específicas:** Capturarán la información por 2 días hábiles, un sábado y un domingo durante 14 horas en una semana típica mediante 75 estaciones. La clasificación por tipología vehicular considerará: i) Automóviles, ii) Buses, iii) Motos y iv) camiones por ejes.

El consultor propondrá en su propuesta la metodología óptima de captura de información sea usando conteos automáticos con mangueras, aforos con cámaras y software o la tecnología disponible; que garantice la calidad técnica para la estimación del TPDA.

### 3.5.6. Evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical

La evaluación del estado de la señalización horizontal y vertical se hará a través de un muestreo de, al menos, el 30% de las señales identificadas en el inventario, estableciendo una calificación cualitativa de su estado de 1 a 5 (siendo 1 un mal estado y 5 un excelente estado). En cada señal evaluada se deberá medir su retroreflectancia.

El consultor incluirá en su propuesta la metodología de captura de esta información y equipos a usar.

### 3.5.7. Activos fijos

La evaluación del estado de los activos fijos se hará a través de un muestreo de, al menos, el 30% de los identificados en el inventario dando una calificación cualitativa de 1 a 5 (siendo 1 un mal estado y 5 un excelente estado). Dada la diversidad de activos fijos se deberá establecer una metodología de calificación para cada uno de sus componentes.

## 3.6. Aplicación móvil de recolección de datos

La aplicación móvil es el núcleo de un sistema eficiente de gestión de activos viales, en particular para apoyar la introducción de datos capturados sobre el terreno. Debe funcionar en todos los módulos con una interfaz sólida basada en mapas. La aplicación móvil debe permitir a los inspectores de campo y a los administradores capturar, gestionar y enviar evaluaciones al SGAV mientras trabajan tanto en línea como fuera de línea.

## 3.7. Sostenibilidad y escalabilidad del SGAV



La sostenibilidad y escalabilidad del SGAV requieren una arquitectura técnica robusta, y de mecanismos claros de responsabilidad institucional que garanticen su operatividad a largo plazo. Para ello, el consultor propondrá mecanismos y roles o funciones que garanticen la sostenibilidad del sistema por parte del MIT de manera que el SGAV trascienda el ciclo de implementación y asegure continuidad operativa en el mediano y largo plazo. La implementación de un plan de actualización de datos periódico (basado en rutinas de inspección, retroalimentación de usuarios y validación técnica) permitirá mantener la vigencia de los indicadores y asegurar que las decisiones se basen en evidencia confiable.

El SGAV deberá establecer una estructura clara de responsabilidad institucional posterior, donde el MIT, encargado de la operación, mantenimiento y toma de decisiones, cuente con atribuciones, recursos, personal y protocolos definidos para gestionar los activos de forma eficiente.

Asimismo, el consultor deberá plantear una estrategia de interoperabilidad entre plataformas de planificación, presupuestación y operación vial que actualmente utilice el MIT; con el fin de que facilite la integración de información transversal, evite duplicidades y promueva la eficiencia institucional. Esta sinergia entre sostenibilidad técnica, escalabilidad operativa y gobernanza institucional fortalecerá la capacidad del SGAV para adaptarse a distintos contextos territoriales y responder a los desafíos de movilidad, resiliencia y equidad.

### **3.8. Almacenamiento de la información**

El Consultor deberá garantizar un sistema de almacenamiento tipo servidor o nube durante la ejecución del contrato, para la protección de la información, tanto en bruto como procesada, de las tareas de relevamiento. En ambos casos la información deberá contar con la suficiente protección que permita ser resguardada hasta tanto sea transferida al MIT.

Si se usara un servidor el mismo deberá contar con las siguientes características de almacenamiento:

- Procesador: Intel o AMD de 4 núcleos a 1,4 MHz o superior.
- Arquitectura de CPU: 64 bits x86 o superior.
- Memoria: 8 GB o superior.
- Formato: En rack.
- Bahías: 8 bahías SATA de 3,5" a 6 Gb/s y 3 Gb/s o superior.
- Discos intercambiables en caliente: Sí.
- Unidades compatibles: 10 TB, 6 Gb/s o superior.
- Número de discos: 8 discos de 10 TB, 6 GB/s, RED o superior.
- Caché de aceleración SSD: Sí.



- Puertos Gigabit Ethernet: 2 puertos.
- Fuente: Redundante de 100-240 V.

Al final de la consultoría, el consultor será responsable de transferir todo el material asociado al SGAV y alojarlo en el servidor habilitado por el MIT.

#### **4. Entregables**

El Consultor será responsable de la entrega, implementación y soporte de un SGAV, incluyendo la recopilación y levantamiento de datos, para la consolidación del inventario y evaluación de la RVE de acuerdo con los requisitos de esta consultoría.

Los entregables se definen a continuación:

##### **4.1. Informe Inicial**

El Consultor deberá elaborar un informe inicial que contendrá como mínimo los siguientes aspectos del plan de trabajo: (i) Metodología y cronograma detallado para cada tarea propuesta, incluyendo recursos técnicos, herramientas y personal dedicado (ii) definición de los tramos en los que llevar a cabo el relevamiento de información descrito en la sección 3.5; (iii) estrategia para el relevamiento de información secundaria; (iv) medidas de mitigación para cada riesgo identificado; y (v) estrategia de coordinación con el MIT para la definición de criterios de análisis, para la evaluación de los activos y; la priorización y análisis de inversiones necesarias en diferentes escenarios para cumplimentar las políticas del MIT.

##### **4.2. Análisis de la situación actual**

El Consultor deberá realizar un informe que contenga el análisis de todas las bases de datos o aplicaciones existentes en el MIT, u otras instituciones gubernamentales (i.e: secretaría nacional de gestión de riesgos) que informen a los diferentes módulos del SGAV para determinar la mejor manera de integrarlas en el nuevo sistema (SGVA). Este entregable debe dar como resultado un plan detallado sobre cómo se integrarán los conjuntos de datos y aplicaciones existentes en el SGVA y cómo se interrelacionarán entre módulos para la toma de decisiones informadas.

##### **4.3. Diseño y configuración de la solución de software**

El consultor deberá proporcionar la arquitectura del SGAV funcional, basado en la nube o local, con todos los módulos requeridos tal y como se describe en la sección 3.4 y detallados en el anexo 1. El SGAV incluirá, al menos:

- Paneles de control personalizables y control de acceso basado en roles.
- Capacidad de integración con el SIG y otras plataformas de terceros, según se requiera.
- Aplicación móvil para la recopilación de datos e inspecciones sobre el terreno (compatible con iOS y Android).



Será aceptable un desarrollo propio diseñado a medida para el MIT o una solución (libre) de mercado. La propuesta técnica deberá indicar como el consultor desarrollará e implementará el software, el otorgamiento de licencias, el tiempo de validez y sus costos asociados.

#### 4.4. Recopilación, migración e integración de datos

- A. El consultor llevará a cabo la migración de los datos sobre activos viales y evaluación existentes de: (i) las vías concesionadas y MPR (información secundaria) proporcionada por el MIT; y (ii) de las vías por administración directa del MIT evaluadas en la sección 4.2 (base de datos) y que contengan información relevante, al SGAV. El consultor asegurará la validación de datos para garantizar su exactitud e integridad.
- B. El consultor asegurará la integración con aplicaciones existentes identificadas en la sección 4.2. Deberán considerarse, entre otros: aplicaciones de recopilación de datos que informen a los diferentes módulos del SGAV. Adicionalmente, el consultor deberá asegurar la integración con los sistemas empresariales existentes (ERP, sistemas financieros, entre otros).

#### 4.5. Inventario de la red vial y mediciones de campo

- A. El consultor deberá llevar a cabo el levantamiento de datos sobre activos viales y evaluación mediante inspecciones de campo, tal y como se describe en la sección 3.5.
- B. El consultor incorporará estos datos al SGAV.
- C. Deberá realizar una primera entrega correspondiente al 40 % en longitud de todas las tareas indicadas en el punto 3.5 para validar la información relevada con el MiT y poder validar los criterios utilizados.

#### 4.6. Implementación y despliegue

El consultor llevará a cabo la instalación, configuración y pruebas del sistema (i.e: (i) pruebas unitarias, (ii) pruebas de integración del sistema; y (iii) pruebas de aceptación del usuario, UAT, entre otros). Durante esta fase, se realizará el despliegue del sistema en un entorno de prueba y producción.

El consultor deberá asegurar que las funcionalidades del SGAV, incorporen la elaboración de informes preconfigurados y personalizables (i.e.: estado de los activos, alertas de riesgo, evaluación comparando al cumplimiento a los requisitos normativos, análisis de riesgos naturales y climáticos, entre otros) que permitan conocer el estado, vulnerabilidad, y seguridad de los activos. Adicionalmente, los informes deben incorporar y permitir:

- Herramientas de análisis predictivo y de apoyo a la toma de decisiones para la priorización del mantenimiento, cuando se solicite y sea aplicable.

#### 4.7. Formación y transferencia de conocimientos



El consultor llevará a cabo un programa de transferencia de conocimiento estructurado para cada módulo desarrollado en el SGAV. El programa, incluirá:

- **Capacitación continua** a ser implementada a lo largo de toda la consultoría para transmitir a funcionarios del MIT las técnicas de relevamiento de cada activo, de procesamiento de la información y de cálculo de distintas variables. Esta capacitación incluirá acompañamiento por parte del MIT al Consultor en cada una de las diferentes etapas descritas para cada uno de los diferentes activos.
- **Módulos específicos de formación** que abarquen todos los aspectos desarrollados en la consultoría, ya sea los vinculados a la toma de datos, la evaluación de los activos viales, el uso de los softwares asociados y a las herramientas de planificación. La capacitación debe permitir la alimentación y actualización de la herramienta por parte de los funcionarios del MIT. Como parte de la capacitación en Consultor transferirá al MIT las fichas, formatos y parámetros para llevar a cabo esta alimentación. La capacitación deberá contener, al menos, un total de 72 horas y debe ser dictado, al menos, a 10 participantes. El consultor entregará material de lectura referenciada a todos los participantes. El Anexo 2 detalla una propuesta mínima de temas a incluir en la capacitación.

Adicional al programa de transferencia de conocimientos, el consultor desarrollará y compartirá con el MIT un manual de usuario debidamente detallado y estructurado en contenido y forma de manera que constituya el material de consulta para personal del MIT.

#### 4.8. Entrega final del proyecto

El consultor deberá elaborar y entregar toda la documentación relativa al SGAV (técnica y operativa); el código fuente (si procede) y credenciales de acceso administrativo.

Adicionalmente, el consultor transferirá el SGAV a los servidores del MIT, completamente funcional.

Finalmente, el consultor elaborará un informe final de aprobación del proyecto que confirme se han cumplido todos los objetivos y funcionalidades esperadas del SGAV.

**Asistencia y mantenimiento:** El consultor deberá proporcionar y asegurar la asistencia técnica al MIT durante tres años tras la implementación. Durante este periodo, el consultor será responsable de:

- Actualizaciones del sistema.
- Mantenimiento anual y nivel de servicio obligatorio para garantizar la calidad y el funcionamiento eficaz de los módulos SGAV.

