

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – ET14 – Aval técnico y fiscal – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VA

## Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero

### Informe ejecutivo para el logro del Aval Técnico y Fiscal del proyecto de L2MB

Documento No. L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VA



## CONTROL DE CAMBIOS

### ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Sección Modificada	Observaciones
A	18-02-2022	-	Versión Inicial

## REVISIÓN Y APROBACIÓN

Preparó:  A. Monti 18-02-2022	Revisó:  F. Sánchez 18-02-2022	Revisó:  O. Véliz 18-02-2022	Aprobó:  J.M. Martínez 18-02-2022
Experto en gestión RAMS	VoBo. Coordinador Técnico	VoBo. Director Técnico	VoBo. Director General de Estructuración

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. PLANTEAMIENTO INICIAL</b>	<b>6</b>
1.1. Tipos de estudios	6
1.2. Tipos de fallos	6
1.3. Gestión de objetivos RAMS	6
1.4. La gestión RAMS en el ciclo en V	7
1.5. Seguridad vs RAM	7
1.6. Organización general RAMS	8
<b>2. ENFOQUE RAMS DEL PROYECTO DE LA L2MB</b>	<b>9</b>
2.1. Desglose del Sistema de Transporte	9
2.2. Seguridad	9
2.3. RAM	9
2.4. Dgd Vs Dgt	10
2.5. Aplicación RAM	10
2.6. Aplicación seguridad	10
<b>3. ORGANIZACIÓN RAMS DEL PROYECTO</b>	<b>11</b>
3.1. Organización típica para los aspectos de seguridad	11
3.2. Seguridad: entidades y responsabilidades	11
3.3. RAM: entidades y responsabilidades	12
3.4. Aspectos por definir	13
<b>4. ENTREGABLES</b>	<b>14</b>

## **LISTA DE TABLAS**

## **LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

## **LISTA DE FIGURAS**

REALIZAR LA ESTRUCTURACIÓN INTEGRAL DEL PROYECTO LÍNEA 2 DEL METRO DE BOGOTÁ, INCLUYENDO LOS COMPONENTES LEGAL, DE RIESGOS, TÉCNICO Y FINANCIERO

E4 – ET14 – Aval técnico y fiscal – L2MB-0000-000-MOV-DP-GEN-IN-0003\_VA

## LISTA DE ANEXOS

## 1. PLANTEAMIENTO INICIAL

La gestión RAMS corresponde a 4 objetivos fundamentales:

- Disponibilidad,
- Fiabilidad
- Mantenibilidad
- Seguridad

La gestión RAMS es una contribución importante a la Calidad del Servicio. Se describe como un indicador cualitativo y cuantitativo de hasta qué punto se puede confiar en que el sistema funcione tal y como especificado y, a la vez, esté disponible y seguro.

Concretamente, se trata de diseñar, verificar y validar las características RAMS del sistema sobre todo su ciclo de vida cuyo marco de implementación debe definirse en la etapa de estructuración.

### 1.1. Tipos de estudios

Los estudios RAMS se aplican a los siguientes sistemas: Señalización, control de trenes, material rodante, puertas de andén, alimentación eléctrica, vía, eléctricos y mecánicos, operación y mantenimiento.

Los estudios RAMS tratan de los fallos (humanos y técnicos) durante todo el ciclo de vida de un sistema.

Los estudios de RAMS se deben implementar para:

- El Sistema para especificar y demostrar sus características RAMS
- Los procesos para asegurar la Seguridad y la Disponibilidad durante el desarrollo y la utilización del Sistema

### 1.2. Tipos de fallos

Existen Fallos aleatorios:

- Ocurren de manera aleatoria en el tiempo
- Resultan de fallos mecánicos internos en un sistema hardware
- Cuantificables : son predecibles con confianza justa  
Fallos de un componente electrónico debido a su envejecimiento

y fallos sistemáticos:

- Determinísticos
- Resultan de una combinación particular de inputs. Debidos a errores que ocurren a cualquier tiempo durante el ciclo de vida
- No cuantificables : no son predecibles con confianza  
Fallos de software

### 1.3. Gestión de objetivos RAMS

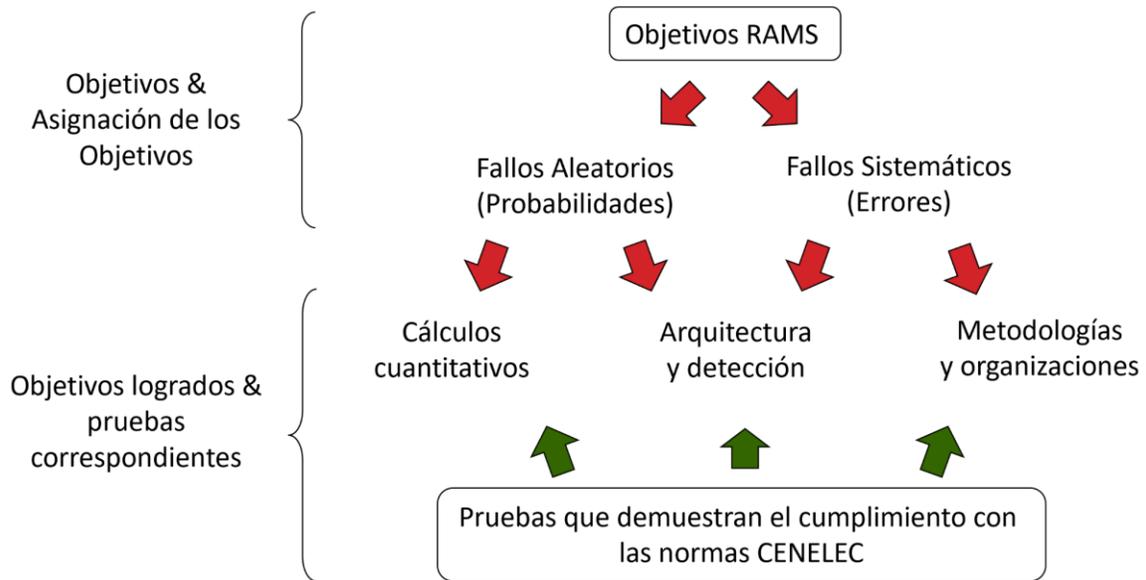


Ilustración 1 - objetivos RAMS

#### 1.4. La gestión RAMS en el ciclo en V

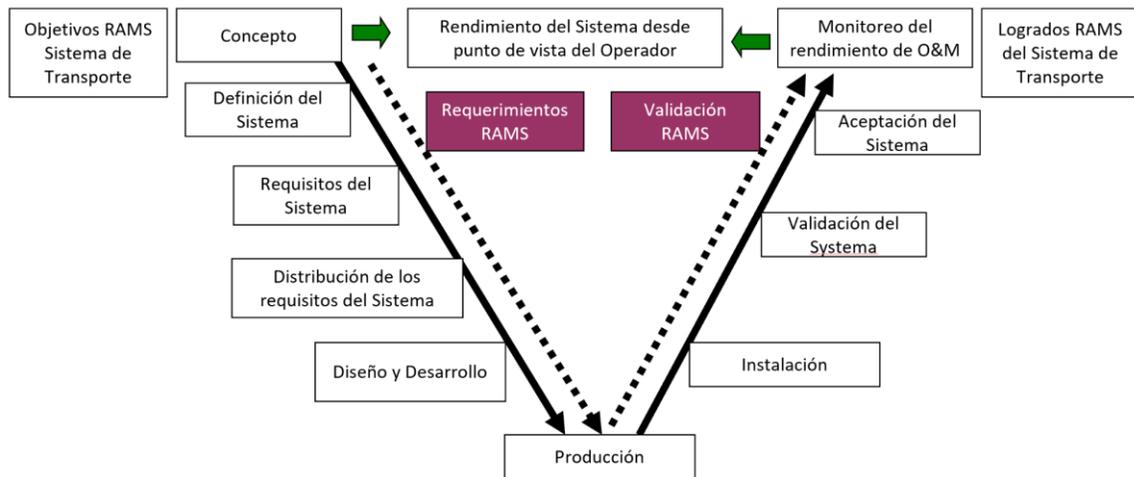


Ilustración 2 - RAMS y ciclo en V

#### 1.5. Seguridad vs RAM

Seguridad:

- Trata sobre el manejo de los riesgos
- Manejar : identificar, evaluar y mitigar los riesgos

- Se deberán cerrar antes de la puesta en servicio comercial
- La mayor parte de las actividades de Seguridad se realiza antes de la Puesta en Servicio de tal forma que la seguridad sea garantizada desde el primer día

RAM:

- Trata sobre asegurar un alto nivel de disponibilidad del Sistema de Transporte
- Diseñar cada Sistema con un nivel de RAM requerido
- Calcular las características RAM del dicho diseño antes de la puesta en servicio comercial
- Ofrecer un nivel de servicio definido a los pasajeros al momento de la puesta en servicio
- Las actividades RAM continúan después de la puesta en servicio e irá aumentando durante los años

### 1.6. Organización general RAMS

La organización RAMS define perímetros:

- Seguridad: ausencia de riesgo inaceptable de daño (EN-50126-1)
- Conceptos de:
  - Seguridad del sistema
  - Seguridad ocupacional: durante obras y O&M (fuera del alcance de RAMS en sí)
- Security (fuera del alcance de RAMS en sí);
  - Lucha contra agresiones
  - Vandalismo
  - Terrorismo

Los aspectos de ingeniería contra incendios, EMC/EMI, ciberseguridad y ergonomía no entran en la política RAMS del proyecto.