El MIT definirá previo a la suscripción del contrato al administrador de este, e informará del mecanismo de supervisión.

#### 5. Plazos e hitos



La implementación satisfactoria del SGAV requerirá un calendario estructurado con hitos claramente definidos. El consultor debe proporcionar un plan de implementación detallado que describa las fases clave, los entregables, los plazos y las medidas de mitigación a los riesgos identificados. El calendario propuesto debe ser realista, con períodos de reserva para pruebas y aprobaciones.

### 5.1. Duración total de la consultoría

La duración total del proyecto no excederá los 18 meses a partir de la fecha de suscripción del contrato. El consultor deberá proporcionar un diagrama de Gantt en el que se describan todas las fases y entregables de la consultoría. Los elementos específicos que deben reflejarse en el calendario propuesto por el consultor incluyen, al menos, los siguientes:

- **Riesgo de interfaces:** el proveedor debe identificar los riesgos (i.e.: recopilación de información, dificultades en la migración de datos, integraciones de terceros) y proponer estrategias de mitigación.
- **Reuniones de revisión de hitos:** Se celebrarán al finalizar cada fase.
- **Desarrollo de capacidades y traspaso:** Al finalizar cada módulo y una vez desarrollado completamente el SGAV, se impartirá formación a los funcionarios del MIT para transferencia de conocimientos referentes los productos entregados.
- **Informes de estado semanales/mensuales:** que abarquen las tareas completadas, los próximos hitos y los riesgos acompañados de medidas de mitigación.

Cualquier ajuste en el calendario requiere la aprobación por escrito del MIT.

### 5.2. Hitos clave y resultados esperados

La Tabla 3 presenta un resumen de los hitos clave y el calendario de entrega de los diferentes módulos del SGAV según el calendario de 18 meses para la ejecución de las actividades. Este calendario incluye el tiempo necesario para la recopilación y la carga de datos para todo el sistema SGAV.

Hito	Descripción	Cumplimiento del hito*	% de pago
<b>1. Informe Inicial</b>	Tal y como se describe en el numeral 4.1	2 semanas	15%
<b>2. Análisis de la situación actual</b>	Tal y como se describe en el numeral 4.2	6 semanas	5%
<b>3. Diseño y configuración del sistema</b>	Tal y como se describe en el numeral 3.4 y 4.3	5 meses	20%



Hito	Descripción	Cumplimiento del hito*	% de pago
<b>4. 40 % de la longitud relevada del Inventario de la red vial y mediciones de campo</b>	Tal y como se describe en el numeral 3.5 y 4.5	6 meses	10%
<b>5. Recopilación, migración e integración de datos</b>	Tal y como se describe en el numeral 4.4	7,5 meses	10%
<b>6. Inventario de la red vial y mediciones de campo completo</b>	Tal y como se describe en el numeral 3.5 y 4.5	12 meses	15 %
<b>7. Implementación y despliegue</b>	Tal y como se describe en el numeral 4.6	14 meses	5%
<b>8. Formación y transferencia de conocimientos</b>	Tal y como se describe en el numeral 4.7	17 meses	5%
<b>9. Documentación de entrega final de proyecto</b>	Tal y como se describe en el numeral 4.8	18 meses	15%

\*desde el día hábil siguiente a la firma del Contrato.

Para poder aprobar un entregable determinado se deben aprobar todos los entregables anteriores

\*\* La información primaria recopilada debe ser validada por el MIT previo su incorporación en el SGAV como línea base

Tabla 3 Hitos clave

## 6. Personal Clave

El consultor asegurará personal competente durante todo el periodo de esta actividad, asegurando capacidad para ejecutar los servicios y tareas establecidas en estos Términos de Referencia. El consultor es responsable de determinar el número de horas/personal necesario para la ejecución satisfactoria de la consultoría. Todo el personal propuesto deberá dominar el idioma escrito y hablado del contrato, que es el español. El consultor incluirá, entre otros, los profesionales clave que se presentan en la Tabla 4. Se destaca la importancia de contar con un jefe de proyecto y especialista RAMS con experiencia previa significativa en el contexto ecuatoriano.

ID	Personal clave Puesto	Cualificaciones	Experiencia
----	--------------------------	-----------------	-------------



ID	Personal clave Puesto	Cualificaciones	Experiencia
1	<b>Project manager</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Título universitario de grado en Ingeniería Civil y título de maestría en ingeniería con énfasis en vías, transporte y/o pavimentos</li><li>• Certificación o especialidad en gestión de proyectos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 15 años de experiencia total (mínimo)</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> 8 años de experiencia (mínimo) como jefe de proyecto con experiencia en proyectos similares, con actividad laboral en Ecuador y 2 proyectos (mínimo) en desarrollo de sistemas relacionados con la gestión de activos viarios o la gestión del mantenimiento de carreteras o la preparación de planes anuales de mantenimiento de carreteras.</li></ul>
2	<b>Especialista en gestión de activos viales</b>	Título universitario de grado en Ingeniería Civil y título de maestría en ingeniería con énfasis en vías, transporte y/o pavimentos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 10 años de experiencia total (mínimo)</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 5 años como especialista en estudios de gestión de carreteras y participación 2 proyectos (mínimo) con duración de 1 año al menos relacionados con la preparación y revisión de manuales de activos viales (manuales de inspección, manuales y directrices de mantenimiento, especificaciones de reparación, etc.) con experiencia laboral en centro y Suramérica.</li></ul>
3	<b>Especialista en pavimentos</b>	Título universitario de ingeniería civil con un máster especializado en ingeniería de materiales para pavimentos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 8 años de experiencia total (mínimo)</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 3 años como especialista en la gestión de activos viales, por ejemplo, HDM4 o similares. Participación en al menos 3 proyectos de al menos 1 año relacionados con aspectos de pavimentos que contengan planificación de intervenciones con aplicación de modelos de deterioro.</li></ul>
4	<b>Especialista en tránsito</b>	Título universitario de ingeniería civil especializado en ingeniería de tránsito y/o transporte.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 8 años de experiencia total (mínimo).</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 3 años como especialista en tránsito y estudios de demanda para carreteras. Participación en al menos 3 proyectos de estimación de demanda por 1 año.</li></ul>



ID	Personal clave Puesto	Cualificaciones	Experiencia
5	<b>Especialista en diseño de puentes</b>	Título universitario de ingeniería civil especializado en estructuras y/o diseño de puentes.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 8 años de experiencia total (mínimo)</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 3 años como especialista en estructuras y/o diseño de puentes. Participación en al menos 3 proyectos con inspección estructural y planificación de rehabilitaciones.</li></ul>
6	<b>Especialista en hidráulica</b>	Título universitario de ingeniería civil especializado en estructuras hidráulica o hidrología.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 8 años de experiencia total (mínimo)</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 3 años como especialista hidráulica o hidrología. Participación en proyectos que contengan aspectos vinculados a diseños hidráulicos para uso vial, drenajes y estructuras de contención.</li></ul>
7	<b>Especialista en Sistemas de Información Geográfica</b>	Título universitario de ingeniería civil, geógrafo, arquitecto, topógrafo o afines con especialidad en sistemas de Información Geográfica (SIG).	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 8 años de experiencia total (mínimo)</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 3 años de experiencia en el manejo de información geográfica con participación en 2 proyectos de por lo 1 año haciendo uso y software SIG de pago y/o código abierto.</li></ul>
8	<b>Ingeniero programador senior</b>	Título universitario mínimo en ingeniería informática, ciencias de la computación o campo relacionado.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Experiencia general:</b> 8 años de experiencia total (mínimo).</li><li>• <b>Experiencia específica:</b> al menos 3 años de experiencia en el desarrollo de aplicaciones web integradas con SIG, módulos de gestión de activos o información de bigdata relacionada con tránsito, transporte, urbanismo o carreteras. Y participación en 2 proyectos (mínimo) relacionados con arquitectura cliente-servidor y base de datos relacional.</li></ul>

Tabla 4 Personal clave

El consultor debe incorporar en su propuesta el personal de campo propuesto, incluyendo el coordinador de campo; equipo de programadores; y apoyo pedagógico a la preparación de las capacitaciones, sin embargo, estos perfiles no hacen parte del equipo clave.

## 7. Anexos

Anexo 1. Requisitos funcionales y no funcionales detallados y consideraciones sobre innovación.



## A. Requisitos funcionales

### 1. Inventario de la red vial

Requisitos funcionales clave:

Estructura del inventario de la red vial

El sistema debe definir las carreteras jerárquicamente de la siguiente manera:

Enlaces de carreteras

- Cada carretera se divide en enlaces basados en:
  - Las intersecciones con otras carreteras provinciales.
  - Los límites de los cantones y parroquias.
  - Cambios en el tipo de carretera (pavimentada/sin pavimentar).
  - Cambios en los niveles de tráfico debido a diferentes estructuras de pavimento.
- Atributos de los tramos: los tramos deben tener como mínimo los siguientes atributos:
  - Descripciones de inicio y fin (por ejemplo, «Desde el nodo X al nodo Y»).
  - Kilómetros de inicio y fin (cadena).
  - Tipo de carretera (pavimentada/sin pavimentar), tipo de pavimento (rígido, flexible, etc.) y condiciones del pavimento.
  - Clasificación funcional.
  - Número de ruta.
  - Cantón y parroquia.

### Nodos

- Definidos en las intersecciones de las carreteras provinciales.
- Sirven como estaciones manuales de recuento de tráfico para optimizar la recopilación de datos.
- Deben seguir un sistema de numeración estandarizado.

### Segmentos

- Subdivisiones de enlaces para evaluaciones visuales del estado.
- La longitud de los segmentos debe ser configurable.

### Estado del proyecto

- Enumerar el estado del proyecto, incluyendo, entre otros:
  - Proyectos actualmente en construcción.



- Proyectos en fase de diseño.
- Proyectos en fase de entrega, etc.
- Enumere los proyectos priorizados:
- Proyectos destinados a mantenimiento inmediato por categoría de mantenimiento.
- Planificación plurianual del mantenimiento por categoría de mantenimiento.

### **Integración geoespacial**

El módulo de inventario vial debe estar georreferenciado siguiendo las directrices nacionales del Instituto Geográfico Militar (IGM) para la georreferenciación de la cartografía en Ecuador. Estos datos SIG deben estar vinculados a todos los atributos recopilados para el módulo, a fin de permitir el análisis estadístico y visual del inventario de la red vial junto con los activos asociados. El componente geoespacial debe tener las siguientes funcionalidades:

- Plataforma dinámica basada en SIG para actualizaciones en tiempo real.
- Compatibilidad con la recopilación de datos basada en GPS (encuestas móviles/de campo).
- Capacidad para vincular un elemento de la carretera con datos y metadatos adicionales, como la pendiente de la carretera, la pendiente del terreno, la geología, las precipitaciones anuales, la jurisdicción, la antigüedad, etc.

### **Gestión de datos y presentación de informes**

Se requiere la siguiente funcionalidad de gestión de datos y generación de informes.