## 2. ENFOQUE RAMS DEL PROYECTO DE LA L2MB

### 2.1. Desglose del Sistema de Transporte



Ilustración 3 - subsistemas y elementos contenidos en el “Sistema de Transporte”

### 2.2. Seguridad

Primero, se definen objetivos de seguridad a nivel del Sistema de Transporte.

Luego y conforme a los objetivos de seguridad a nivel del Sistema de Transporte, se definen requerimientos de seguridad para el sistema ferroviario y para cada subsistema. Se producen en este marco requerimientos de seguridad en relación con la organización, los estándares, los aspectos de ciclo de vida (diseño y seguridad), los procedimientos, los estudios de seguridad así como requisitos de seguridad (documentos técnicos).

### 2.3. RAM

Primero, se definen objetivos RAM al nivel del Sistema de Transporte como la disponibilidad global del servicio (Dgs).

Luego, se definen :

- Los requerimientos de RAM:
  - Organización, estándares, ciclo de vida (diseño y RAM)
  - Procedimientos, estudios de RAM, etc.
- Los objetivos de RAM al nivel del Sistema ferroviario incluyendo la disponibilidad global técnica (dgt) e indicadores de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

#### 2.4. Dgd Vs Dgt

No existe una relación matemática simple entre Dgs y Dgt pero existe una relación matemática simple entre Dgt y Dti.

$$Dgt = \prod_{i=1}^n Dti$$

Dgt es la Disponibilidad Global Técnica de los Sistemas como producto de las disponibilidad técnicas de los sistemas (i) que son necesarios para la operación de los trenes.

Dti corresponde con la Disponibilidad Técnica del sistema i.

#### 2.5. Aplicación RAM

No existe un valor por Dgs. Existe un valor por Dgt de 99,997% que será la base de las asignaciones de disponibilidad para cada sistema (necesario para la operación de los trenes). En paralelo, se definen valores de fiabilidad y mantenibilidad para cada sistema.