#### **Informes estadísticos automatizados**

- Longitud de las carreteras por tipo (pavimentadas/sin pavimentar) y estado.
- Distribución de la clasificación de las carreteras.
- Resúmenes de carreteras provinciales.
- Cualquier informe adicional que requiera el MIT.

#### **Funcionalidad de exportación**

- Los formatos de exportación requeridos incluyen, entre otros, Excel, Shapefile y PDF.

### **Gestión de datos y presentación de informes**

- Se debe realizar un seguimiento de cualquier cambio en los elementos de la red vial y el mobiliario/activos asociados.

### **Acceso de usuarios y flujo de trabajo**

**Se debe implementar una gestión estricta del acceso de los usuarios, que incluye:**



- Control de acceso basado en roles (por ejemplo, recopiladores de datos, administradores de SGAV).
- Autoridad de actualización de un solo punto (consultor SGAV/gestor de programas).
- Flujo de trabajo de aprobación de los cambios propuestos para garantizar la integridad de los datos.

### **Integración con otros sistemas**

El inventario vial debe interactuar con:

- Sistema de gestión de pavimentos (SGP): datos sobre el estado por segmento.
- Sistema de recuento de tráfico: datos de tráfico basados en nodos e indicadores de tráfico.
- Sistema de gestión del mantenimiento: planificación del trabajo basada en el inventario (si es necesario).
- Datos SGAV del cantón/parroquia: incorporar los informes sobre el estado de las carreteras presentados por el cantón.
- Proyectos en curso y proyectos prioritarios.
- Módulo de evaluación de riesgos (descrito en la sección 3.3.2)

## **2. Módulo de evaluación de riesgos**

Este módulo se utilizará para visualizar el consolidado de información sobre la resiliencia de la infraestructura vial de Ecuador (que el MIT pondrá a disposición del consultor para su integración en el SGAV). Estos resultados se integrarán en forma de capas SIG, en relación con la red vial de Ecuador. Además, el módulo deberá permitir la actualización periódica de los mapas de peligros, vulnerabilidad y riesgos generados por las entidades encargadas de cada uno en Ecuador (INAMHI, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional e Instituto Geográfico Militar, entre otros). Por otra parte, este módulo integrado espacialmente permitirá al MIT identificar los puntos críticos de riesgo dentro de la RVE e identificar las áreas prioritarias para las intervenciones/inversiones con el fin de garantizar la resiliencia de la RVE

### **Requisitos funcionales clave:**

#### **Estructura de la información sobre riesgos**

El módulo debe categorizar la información del riesgo en sus tres componentes de manera separada: Amenazas, exposición y vulnerabilidad.

#### **Amenazas**

- Las amenazas tendrán dos sub-categorías según su origen y deberán incluir todos los fenómenos que puedan afectar al territorio ecuatoriano incluyendo los períodos de retorno disponibles y, en el caso de los peligros climáticos, para horizontes temporales y escenarios climáticos por:



- Climáticas u océano-atmosféricas al presente y por escenarios futuros
  - Inundaciones fluviales
  - Inundaciones pluviales
    - avalanchas
  - Inundaciones costeras
  - Incremento del nivel del mar
  - Movimientos en masa disparados por lluvia
  - Incendios
  - Sequía
  - Temperaturas extremas (calor)
- Geológicas o geológico/gravitacionales para diferentes períodos de retorno.
  - **Terremotos**
  - **Tsunamis**
  - **Erupciones volcánicas**
  - **Movimientos en masa de origen geológico**
    - **Gravitacionales**
    - **Disparados por terremotos**
    - **Disparados por actividad antrópica**

La información sobre amenazas se alimentará en principio con los mapas digitales de amenaza entregados por el Banco Mundial como parte de su apoyo al MIT para mejorar la resiliencia de la RVE frente a los fenómenos naturales, pero deberá ser complementada con otra información disponible en las instituciones nacionales o internacionales especializadas en el estudio de las amenazas naturales o socio-naturales.

Otras capas con información georreferenciada complementaria descriptivas de las características naturales y físicas del entorno también serán parte de la información a ser incluida en el paquete de las amenazas, a saber:

- Modelo digital del terreno con una resolución de 5 metros o menos
- Mapas de pendiente
- Mapas geológico nacional y a escalas mayores
- Mapas de suelos
- Mapas de uso de suelo
- Mapas de precipitación pluvial anual a nacional y mayores



- Mapas de susceptibilidad de:
  - Inundaciones
  - Deslizamientos
    - Gravitacionales
    - Por lluvia
    - Por sismo

El módulo debe tener la capacidad para vincular un elemento de la carretera con los datos geoespaciales de la amenaza y los datos y metadatos adicionales provenientes de esta información relacionada, como la pendiente de la carretera, la pendiente del terreno, la geología, las precipitaciones anuales, la susceptibilidad a deslizamientos, etc.

### **Exposición a amenazas naturales**

La georeferenciación y los atributos de cada uno de los bienes de la RVE recogidos en el inventario de la red vial y en los módulos de pavimento, puentes señalización, activos fijos y demás, permitirán determinar la exposición de dichos bienes al impacto de las amenazas. Para ello, el módulo de evaluación de riesgos deberá tener total interoperabilidad con el resto de módulos del SGAV.

### **Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad será específica para cada uno de los bienes viales principales –en especial puentes, alcantarillas y segmentos de carretera.

El módulo de riesgos permitirá establecer una puntuación de vulnerabilidad basada en el estado de los activos viarios cuya metodología deberá ser incorporada por el oferente ganador a partir de la información disponible en el MIT en temas referentes a la resiliencia de la RVE.

### **Vinculación con el inventario de la red vial**

El módulo de evaluación de riesgos debe estar vinculado al inventario de la red vial para mostrar:

- La exposición de las carreteras en riesgo por fenómenos naturales y por los relacionados con el cambio climático.
- Los factores viales influenciados por los riesgos identificados, por ejemplo, las normas de diseño de carreteras, los modelos de deterioro, las normas de mantenimiento, etc.

El módulo de evaluación de riesgos se constituirá además como el repositorio de la información del impacto de los diversos fenómenos naturales sobre las carreteras nacionales para lo cual

- El sistema deberá almacenar y proporcionar acceso a los registros de eventos naturales que hayan afectado a la RVE generados por el MIT, la Secretaría



Nacional de Gestión de Riesgos (SNGRE) u otras fuentes de información calificada. Los registros deberán estar ubicados geoespacialmente y describirán:

- El fenómeno natural que causa el impacto, incluyendo la cuantificación de los productos resultantes del fenómeno (masas, volúmenes, velocidades, alturas, alcance, etc.)
- Impacto físico en la infraestructura.
- Impacto en la funcionalidad del sistema

Cualquier resultado generado a partir de la realización de una evaluación externa detallada de riesgos y vulnerabilidades o cualquier otra evaluación deberá estar espacialmente referenciada y se integrarán al módulo.

Las capas SIG resultantes deberán cargarse en el SGAV para crear una vista espacial del riesgo en relación con la red de carreteras para la planificación y la determinación de nuevas intervenciones y proyectos.

### **Funcionalidad de mapeo**

Al igual que el resto de la aplicación SGAV, este módulo debe incorporar capacidades SIG. Las siguientes funcionalidades de mapeo son necesarias para el módulo de evaluación de riesgos.

- Creación y edición de archivos de capas SIG (polígono, punto o línea).
- Formulario que permite introducir información relacionada con las capas que se están creando. Si se cancela el formulario, la capa también debe eliminarse/borrarse. El formulario detallado debe permitir la edición o eliminación de datos.
- Permitir reordenar/reorganizar las capas. Las capas que se encuentran en la parte superior de la lista se dibujan por encima de las que están debajo. Arrastrar una capa para colocarla en un orden diferente en la lista. Activar y desactivar las capas para controlar su visibilidad.
- Colorear las capas según su prioridad.

### **Requisitos geoespaciales**

- Capacidad para crear capas: polígono, punto o línea.
- Capacidad para cargar otras fuentes de datos SIG, como datos censales, instalaciones críticas, carreteras, sensibilidad medioambiental, ríos, presas, distritos, etc.
- Capa de identificación de peligros: puntos/polígonos capturados sobre el terreno en un formulario de evaluación móvil (evaluación de identificación de peligros).
- Mapas de peligros u otras vistas calculadas específicas para el Índice de Condición Visual por segmento.

### **Requisitos de integración**



El módulo debe integrarse mediante el intercambio de datos y el uso de API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) con:

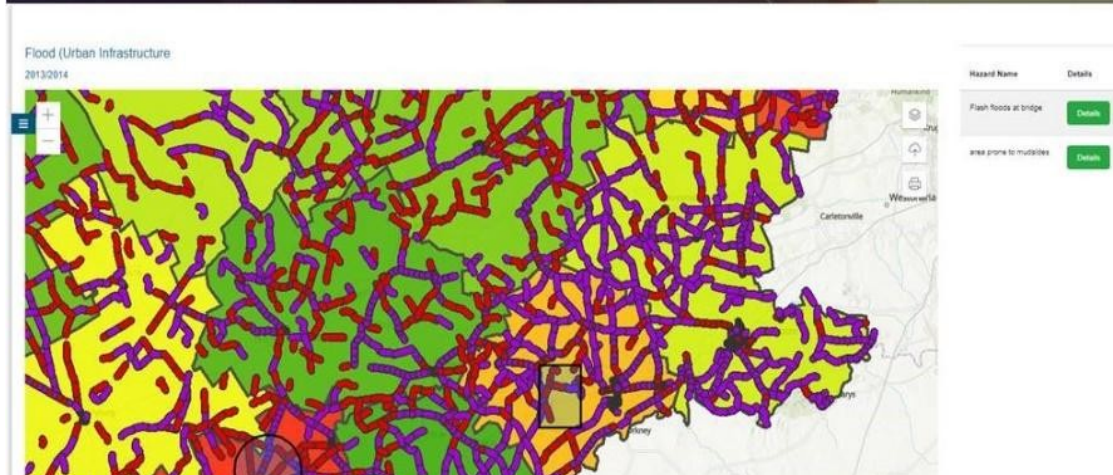
- El inventario de activos existente del MIT (SIGIT, SICAR).
- Las plataformas SIG nacionales (SNI, IGM).
- Sistemas de monitoreo climático (INAMHI, NOAA).
- Sistemas de monitoreo de terremotos, volcanes y tsunamis (IG-EPN, INOCAR).
- Registro de eventos peligrosos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGRE) y boletines mensuales de interrupciones relacionadas con las carreteras del MIT.
- Sistemas de respuesta a emergencias (ECU 911).

### Cumplimiento y normas

- Normativa ecuatoriana (MIT, INEN, SENAGUA, SNGRE, NEC-2015).
- Normas internacionales (ISO 31000).
- Reducción del riesgo de desastres (Marco de Sendai, ODS de las Naciones Unidas).

### Ejemplo de capas

<b>FLASH FLOOD</b>												
Hazard Name:	Bridge over Weza River											
Hazard Score	7											
Affected Area												
Probability												
Frequency												
Predictability												
Magnitude/Severity												
Vulnerability Score	6											
Societal												
Economic												
Environmental												
Critical Facilities												
Capacity to Cope Score	5											
Awareness												
Legislative Framework												
Early Warning Systems												
Government Response												
Government Preparation												
Existing Risk Reduction Measures												
Public Participation Measures												
Municipal Management Capabilities												
<a href="#">Copy</a> <a href="#">Excel</a> <a href="#">PDF</a>												
		<table border="1"> <tr> <td>Hazard Type</td> <td>Floods</td> </tr> <tr> <td>Hazard Name</td> <td>Bridge over Weza River</td> </tr> <tr> <td>Description</td> <td>Floods regularly</td> </tr> <tr> <td>Comments</td> <td>Children can't get to school, limited access for public transport or vehicles and emergency vehicles to the community</td> </tr> <tr> <td>Photo</td> <td> </td> </tr> </table>	Hazard Type	Floods	Hazard Name	Bridge over Weza River	Description	Floods regularly	Comments	Children can't get to school, limited access for public transport or vehicles and emergency vehicles to the community	Photo	
Hazard Type	Floods											
Hazard Name	Bridge over Weza River											
Description	Floods regularly											
Comments	Children can't get to school, limited access for public transport or vehicles and emergency vehicles to the community											
Photo												



### 3. Módulo del sistema de información de tráfico

El consultor desarrollará e implementará un sistema de información de tráfico capaz de procesar, almacenar y analizar datos de recuento de tráfico con el fin de comprender la criticidad relativa de los diferentes enlaces. El sistema integrará datos de recuentos de tráfico manuales y recuentos de tráfico electrónicos automáticos, realizados en nodos designados a lo largo de la red nacional de carreteras de Ecuador, que el consultor deberá proporcionar al MIT como parte del desarrollo de este módulo. Este módulo servirá como repositorio central de todos los datos de recuento de tráfico recopilados, ya sean obtenidos mediante métodos automáticos (por ejemplo, a través de peajes) o manuales, junto con los datos históricos de tráfico disponibles.

#### Requisitos funcionales clave:

##### Gestión de datos

- Todos los recuentos de tráfico se asignarán de forma única a segmentos de carretera utilizando referencias lineales y espaciales.



- El sistema almacenará y proporcionará acceso a los datos históricos de recuento de tráfico.

### **Programación y clasificación del recuento de tráfico**

- Los recuentos manuales clasificarán los vehículos en vehículos ligeros, vehículos pesados, autobuses y taxis (según las tablas de clasificación especificadas). Las categorías de clasificación de vehículos deben ser configurables.
- La aplicación debe permitir la captura de datos de recuento de tráfico para diferentes clases de carreteras (electrónicas o manuales).

### **Análisis de la tasa de crecimiento e informes de tendencias**

- El sistema facilitará las comparaciones interanuales para obtener tasas de crecimiento del tráfico realistas por cada posición de recuento.
- Las tasas de crecimiento se almacenarán en una base de datos central y serán accesibles para su análisis.
- El módulo debe incluir paneles integrados para proporcionar visualización de tendencias e informes analíticos.

### **Integración y accesibilidad**

- Todas las funciones deben ser accesibles a través de la plataforma SGAV. Esto incluye la visualización, edición y eliminación de datos de recuento de tráfico.
- Todas las acciones realizadas en el módulo deben registrarse y deben basarse en funciones, con ciertas acciones restringidas solo a determinados usuarios.
- El sistema debe permitir la carga manual y la visualización de los datos de recuento de tráfico a través del portal SGAV y/o mediante la integración con una aplicación móvil.

### **Resultados requeridos del sistema:**

Este módulo debe generar, entre otros, los siguientes resultados:

#### **Informes detallados de recuento de tráfico por estación**

- Uso actual de la red de carreteras (expresado en kilómetros recorridos por vehículos en carreteras pavimentadas y de grava) en formato tabular y gráfico
- Tendencias en la tasa de crecimiento del tráfico en toda la red
- Datos compatibles con SIG para la visualización de mapas de carreteras
- Volúmenes de tráfico previstos para todos los enlaces viarios

#### **4. Módulo del sistema de gestión del pavimento**

El módulo del sistema de gestión de pavimentos estará diseñado para optimizar la gestión del ciclo de vida de las carreteras.



### Requisitos funcionales clave:

#### Recopilación y gestión de datos

##### Captura de datos de inspección visual del pavimento

- Debe admitir la recopilación digital utilizando las normas de evaluación visual prescritas establecidas en Ecuador.
- Capacidad para registrar:
  - Defectos superficiales
  - Niveles de severidad (bajo, medio, alto) y extensión (% del área afectada)
  - Estado de los bordes y los arcenes
- Funcionalidad de aplicación móvil para inspectores de campo con:
  - **Capacidad de recopilación de datos sin conexión**
  - **Documentación fotográfica con etiquetado GPS**
  - **Herramientas automatizadas de medición de defectos**

##### Técnicas de recopilación de datos automatizadas y basadas en máquinas (niveles más altos de madurez de SGAV)

- El sistema debe aceptar y procesar datos de:
  - Deflectómetro de impacto (FWD), o equivalente, para la capacidad estructural.
  - Mediciones de rugosidad (IRI en m/km).
  - Las mediciones de la profundidad del ahuellamiento (mm).
  - Mediciones del estado superficial del pavimento.
  - Características de las diferentes capas de la estructura del pavimento
  - Mediciones de macrotextura (por ejemplo, técnicas volumétricas como la prueba de la mancha de arena o similares, o mediante técnicas perfilométricas como el CTmeter, el escáner de textura láser (LTS) y los perfilómetros láser de alta velocidad).
  - Medición de la resistencia al deslizamiento medida con SCRIM, MU METER, péndulo británico o equipo equivalente.
- El sistema debe permitir la importación desde formatos de estudio comunes (CSV, XML).
- Debe contar con reglas de validación de datos para señalar valores atípicos/errores.



## **Análisis y calificación del estado**

**El sistema debe realizar evaluaciones automáticas del estado que incluyan, entre otras cosas:**

- Cálculo del índice de estado del pavimento (PCI). (Metodología descrita en la norma ASTM D6433-07). El cálculo del PCI se basa en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento, que establece la clase, Severidad y cantidad de cada tipo de daño presente.
- Índice de estado estructural (SCI) basado en datos de deflexión
- Índice de calidad de rodadura (RQI) a partir de mediciones de rugosidad

## **Modelización del deterioro**

- Análisis de series temporales de datos históricos sobre el estado
- Modelos predictivos que tienen en cuenta:
  - Carga de tráfico (ESA)
  - Factores climáticos (precipitaciones, temperatura)
  - Propiedades del material
  - Historial de mantenimiento
- Capacidad para calibrar modelos con datos locales

## **Selección del tratamiento para la determinación de las necesidades técnicas**

### **Reglas de selección/desencadenantes para intervenciones de mantenimiento**

- Algoritmos basados en reglas alineados con las directrices de mantenimiento, concretamente las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes MOP 001- F 2002.to, entre las que se incluyen:
  - Preventivas o periódicas, (sellados, recubrimientos finos, micropavimentos)
  - Rehabilitación (recubrimientos estructurales, bacheos mayor o menor, y sellado de grietas)
  - Reconstrucción
- Estimaciones de costes por tipo de tratamiento (\$/km)

### **Algoritmos de optimización**

- Análisis multicriterio teniendo en cuenta:
  - La urgencia del estado
  - Volumen de tráfico
  - Jerarquía de carreteras

## **Planificación y previsión presupuestaria**



- Herramientas de análisis de escenarios
- Capacidad para modelar múltiples escenarios presupuestarios (bajo/medio/alto)
- Condición prevista de la red en cada escenario
- Consecuencias del mantenimiento diferido
- Impacto en los costos operativos de los vehículos

### Planificación actual y plurianual

- Generación de planes de mantenimiento actuales y plurianuales
- Listas de proyectos priorizados con:
  - Tratamientos recomendados
  - Costes estimados
  - Ampliación prevista de la vida útil
- Opciones de fases para equilibrar el presupuesto
- Análisis del costo del ciclo de vida (LCCA): El LCCA proporciona un enfoque estructurado para evaluar el costo total de las inversiones en pavimentación a lo largo de su vida útil, lo que permite a los responsables de la toma de decisiones elegir las estrategias de mantenimiento y rehabilitación más rentables, sostenibles y orientadas al rendimiento. El componente LCCA proporcionará una herramienta para la toma de decisiones sobre el gasto presupuestario y la gestión de activos. Esto permitirá aplicar divisiones presupuestarias entre gastos de capital (CAPEX), gastos de explotación (OPEX) y gastos de mantenimiento, mejora y conservación (MEP).

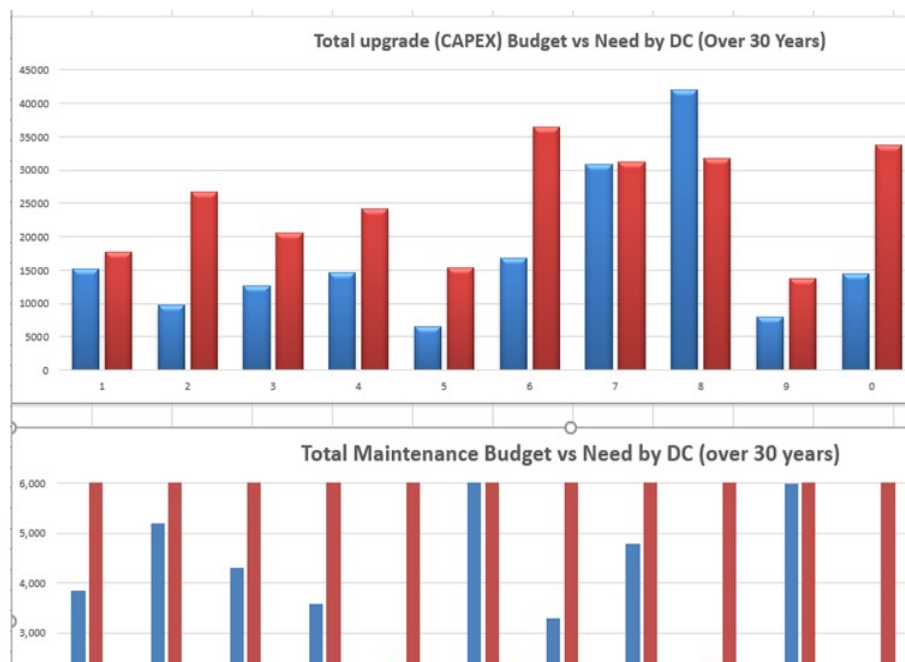


Figura 5 Ejemplo de resultado de un LCCA



## Informes y visualización

### Informes estándar

- Formato del Plan de Gestión de Activos Viales (RAMP)
- Informes resumidos del estado por:
  - Clase de carretera
  - Cantón/Parroquia
  - Tipo de superficie
- Informes de mantenimiento atrasado
- Informes de necesidades presupuestarias

### Visualización avanzada

- Cartografía GIS interactiva con:
  - Mapas de calor de condiciones
  - Planes de tratamiento
  - Asignaciones presupuestarias
- Panel de control con indicadores clave de rendimiento:
  - % de la red en buen/aceptable/mal estado
  - Utilización del presupuesto
  - Eficacia del tratamiento

### Requisitos de integración del sistema

#### Interoperabilidad de datos

- Integración bidireccional con los módulos pertinentes (por ejemplo, el módulo de inventario de la red vial)
- Compatibilidad con formatos GIS comunes (archivos shapefiles, GeoJSON)
- API para la integración con:
  - Sistemas de gestión financiera
  - Sistemas de gestión del trabajo
  - Bases de datos de recuento de tráfico

#### Acceso de usuarios y seguridad

- Roles jerárquicos de usuario con:
  - Inspectores de campo (introducción de datos)



- Ingenieros (análisis)
- Gerentes (informes)
- Administradores (configuración del sistema)
- Registros de auditoría para todos los cambios de datos

## 5. Módulo del sistema de gestión de puentes

El Consultor deberá desarrollar e implementar el Módulo del Sistema de Gestión de Puentes (SGP) como parte del Sistema de Gestión de Activos Viales (SGAV), orientado a la gestión integral de puentes, alcantarillas principales (box culvert) y estructuras asociadas de la Red Vial Estatal (RVE).