#### 2.6. Aplicación seguridad

Se definen objetivos de seguridad basados sobre el marco de Unión Europea de 0,04 muertos por 10<sup>8</sup> personas.km o 2 muertos por 10<sup>8</sup> horas.

Estos objetivos se declinan al nivel de requisitos de seguridad que son comunes y específicos a los distintos subsistemas.

### 3. ORGANIZACIÓN RAMS DEL PROYECTO

#### 3.1. Organización típica para los aspectos de seguridad

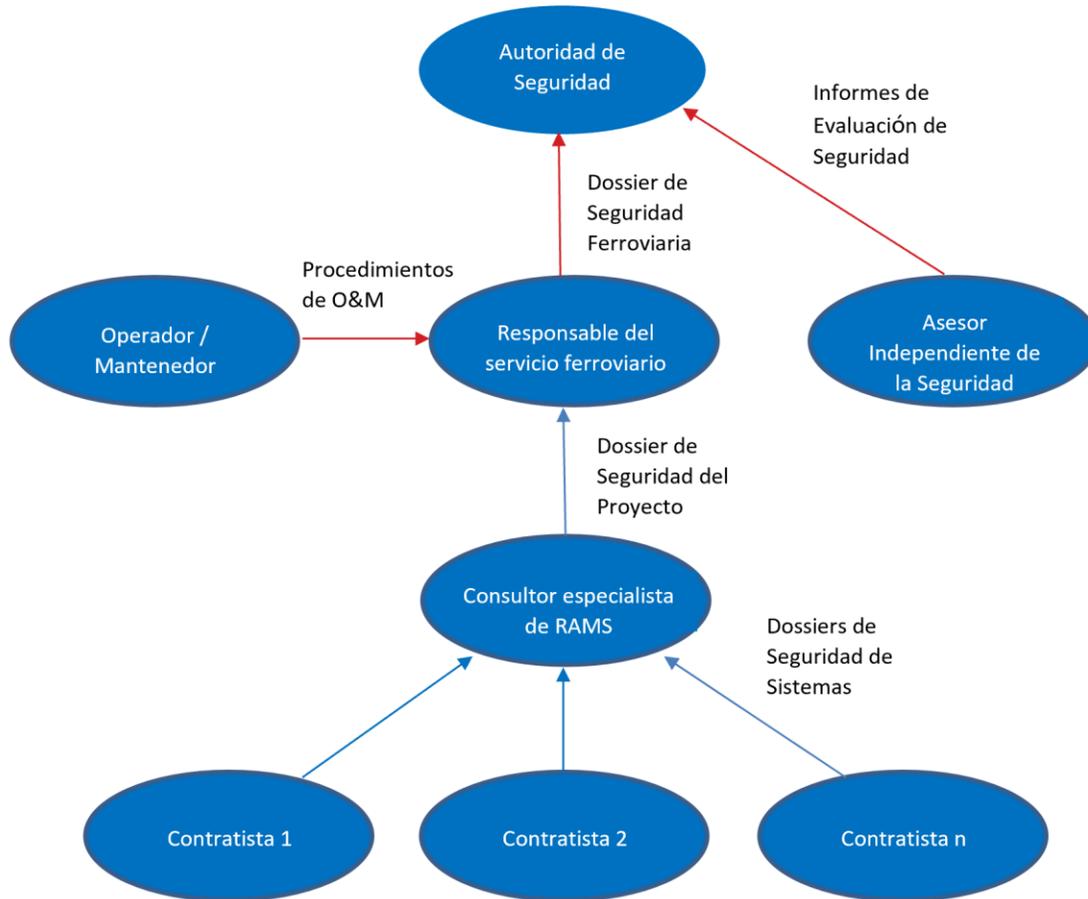


Ilustración 4 - organización típica para los aspectos de seguridad

#### 3.2. Seguridad: entidades y responsabilidades

Role	Entidad	Responsabilidades típicas
Autoridad de Seguridad	Un organismo gubernamental por definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporciona "No Objeción" basándose los Dossiers de Seguridad proporcionados por los Contratistas y el Responsable del servicio ferroviario, y previamente evaluados por el ISA</li> <li>- Autoriza la puesta en servicio comercial</li> </ul>