El módulo deberá integrar el inventario, evaluación, monitoreo y priorización de intervenciones, bajo un enfoque de gestión de activos y en concordancia con metodologías internacionales, incluyendo AASHTO MBEI, AASHTO MBE y AASHTO CSDIM.

El sistema deberá gestionar información georreferenciada y actualizada, proveniente de inspecciones y evaluaciones estructurales, permitiendo la determinación de la condición, desempeño y criticidad de las estructuras, mediante enfoques basados en elementos y estados de condición.

Asimismo, deberá incorporar herramientas para la priorización y programación de intervenciones, considerando criterios técnicos, de riesgo y niveles de servicio, optimizando la asignación de recursos.

El módulo deberá ser interoperable con el SGAV, escalable, trazable y orientado a la generación de reportes y soporte a la toma de decisiones a nivel técnico y operativo.

### Componentes básicos del módulo

- Inventario de puentes, alcantarillas principales (box culvert) y estructuras asociadas, que contenga sus principales características geométricas, estructurales, funcionales y de localización.
- Procedimiento de inspección para identificar, clasificar y cuantificar defectos, basado en metodologías por elementos conforme a AASHTO MBEI y AASHTO CSDIM, y alineado a las directrices del MIT para inspección de puentes.
- Determinación del presupuesto en función de intervenciones prioritarias de mantenimiento, rehabilitación o reemplazo, así como la previsión presupuestaria multianual.

### Resultados clave

- Estadísticas actualizadas del inventario de la red de puentes y alcantarillas principales (tablas, gráficos y salidas GIS).
- Estado actual de las estructuras, determinado a partir de inspecciones principales y evaluación por elementos (Condition States).



- Identificación de necesidades de mantenimiento y rehabilitación a corto, mediano y largo plazo.
- Determinación de necesidades de inspecciones especiales en función de criticidad, riesgo y condición estructural.

### Requisitos funcionales clave

#### Gestión del inventario

#### Captura de datos

- Registro de atributos estructurales para:
  - Puentes: longitud de vano, tipología estructural, materiales, capacidad de carga, año de construcción y gálibo.
  - Alcantarillas: dimensiones, configuración, material y capacidad hidráulica.
  - Muros de contención/pórticos: altura, material y tipología estructural.
- Georreferenciación mediante coordenadas GPS.
- Importación masiva de datos de inventario existentes (formatos Excel, CSV y GIS).

#### Sistema de clasificación

- Categorización de estructuras por:
  - Tipo (puente, alcantarilla, pasarela, muro).
  - Clase funcional.
  - Categoría de riesgo, en función del tránsito, importancia estratégica y criticidad.

#### Gestión de inspecciones

#### Recopilación de datos en campo

- Aplicación móvil que incluya:
  - Captura de datos en modo offline.
  - Registro de defectos mediante evaluación por elementos (Condition States).
  - Documentación fotográfica georreferenciada con marca de tiempo.
  - Herramientas de croquis para mapeo de deterioros.

#### Protocolos de inspección

- Aplicación de metodologías basadas en elementos conforme a AASHTO MBEI y AASHTO CSDIM, alineadas a las directrices del MIT.
- Soporte para:
  - Inspecciones rutinarias.



- Inspecciones principales.
- Inspecciones especiales (posteriores a eventos o emergencias).
- Programación automatizada de inspecciones.
- Evaluación del estado

### **Sistema de calificación**

- Determinación del índice de condición estructural (BCI u otro equivalente basado en elementos).
- Cuantificación del deterioro mediante estados de condición (Condition States), considerando:
  - Severidad del daño.
  - Extensión del deterioro (% afectado).
  - Impacto estructural y funcional.
  - Urgencia de intervención.

### **Análisis estructural**

- Integración con:
  - Evaluación de capacidad de carga conforme a AASHTO MBE.
  - Análisis de capacidad hidráulica en alcantarillas.
  - Evaluación de vulnerabilidad sísmica, cuando aplique.

### **Planificación del mantenimiento**

#### **Priorización de intervenciones**

- El sistema deberá permitir la priorización automatizada en función de:
  - Índices de condición.
  - Impacto en la operación vial.
  - Riesgos de seguridad.
  - Restricciones presupuestarias.

#### **Repositorio de intervenciones**

- Base de datos de soluciones de mantenimiento estandarizadas, que incluya:
  - Costos unitarios referenciales.
  - Incremento de vida útil esperado
  - Requerimientos técnicos y de materiales.

### **Gestión presupuestaria**



### Modelación de escenarios

- Generación de escenarios presupuestarios a 5, 10 y 20 años que incluyan:
  - Evolución del estado de la red.
  - Acumulación de mantenimiento diferido.
  - Impacto de limitaciones de financiamiento.

### Estimación de costos

- Determinación de:
  - Valor de reposición.
  - Valor depreciado.
  - Costos de mantenimiento por unidad de longitud o por estructura.

### Reportes e indicadores

#### Reportes estándar

- Resúmenes de inventario por tipo, estado y ubicación.
- Mapas temáticos de condición (integración GIS).
- Reportes de mantenimiento diferido.
- Requerimientos presupuestarios.

#### Reportes personalizados

- Generación de reportes ad hoc con:
  - Configuración de variables y campos.
  - Visualización mediante gráficos y tablas.
  - Exportación en formatos PDF y Excel.

#### Integración del sistema

- Sincronización bidireccional de datos con los módulos del SGAV.
- Validación automática de información.
- Integración con sistemas GIS.
- Generación de cartografía temática de:
  - Estado de condición.
  - Categorías de riesgo.
  - Programación de intervenciones.

## 6. Módulo del sistema de gestión de señales de tráfico



El sistema de gestión de señales de tráfico proporcionará una solución integral para la gestión del inventario, la evaluación del estado y la planificación del mantenimiento de todos los activos de señalización vial. El sistema debe integrarse con la infraestructura SGAV existente y admitir la recopilación de datos sobre el terreno a través de aplicaciones móviles. El módulo debe cumplir las normas especificadas en RTE INEN 004-2:2011 y NTE INEN 1042.

### **Requisitos funcionales clave:**

#### **Recopilación de datos y gestión de inventarios**

##### **Captura de datos de campo**

- Aplicación móvil con:
  - Capacidad de recopilación de datos sin conexión
  - Sincronización automática cuando se restablece la conectividad
  - Captura de coordenadas GPS (entrada manual o selección en el mapa)
  - Documentación fotográfica con:
    - Marca de tiempo y geotiquetado
    - Validación de la calidad de la imagen (requisitos mínimos de resolución)
  - Compatibilidad con múltiples tipos de señales:
    - Normativas (stop, ceda el paso, límites de velocidad)
    - Advertencia (curvas, pasos de peatones)
    - Guía (direccionales, marcadores de distancia)
    - Temporales (obras, desvíos)
  - Retrorreflectividad Medición: La captura de campo debe prever la captura de mediciones de retrorreflectividad mediante el uso de retrorreflectómetros.

##### **Introducción de datos basada en web**

- Entrada directa a través de la plataforma web SGAV:
  - Ubicación de señales basada en direcciones o coordenadas
  - Interfaz de mapa interactivo para la verificación de la posición
  - Funcionalidad de importación/exportación masiva (formatos CSV, Excel)

##### **Captura de atributos de señales**

- Campos de datos completos que incluyen, entre otros:
  - Tipo y clasificación de la señal
  - Dimensiones y materiales



- Mediciones de retrorreflectividad
- Fecha de instalación y vida útil prevista
- Estructura de soporte (tipo de poste, cimentación)
- Propiedad/responsabilidad (provincial/municipal)

### **Integración SIG y análisis espacial**

#### **Capacidades de cartografía: se requiere la siguiente funcionalidad.**

- Interfaz web GIS interactiva que muestre:
  - Todas las señales con su estado (codificado por colores)
  - Análisis de la densidad de señales
  - Buffers de visibilidad (basados en normas de colocación)
- Cartografía temática para:
  - Prioridades de mantenimiento
  - Distribución por antigüedad
  - Cumplimiento de la retrorreflectividad

#### **Servicios de localización**

- Geocodificación automática de direcciones
- Análisis de proximidad para:
  - Cumplimiento de las normas de ubicación
  - Detección de conflictos (evaluación de la saturación de señales)
  - Obstrucciones de visibilidad

#### **Evaluación del estado y mantenimiento**

##### **Flujos de trabajo de inspección**

- Sistema estandarizado de clasificación del estado:
  - Integridad estructural (postes, cimientos)
  - Estado de la superficie (decoloración, daños)
  - Niveles de retrorreflectividad
  - Evaluación de la visibilidad
- Programación automatizada de inspecciones:
  - Rutina (anual/bienal)
  - Especial (después de un accidente/daños por tormenta)



### Gestión del mantenimiento

- Generación de órdenes de trabajo:
  - Priorización automática basada en:
    - Criticidad de seguridad
    - Puntuaciones de estado
    - Volumen de tráfico
- Herramientas de estimación de costes:
  - Costes de sustitución
  - Costes de limpieza/reparación
- Integración con sistemas de gestión del trabajo (según sea necesario)

### Cumplimiento normativo y estándares

- Comprobaciones integradas para:
  - Normas ecuatorianas de señalización especificadas en RTE INEN 004-2:2011 y NTE INEN 1042.
  - Normas de colocación (altura, espaciado)
  - Mínimos de retrorreflectividad
- Informes de cumplimiento automatizados

### Informes y análisis

#### Informes estándar (entre otros)

- Resúmenes de inventario:
  - Por tipo de señal
  - Por categoría de condición
  - Por jurisdicción
- Análisis de deficiencias de cumplimiento
- Informes sobre el retraso en el mantenimiento
- Informes de previsión presupuestaria

#### Informes personalizados

- Panel de control con métricas clave:
  - Porcentaje de señales que cumplen con los estándares de retrorreflectividad
  - Antigüedad media de las señales



- Costes de mantenimiento/km

## 7. Módulo de registro de activos viales fijos

El módulo ayudará al MIT a establecer una jerarquía adecuada de activos viarios, que consistirá en instalaciones (rutas o grupos de carreteras), activos (enlaces viarios, puentes, alcantarillas importantes y activos auxiliares, como mobiliario viario, pórticos, muros de contención, etc.). Los tipos de activos (como carreteras, puentes, drenaje y activos auxiliares) se desglosarán en componentes, cada uno de los cuales se describirá por tipo y norma de ingeniería. Por lo tanto, la recopilación de datos tendrá como objetivo establecer un registro de activos completo y preciso a nivel de componentes.