Role	Entidad	Responsabilidades típicas
Responsable del servicio ferroviario (cliente)	FDN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Define los criterios de Seguridad durante la fase de diseño</li> <li>- Responsable del Dossier de Seguridad del Proyecto</li> </ul>
Consultor especialista de RAMS	Por definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administra el proyecto día a día en nombre del Responsable del servicio ferroviario</li> <li>- Establecer el Dossier de Seguridad del Proyecto basándose los Dossiers de Seguridad de los Contratistas</li> </ul>
Asesor Independiente de la Seguridad (ISA)	Por definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evalúa el proceso de seguridad y sus resultados para garantizar que el nivel de seguridad requerido por los estándares y los requisitos del proyecto haya sido implementado y respetado dentro del proyecto</li> <li>- Prepara Informes de Evaluación</li> </ul>
Operador / Mantenedor	EMB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece y mantiene procedimientos de operación y mantenimiento para administrar de manera segura la operación y el mantenimiento durante todas las situaciones nominales, degradadas y de emergencia</li> </ul>
Contratistas	Por definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definen un proceso de seguridad para su uso que debe ser coherente con los requisitos de seguridad del cliente</li> <li>- Aplican dicho Sistema de Gestión de la Seguridad a lo largo del ciclo de vida</li> <li>- Preparan los Dossiers de Seguridad de sus sistemas, análisis de riesgos, registro de peligro, etc.</li> </ul>

Tabla 1 - roles, entidades y responsabilidades para aspectos de seguridad

### 3.3. RAM: entidades y responsabilidades

Role	Entidad	Responsabilidades típicas
Responsable del servicio ferroviario (cliente)	FDN	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Define los criterios de RAM durante la fase de diseño</li> <li>- Sigue el rendimiento RAM del Sistema de Transporte</li> </ul>
Operador / Mantenedor	EMB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece y mantiene procedimientos de operación y mantenimiento para administrar de manera disponible la operación y el mantenimiento durante todas las situaciones nominales</li> </ul>
Consultor especialista de RAMS	Por definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Administra el proyecto día a día en nombre del Responsable del servicio ferroviario</li> <li>- Establecer los Informes de Rendimiento RAM basándose los Informes de Demostración RAM de los Contratistas</li> </ul>

Contratistas	Por definir	- Definen un proceso de RAM para su uso que debe ser coherente con los requisitos de RAM del cliente - Aplican dicho Sistema de Gestión de RAM a lo largo del ciclo de vida - Preparan los Informes de demostración RAM de sus sistemas, análisis de RAM, informes de RAM, etc.
--------------	-------------	---

*Tabla 2 - roles, entidades y responsabilidades para aspectos de RAM*

### 3.4. Aspectos por definir

Una vez definida esta estrategia y organización preliminar, quedan algunos aspectos por definir para la organización RAMS del proyecto. Estos aspectos son:

- Apuntar a la Autoridad de Seguridad y definir con ella los requisitos asociados con la estrategia de aprobación de la seguridad
- Apuntar a un consultor especialista de RAMS
- Apuntar a un Asesor independiente de la Seguridad (ISA)

## 4. ENTREGABLES

Los entregables asociados con la gestión RAMS en la presente asesoría son los siguientes:

- Plan RAMS: criterios de diseño, programa RAM, Plan de Seguridad, Plan RAMS del software
- Análisis preliminar de riesgos: análisis preliminar de riesgos, registro de amenazas
- requerimientos RAMS: análisis de riesgos del sistema y de la interfaz, requisitos RAMA
- Informe preliminar de RAM; análisis de los modos de fallo y de sus efectos funcionales.