Un registro preciso de activos fijos garantizará el mantenimiento de los valores correctos de los activos. Un registro típico de activos fijos contendrá los activos que se indican a continuación.

Inmovilizado	Componente	Elemento
Enlaces viarios	Pavimentación	-
	Pavimento	Capas
	Formación	Terrenos
		Cortes
	Drenaje	Alcantarillas
		Desagües abiertos (revestidos/sin revestir)
	Bordillos y sumideros	Bordillos
		Bocas de alcantarillado y rejillas
	Alcantarillas	-
	Desagües abiertos revestidos	-
Tuberías de aguas pluviales	-	
Parterres	-	
Puentes y alcantarillas principales	Estructura	Tablero
		Pilas
		Estribos
		Cimentaciones
		Barandales
		Apoyos
Túneles	Obras públicas	Juntas
		Revestimiento
		Portal
		Carretera



Inmovilizado	Componente	Elemento
		Túneles transversales
		Ingeniería contra incendios
	Electricidad	-
	Mecánica	-
	Edificios e instalaciones de control	-
<b>Estaciones de peaje y pesaje</b>	Carriles	-
	Eléctricas	-
	Mecánicas	-
	Edificios e instalaciones de control	-
<b>Activos auxiliares</b>	Mobiliario urbano	Barandillas
		Semáforos
		Señales de tráfico
		Señalización horizontal
		Marquesinas de autobús
		Pequeñas estructuras de contención
	Aceras y carriles bici	Pasarelas
		Carriles bici
	Pórticos	Estructura de soporte (semáforos)
		Equipos eléctricos y mecánicos
		Señales y señales luminosas
	Estructuras de contención	Muros de contención de más de 2 m de altura
		Taludes anclados
	Estaciones de autobús (BRT)	Andenes
		Edificios y estructuras
		Eléctricos y mecánicos
	Alumbrado público y Semafización	Mástiles y cimientos
Accesorios de iluminación		
Suministro eléctrico		

Tabla3. Elementos típicos del Registro de activos viales fijos



### **Requisitos funcionales clave:**

#### **Registro de activos y gestión de inventario**

#### **Captura de datos de activos**

Identificación completa de activos, incluyendo:

Identificación única de activos

- Nombre/número y clasificación de los activos
- Detalles de la ubicación (coordenadas GPS, distritos municipales)
- Detalles de la construcción (fecha, contratista, coste)
- Especificaciones técnicas (por ejemplo, longitud, anchura, tipo de superficie)

#### **Estructura jerárquica**

- Compatibilidad con la jerarquía de activos:
  - Nivel provincial/distrital/municipal
  - Segmentos de carretera (longitudes de sección configurables)
  - Infraestructura asociada (puentes, alcantarillas, señalización)

#### **Importación/exportación masiva de datos**

- Capacidad para importar desde:
  - Formatos GIS (Shapefiles, GeoJSON)
  - Registros de activos existentes (Excel, CSV)

#### **Formatos de exportación estandarizados para la elaboración de informes**

#### **Valoración y contabilidad de activos**

#### **Métodos de valoración**

- Compatibilidad con múltiples enfoques de valoración:
  - Coste histórico
  - Coste de reposición amortizado
  - Coste de reposición actual

#### **Cálculo automatizado de:**

- Depreciación acumulada
- Valor contable neto
- Vida útil restante

#### **Procesamiento de la depreciación**



- Compatibilidad con modelos de amortización flexibles, entre los que se incluyen:
  - Lineal
  - Saldo decreciente
  - Basada en condiciones
- Ejecuciones de amortización anuales y periódicas.
- Capacidad de ajuste manual con registro de auditoría.

### **Supervisión del estado y el rendimiento**

#### **Integración de condiciones**

- Interfaz con SGP/SGP para:
  - Índices de estado actuales
  - Estimaciones de la vida útil restante
  - Historial de mantenimiento

#### **Indicadores de rendimiento**

- Panel de métricas clave:
  - Perfil de antigüedad de los activos
  - Valor del mantenimiento atrasado
  - Análisis de las deficiencias en la renovación de activos

### **Informes y cumplimiento**

#### **Informes reglamentarios**

- Informes de cumplimiento:
  - Registro de activos
  - Calendarios de movimientos
  - Informes de conciliación

#### **Resultados requeridos:**

- Resumen de activos de infraestructura
- Indicadores de rendimiento de los activos

#### **Informes de gestión**

- Informes personalizables que muestran:
  - Valor de los activos por categoría/ubicación



- Previsiones de depreciación
- Requisitos de renovación

### Informes visuales con tecnología GIS

#### -Integración del sistema

#### Sincronización en tiempo real o programada con:

- Inventario de la red vial
- Sistema de gestión de pavimentos
- Sistema de gestión de puentes

### 8. Módulo del sistema de gestión de carreteras no pavimentadas

El sistema de gestión de carreteras sin asfaltar y de grava proporcionará una solución integral para la gestión del inventario, la evaluación del estado y la optimización del mantenimiento de las redes de carreteras sin asfaltar. Contendrá procedimientos para validar y cargar los datos de inspección visual recibidos de los contratistas y proporcionará apoyo a la MIT en la toma de decisiones para identificar las intervenciones necesarias en la red de carreteras sin asfaltar. El sistema debe integrarse con la infraestructura SGAV existente y cumplir con las normas ASTM D6433-07, ASTM E 1926-98 y NLT-330.

#### Requisitos funcionales clave:

#### Recopilación de datos y gestión de inventario

#### Requisitos de captura de datos sobre el terreno

- Aplicación móvil con capacidad offline para:
  - Evaluaciones visuales del estado según las normas establecidas en Ecuador
  - Mediciones de la superficie (ahuellamiento, rugosidad, pendiente transversal)
  - Datos de muestreo de materiales (gradación, plasticidad)
  - Evaluación del estado del drenaje
  - Documentación fotográfica con geoetiquetas

#### Requisitos de segmentación de la red

- División de las carreteras en segmentos discretos basados en:
  - Tipo de superficie (grava, tierra, arena)
  - Volumen de tráfico (ESA)
  - Características geométricas
  - Condiciones de drenaje



- Longitud típica de los segmentos de 5 a 7,5 km, con flexibilidad para tramos más cortos

#### **Atributos de los activos**

- Campos de datos completos, incluyendo:
  - Jerarquía y clasificación de las carreteras
  - Propiedades del material de la superficie
  - Espesores de las capas
  - Infraestructura de drenaje
  - Registros históricos de mantenimiento

#### **Evaluación y análisis del estado**

##### **Índice de estado del pavimento (PCI)**

- Cálculo del PCI para carreteras sin asfaltar, incluyendo:
  - Severidad de la regularidad superficial
  - Densidad de baches
  - Patrones de erosión
  - Problemas de polvo
  - Adecuación del drenaje
- Cumplir con las normas establecidas en ASTM D6433-07.

##### **Mediciones de rendimiento**

- El sistema debe permitir el procesamiento y análisis de:
  - Mediciones de rugosidad (IRI).
  - Control de la profundidad del ahuellamiento
  - Análisis de la textura de la superficie
  - Evaluaciones de emisiones de polvo

##### **Modelización del deterioro**

- Modelos predictivos que tienen en cuenta:
  - Carga de tráfico
  - Propiedades de los materiales
  - Factores climáticos (precipitaciones, temperatura)
  - Historial de mantenimiento



## Gestión del mantenimiento

### Repositorio de tratamientos

- El sistema debe incluir opciones de mantenimiento estandarizadas para:
  - Operaciones de nivelación
  - Reconstrucción
  - Sustitución de grava
  - Supresión de polvo
  - Mejoras en el drenaje
- Bases de datos de costes para cada tipo de tratamiento

### Priorización de trabajos

- Optimización multicriterio teniendo en cuenta:
  - La urgencia de la situación
  - Volumen de tráfico
  - Accesibilidad

### Planificación y previsión presupuestaria

#### Análisis de escenarios

- Generación de múltiples escenarios presupuestarios que muestran:
  - Proyecciones del estado de la red
  - Tendencias de retrasos en el mantenimiento
  - Impactos en los costes operativos de los vehículos

#### Estimación de costes

- Cálculo de:
  - Valor de reposición actual
  - Coste de mantenimiento/km
  - Eficacia del tratamiento (prolongación de la vida útil)

### Informes y visualización

#### Informes estándar requeridos

- Informes resumidos del estado por:
  - Clase de carretera
  - Distrito/municipio



- Tipo de superficie
- Informes sobre el retraso en el mantenimiento
- Informes de necesidades presupuestarias

### Integración SIG

- Cartografía de:
  - Estado de las condiciones
  - Prioridades de tratamiento
  - Asignaciones presupuestarias
- Paneles interactivos con indicadores clave de rendimiento

## 9. Módulo de priorización

El módulo de priorización de proyectos proporcionará una solución integral para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a identificar las prioridades de inversión teniendo en cuenta las características de la infraestructura y un proceso analítico de apoyo a la toma de decisiones según cada submódulo.

**A. Priorización de inversión en rehabilitación y mantenimiento:** Este submódulo deberá permitir realizar análisis de intervenciones en tramos de la RVE bajo múltiples escenarios que tengan en cuenta las políticas a implementar por el MIT y diferentes niveles presupuestarios. Deberá proponer indicadores vinculados al costo-beneficio de los usuarios, de seguridad, y cualquier otro acordado con el MIT. Asimismo, deberá permitir vincular las inversiones con los niveles de alerta que se definan en los módulos que componen el SGAV.

### Requisitos funcionales clave:

Apoyar la priorización de inversiones para determinar la urgencia de tomar medidas basándose en:

- Clasificación objetiva del estado de la RVE en tiempo real o actualizada, que permita priorizar los tramos sobre los cuales se debe realizar rehabilitación y mantenimiento periódico, preventivo y rutinario de la RVE, considerando además la vulnerabilidad de los activos y la respuesta ante materialización de amenazas y sus afectaciones.
- Niveles más altos de gestión de activos, lo que implica la optimización de proyectos mediante el análisis de la relación coste-beneficio del ciclo de vida (LCCA).

**B. Priorización de proyectos:** el consultor deberá incorporar en el SGAV este submódulo desarrollado por el BM para el MIT (a partir del código fuente que se le facilitará al consultor); que permite comparar y priorizar proyectos de inversión (i.e.: nuevas vías, ampliación, entre otros); asegurando su compatibilidad con el sistema



## 10. Módulo de gestión de documentos

El sistema de gestión de documentos proporcionará una plataforma centralizada, segura y escalable para almacenar, recuperar, gestionar y rastrear documentos relacionados con la gestión de activos viales. El sistema debe cumplir con la norma ISO 15489 (gestión de documentos) y las leyes locales ecuatorianas.

### Requisitos funcionales clave:

#### Captura e ingestión de documentos

##### Escaneo y carga

- Admite la carga masiva de documentos (archivos PDF, Word, Excel, CAD y GIS)
- OCR (reconocimiento óptico de caracteres) para documentos escaneados
- Extracción automatizada de metadatos (tipo de documento, fecha, autor, ID del proyecto, etc.)

##### Control de versiones

- Seguimiento de revisiones con registros de auditoría
- Compatibilidad con versiones principales y secundarias
- Retroceso a versiones anteriores

##### Clasificación de documentos y metadatos

##### Campos de metadatos personalizados

- Identificación de activos viales número de contrato, ubicación, fecha de inspección, etc.
- Etiquetado de cumplimiento

##### Categorización automatizada

- Clasificación basada en reglas (por ejemplo, informes de inspección → «Evaluaciones de estado»)
- Etiquetado asistido por IA para datos no estructurados

##### Búsqueda y recuperación

##### Búsqueda avanzada

- Búsqueda de texto completo en todos los documentos
- Filtrado por metadatos (intervalo de fechas, autor, estado del proyecto)
- Filtrar por etiquetas

##### Vista previa rápida



- Vista previa en miniatura y texto sin necesidad de descargar el documento completo

### **Control de acceso y seguridad**

#### **Permisos basados en roles**

- Definir roles de usuario
- Restringir el acceso a documentos confidenciales (por ejemplo, registros financieros)

#### **Registro de auditoría**

- Registrar todos los accesos, ediciones y descargas
- Informes de cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD)

#### **Cifrado y protección de datos**

- Cifrado en reposo y en tránsito
- Redacción automatizada de información confidencial

#### **Flujo de trabajo y colaboración**

#### **Flujos de trabajo de aprobación**

- Cadenas de revisión/aprobación configurable para contratos, informes
- Integración de firmas electrónicas (por ejemplo, DocuSign, Adobe Sign)

#### **Notificaciones y alertas**

- Alertas por correo electrónico/Teams/SMS/WhatsApp para aprobaciones pendientes y vencimiento de documentos

#### **Herramientas de colaboración**

- Comentarios, anotaciones, carpetas compartidas

#### **Integración e interoperabilidad**

- Sincronización con SharePoint/OneDrive
- Exportación a PDF, CSV, XML

#### **Retención y eliminación**

#### **Políticas de retención automatizadas**

- Programación del archivo/eliminación por tipo de documento (por ejemplo, informes de inspección = 7 años)
- Funcionalidad de retención legal para auditorías/litigios

#### **Certificación de eliminación**



- Registro de documentos eliminados de forma segura

### **Acceso móvil y sin conexión**

#### **Aplicación móvil**

- Acceso del personal de campo para cargar informes de inspección sin conexión
- Sincronización cuando se restablece la conectividad

#### **Interfaz web adaptativa**

- Accesible en tabletas y teléfonos inteligentes

## **11. Requisitos de integración externa/de terceros**

### **Requisitos funcionales clave:**

#### **Administración y gestión de dispositivos (lado del servidor)**

- Página de administración móvil
- Los administradores deben poder cargar de forma remota redes de carreteras en los dispositivos, con una red marcada como «Activa» para las evaluaciones.
- Los administradores deben poder cargar y actualizar de forma remota los formularios de evaluación.
- Solo los dispositivos preaprobados (a través del IMEI) podrán acceder a evaluaciones específicas y a la funcionalidad de la aplicación.
- Los administradores deben poder ver los dispositivos que no se han comunicado con los servidores durante un número configurable de horas/días, lo que provocará la aparición de una advertencia.
- Los administradores deben poder crear formularios para los diferentes módulos que requieren evaluaciones móviles.
- Control del plazo de la licencia (si la licencia de la aplicación está restringida):
- Los dispositivos deben sincronizarse con el servidor dentro de un periodo de tiempo configurable.
- Si un dispositivo no se sincroniza dentro del período permitido, se desactivará.
- Activación/desactivación:
- Los administradores deben poder alternar el acceso a los dispositivos; los dispositivos desactivados pierden todo acceso a las evaluaciones.
- Los administradores también deben poder marcar las evaluaciones como «solo in situ», lo que restringirá el envío de evaluaciones si las coordenadas GPS superan un valor configurable de una función.
- Retención de datos y gestión de envíos



- Las evaluaciones enviadas por un dispositivo permanecerán en el sistema incluso si el dispositivo se desactiva posteriormente.
- Si un dispositivo se desactiva o su licencia caduca:
  - La aplicación forzará una sincronización final antes de la desactivación.
  - Se mostrará un mensaje de advertencia si el dispositivo no está activo.
- Panel de control (filtrable)
- Los administradores filtrarán los datos de las evaluaciones por fecha, inspector, tipo de carretera y estado.

### Características de la aplicación móvil

- Inicio de sesión seguro
- Autenticación con nombre de usuario/contraseña.
- Inicio de sesión biométrico (huella dactilar/reconocimiento facial).
- Los usuarios deberán iniciar sesión y trabajar sin conexión, con sincronización al volver a conectarse.
- Acceso basado en roles
- Diferentes roles de usuario (inspector, supervisor, administrador)
- Permisos basados en el rol (por ejemplo, solo los administradores pueden eliminar segmentos).
- Plataforma del sistema operativo móvil:
- La aplicación móvil debe funcionar en las plataformas Android e iOS.
- Conectividad:
- La aplicación debe poder funcionar tanto en línea como sin conexión. Si no hay conexión, la aplicación debe almacenar las evaluaciones capturadas en la memoria del dispositivo hasta que se restablezca la conectividad.
- La aplicación mostrará una advertencia si permanece sin conexión durante un periodo de tiempo configurable.
- Visor espacial:
- La aplicación debe tener un visor espacial que sea compatible con la funcionalidad de mapeo de la plataforma SGAV.
- El visor espacial debe ser interactivo y permitir a los usuarios seleccionar características y realizar acciones relevantes (por ejemplo, cargar una evaluación basada en un formulario para un segmento de carretera específico).
- Restricción de ubicación:



- Las evaluaciones solo se permitirán si el usuario se encuentra a una distancia configurable de una característica, si la función «solo in situ» está habilitada.
- La aplicación requerirá GPS y mostrará una advertencia si está desactivado.
  - Captura de fotos:
- La aplicación móvil debe permitir la captura de imágenes en las evaluaciones.
  - Depuración y exportación de datos:
- Modo de depuración: Los usuarios deben poder exportar todos los datos almacenados localmente (formato CSV) incluso si el dispositivo está desactivado.
- Informes de excepciones: Los registros de errores deben ser claros, compartibles y almacenados localmente.

## 12. Funcionalidad general del sistema

En esta sección se detalla la funcionalidad general del sistema que se requiere del sistema SGAV.

Autenticación de usuarios y control de acceso

Inicio de sesión del usuario y control de acceso basado en roles (RBAC, por sus siglas en inglés)

- El sistema admitirá la autenticación segura de los usuarios mediante nombre de usuario y contraseña.
- A los usuarios se les asignarán roles (por ejemplo, administrador, gerente, inspector, visor) con permisos predefinidos.
- El acceso basado en roles restringirá a los usuarios a los módulos y funciones autorizados.

### Gestión de contraseñas

- Los usuarios podrán restablecer sus contraseñas mediante un mecanismo seguro basado en correo electrónico/SMS.
- Las políticas de contraseñas (complejidad, caducidad, historial) podrán ser configuradas por los administradores.

### Autenticación multifactorial (MFA, por sus siglas en inglés)

- El sistema deberá admitir la MFA (por ejemplo, OTP por correo electrónico/SMS, aplicaciones de autenticación) para mejorar la seguridad.

### Integración con proveedores de OAuth

- El sistema permitirá la autenticación a través de proveedores de identidad de terceros (por ejemplo, Microsoft Azure AD, Google y cualquier otro proveedor relevante que se facilite).



## Módulo de administración y configuración del sistema

### Acceso restringido de administrador

- Solo los usuarios con privilegios de administrador podrán acceder al módulo de administración.

### Gestión de usuarios

- Los administradores podrán:
  - Crear, editar, desactivar y eliminar cuentas de usuario.
  - Asignar roles y permisos a los usuarios.
  - Auditar las actividades de inicio de sesión de los usuarios (registros).

### Configuración de módulos

- Los administradores podrán habilitar/deshabilitar módulos en función de las necesidades de la organización.
- Los módulos se podrán personalizar por usuario.

### Tabla de búsqueda y gestión de datos de referencia

- Los administradores deberán configurar los menús desplegables, las categorías de activos, las clasificaciones de carreteras, los tipos de defectos, etc.
- El sistema permitirá la importación/exportación masiva de datos de referencia (por ejemplo, a través de CSV/Excel).

### Seguridad del sitio y de los datos

#### Acceso a los datos basado en roles

- Los usuarios solo podrán ver/editar los datos relevantes para su función y las regiones/activos que se les hayan asignado.

#### Cifrado de datos

- Todos los datos confidenciales (credenciales de usuario, detalles de activos) se cifrarán en reposo y en tránsito (TLS 1.2+).

#### Registro de auditoría

- El sistema registrará todas las acciones críticas (inicios de sesión de usuarios, modificaciones de datos, eliminaciones) para garantizar el cumplimiento normativo.

#### Gestión de sesiones

- Las sesiones inactivas se cerrarán automáticamente tras un periodo de tiempo configurable.



## C. Requisitos no funcionales/técnicos

### Gestión de datos

#### Almacenamiento y conservación de datos

##### Requisitos de la base de datos:

- Base de datos relacional (SQL) o NoSQL escalable con alta disponibilidad.
- Compatibilidad con grandes conjuntos de datos (registros de evaluaciones históricas, imágenes, etc.).

##### Retención y archivo de datos:

- Políticas de retención configurables (por ejemplo, más de 10 años para registros de activos críticos).
- Archivado seguro de datos históricos con capacidades de recuperación sencillas establecidas en un procedimiento documentado de recuperación de datos históricos.

#### Propiedad y gobernanza de los datos

##### Propiedad y control de acceso:

- Propiedad clara de los datos retenida por el cliente.
- Permisos basados en roles para ver, editar y exportar datos.

##### Auditoría y cumplimiento:

- Registros de auditoría completos que rastrean los cambios en los datos, el acceso de los usuarios y las modificaciones del sistema.
- Cumplimiento de las leyes locales e internacionales de protección de datos (RGPD, POPIA, etc.).

#### Copia de seguridad y recuperación de datos

##### Políticas de copia de seguridad:

- Copias de seguridad automáticas semanales.
- Plan de recuperación ante desastres que garantiza un RTO (objetivo de tiempo de recuperación)  $\leq 4$  horas.

##### Redundancia y conmutación por error:

- Arquitectura de alta disponibilidad con almacenamiento redundante.

#### Seguridad y cumplimiento

El SGAV propuesto debe cumplir con las normas de seguridad, las regulaciones de protección de datos y las mejores prácticas del sector aplicables para garantizar la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de los datos. El licitador debe demostrar cómo su solución cumple los siguientes requisitos:



## Seguridad y privacidad de los datos

### Cifrado de datos:

- Todos los datos confidenciales (tanto en tránsito como en reposo) deben cifrarse utilizando protocolos estándar del sector (por ejemplo, TLS 1.2+, AES-256).
- Almacenamiento y tratamiento seguros de la información de identificación personal (PII) de conformidad con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) u otras leyes de protección de datos pertinentes.

### Control de acceso:

- Control de acceso basado en roles (RBAC) con autenticación multifactorial (MFA) para operaciones confidenciales.
- Registros de auditoría de todas las actividades de los usuarios, incluidos los intentos de inicio de sesión, las modificaciones de datos y las configuraciones del sistema.

### Soberanía de los datos y alojamiento:

- Si se aloja en la nube, la solución debe cumplir con las leyes locales de residencia de datos de Ecuador (por ejemplo, los datos deben almacenarse dentro del país, a menos que se apruebe lo contrario).
- Políticas claras de propiedad de los datos que garanticen que el cliente mantenga el control total sobre sus datos.

### Medidas de ciberseguridad

#### Gestión de vulnerabilidades:

- Autenticación multifactor para acceso al SGAV.
- Aplicaciones de parches de seguridad y actualizaciones periódicas para mitigar las vulnerabilidades.
- Pruebas de penetración y evaluaciones de vulnerabilidad antes de la implementación y posteriormente, según un calendario acordado y estipulado en el programa de mantenimiento.

#### Seguridad de la red:

- Protección mediante cortafuegos, sistemas de detección/prevención de intrusiones (IDS/IPS) y mitigación de DDoS.
- Integraciones API seguras con autenticación adecuada (por ejemplo, OAuth 2.0, claves API).

#### Protección contra malware y ransomware:

- Supervisión de amenazas en tiempo real y mecanismos antimalware.



- Planes de copia de seguridad y recuperación ante desastres para garantizar la rápida restauración de las aplicaciones en caso de ataque.

### **Cumplimiento normativo y certificaciones**

**El sistema, en la medida de lo posible y en función de su relevancia, debe cumplir con:**

- ISO 27001 (gestión de la seguridad de la información) o equivalente.
- Marco de ciberseguridad del NIST (si procede) o equivalente.
- Políticas de seguridad informática del gobierno local y directrices de gestión de activos viarios.

### **El proveedor debe proporcionar:**

- Un informe SOC 2 Tipo II (si está alojado en la nube) o un informe de seguridad equivalente. Esto es relevante si el proveedor de alojamiento no es un proveedor de alojamiento empresarial conocido, como Microsoft Azure o Amazon Web Services (AWS).
- Pruebas de auditorías de cumplimiento anteriores (si se solicitan).

### **Continuidad del negocio y recuperación ante desastres**

#### **Políticas de copia de seguridad:**

- Copias de seguridad semanales automatizadas con almacenamiento externo (retención mínima de 30 días).
- Capacidad para restaurar los datos en un plazo máximo de 4 horas en caso de fallo.

#### **Plan de recuperación ante desastres (DRP):**

- Procedimientos documentados para la recuperación del sistema en caso de incidentes cibernéticos, desastres naturales o fallos de hardware.
- Tiempo de actividad garantizado  $\geq 99,5$  % (excluyendo el mantenimiento programado).

### **Continuidad del negocio y recuperación ante desastres**

#### **El licitador debe revelar:**

- Sus políticas de seguridad internas (controles de acceso de los empleados, procedimientos de respuesta a incidentes).
- Las infracciones de seguridad cometidas en el pasado (si las hubiera) y las medidas correctivas adoptadas.
- Cumplimiento de los subcontratistas (si hay proveedores externos involucrados).

### **D. Consideraciones sobre innovación**



En esta sección se destacan algunas de las últimas tendencias y tecnologías que pueden utilizarse con un sistema de gestión de activos vial para mejorar la eficiencia y la precisión.

La integración de vehículos aéreos no tripulados (UAV), o drones, en los sistemas de gestión de activos viales ha revolucionado la forma en que las agencias de transporte supervisan, evalúan y mantienen la infraestructura vial.

Posibles aplicaciones:

#### Supervisión del estado del pavimento

Los drones equipados con cámaras de alta resolución y sensores LiDAR (detección y medición de distancias por luz) pueden capturar imágenes detalladas y modelos 3D de la superficie de las carreteras. Estos datos ayudan a identificar:

- Grietas, baches y deformaciones de la superficie
- Ahuellamientos y desgaste desigual
- Problemas de drenaje

El procesamiento automatizado de imágenes y el análisis basado en inteligencia artificial pueden clasificar la gravedad de los daños, lo que permite planificar el mantenimiento por orden de prioridad.

#### Inspecciones de puentes y estructuras

La inspección de puentes, alcantarillas y pasos elevados requiere tradicionalmente andamios, equipos especializados o el cierre de carriles. Los drones proporcionan:

- Imágenes visuales y térmicas en primer plano de los defectos estructurales (grietas, corrosión, desprendimientos)
- Acceso a zonas de difícil acceso sin poner en riesgo la seguridad de los trabajadores
- Inspecciones más rápidas con menos interrupciones del tráfico.

#### Inventario de señalización y mobiliario urbano

Los drones pueden catalogar de manera eficiente las señales de tráfico, las barreras de seguridad, el alumbrado y otros elementos de la carretera mediante:

- Captura de imágenes geolocalizadas para cartografía GIS
- Detección de señales dañadas o desaparecidas
- Garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad

#### Supervisión del progreso de las obras

Para proyectos de construcción y rehabilitación de carreteras, los drones ofrecen:

#### Inspecciones aéreas periódicas para realizar un seguimiento del progreso



- Mediciones volumétricas de movimientos de tierra y materiales
- Identificación de desviaciones con respecto a los planos de diseño
- Evaluación de los daños causados a las carreteras por el impacto de los fenómenos naturales

Los vehículos de evaluación visual del estado de las carreteras (también conocidos como analizadores automáticos de carreteras o vehículos ARAN) desempeñan un papel crucial en los sistemas modernos de gestión de carreteras. Estos vehículos especializados están equipados con sensores avanzados, cámaras y sistemas de procesamiento de datos para evaluar el estado del pavimento, la señalización, las marcas y otros elementos de la carretera a velocidades de autopista.

### **Tecnologías clave:**

#### Sistemas de imágenes de alta resolución

- Cámaras y LiDAR: capturan imágenes detalladas y modelos 3D de la superficie de la carretera.
- Grabación de vídeo en 360 grados: documenta el estado de la carretera, las señales y las marcas para su posterior revisión.
- Perfiladores láser y unidades de medición inercial (IMU)
- Miden la rugosidad del pavimento (Índice Internacional de Rugosidad, IRI).
- Detectan surcos, grietas y baches con una precisión milimétrica.
- Radar de penetración (GPR)
- Evalúa las condiciones del subsuelo (por ejemplo, espesor de las capas, huecos, daños por humedad).
- Ayuda a predecir fallos estructurales antes de que aparezcan defectos en la superficie.

#### **LiDAR móvil y cartografía SIG**

- Crea gemelos digitales de redes de carreteras para el inventario de activos.
- Realiza un seguimiento de los cambios a lo largo del tiempo para el mantenimiento predictivo.

#### **Análisis automatizado basado en IA**

- Los algoritmos de aprendizaje automático clasifican los defectos (por ejemplo, tipos de grietas, severidad).
- Reduce los errores humanos y agiliza la generación de informes.

### **Aplicaciones potenciales:**

#### **Evaluación del estado del pavimento**



- Detección automatizada de grietas (longitudinales, transversales, grietas en forma de cocodrilo).
- Análisis de la calidad de la conducción (IRI, profundidad de los surcos, fallas).
- Cartografía de baches y defectos superficiales.
- Inventario de señales y marcas viales
- Medición de la retroreflectividad (para garantizar el cumplimiento de los requisitos de visibilidad).
- Detección de señales faltantes o dañadas.
- Evaluación del desgaste de las marcas viales.

### Supervisión del estado del drenaje y los arcenes

- Identifica desagües obstruidos, erosión y desniveles en los arcenes.
- Ayuda a prevenir daños en el pavimento relacionados con el agua.

### Gestión de activos a nivel de red

- Prioriza el mantenimiento basándose en datos objetivos.
- Apoya la asignación de fondos con métricas cuantificables.

### Anexo 2. Propuesta de contenidos de capacitación

Módulo	Contenidos principales	Horas
1. Introducción y Contexto	<ul style="list-style-type: none"><li>• Importancia de la gestión de activos viales y benchmarking de SGAV existentes en el mundo.</li><li>• Normativas internacionales y nacionales (ISO 55000, guías locales)</li></ul>	5
2. Fundamentos de la Gestión de Activos Viales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conceptos clave e inventario de activos</li><li>• Ciclo de vida y niveles de servicio</li><li>• Gestión basada en riesgos</li></ul>	10
3. Definición y Planificación del SGAV	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnóstico de la red vial a partir de resultados de relevamiento y evaluación</li><li>• Objetivos estratégicos y operativos</li><li>• Inventario y caracterización de activos</li><li>• Taller: elaboración de un inventario</li></ul>	10



Módulo	Contenidos principales	Horas
	básico	
4. Desarrollo e Implementación del SGAV	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estructura organizacional y roles</li><li>• Plataformas tecnológicas y SIG</li><li>• Integración de datos y monitoreo</li><li>• Estrategias de financiamiento</li><li>• Taller: uso de software y bases de datos</li></ul>	10
5. Gestión de activos con enfoque de resiliencia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conceptos generales de resiliencia y gestión de activos</li><li>• Detalle en la información e insumos del módulo</li><li>• Indicadores</li><li>• Oportunidades de enlace con sistemas de alertas tempranas y similares</li></ul>	5
6. Mantenimiento y Operación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipología de mantenimientos (rutinario, preventivo, correctivo)</li><li>• Programación y priorización de obras</li><li>• Taller: simulación de un plan de mantenimiento</li></ul>	10
7. Evaluación y Mejora Continua	<ul style="list-style-type: none"><li>• Monitoreo e indicadores de desempeño</li><li>• Auditorías internas y externas</li><li>• Actualización de módulos en el SGAV</li><li>• Innovación y retroalimentación</li></ul>	10
8. Taller Práctico Integrador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elaboración de un plan piloto de gestión para un tramo vial de la RVE</li><li>• Aplicación de herramientas SIG y bases de datos</li><li>• Simulación de escenarios de inversión</li><li>• El consultor después del contacto con el MIT durante el desarrollo del</li></ul>	10



Módulo	Contenidos principales	Horas
	contrato deberá sugerir al MIT una propuesta para el uso de sus recursos y capacidades para la actualización de información del SGAV. <ul style="list-style-type: none"><li>• Presentación de resultados</li></ul>	
9. Cierre y Certificación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación final de aprendizajes</li><li>• Reflexión institucional sobre la aplicación</li></ul>	2
<b>Total</b>		72