UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

METODOLOGÍA PARA EL ESTIMADO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA FERROVIARIO.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR Br. HIDALGO V, ELIZABETH.
Br. RUSSO P, DOMENICO L.

PROFESOR GUIA Ing. VANORIO LEYBA, GABRIEL

FECHA CARACAS, FEBRERO, 2010.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

METODOLOGÍA PARA EL ESTIMADO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA FERROVIARIO.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: DIECIOCHO PUNTOS (18)

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre:

REALIZADO POR Br. HIDALGO V, ELIZABETH.
Br. RUSSO P, DOMENICO L.

PROFESOR GUIA Ing. VANORIO LEYBA, GABRIEL

FECHA CARACAS, FEBRERO, 2010.

A Dios, por brindarme el don del conocimiento y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, a quienes agradezco por su amor incondicional, cariño y comprensión, por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos e incentivarme a ser una mejor persona.

A la Universidad Católica Andrés Bello por la excelencia que se imparte en esta casa de estudio, en particular a la Escuela de Ingeniería Civil.

Al Ing. Gabriel Vanorio, por ser nuestro Profesor Guía y brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y gran experiencia profesional, por su apoyo y tiempo a llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A mi compañero y amigo Domenico, por su apoyo, conocimientos, paciencia, consejos y todos los buenos momentos compartidos a lo largo de todo este tiempo que nos conocemos, gracias a ti y tu familia por brindarme su amistad.

A mi amigo Jesús Aray, por su gran cariño incondicional, aconsejarme, apoyarme y hacerme reír todos y cada uno de los días compartidos a lo largo de la carrera, con sus chistes, buen humor y picardías hechas juntos.

A mis amigos Vanessa, Heidi, Saireth, Mercedes, Walter, Federico por las alegrías, risas y permitirme aprender de cada uno de ustedes.

Gracias.

Elizabeth.

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir bajo las circunstancias en las que me encuentro.

A mi familia por estar presente en todos los pasos de mi vida, por brindarme de forma incondicional la paciencia, el respeto y los valores de persona que me han hecho lo que soy hoy.

A Elizabeth por haberme enseñado a ser más humilde, demostrarme que para obtener lo que se quiere, el respeto debe estar delante de todo. Por darme apoyo cuando lo necesitaba y abrirme los ojos hacia un mundo nuevo.

A Federico por abrirme los ojos ante la realidad del mundo, demostrarme que para obtener lo que se quiere hay que luchar, ser perseverante, responsable y tenaz en la toma de decisiones para la vida personal y profesional.

A Walter por estar en todo momento a mi lado, por estar junto a mí hasta en los momentos menos esperados, brindándome un apoyo que fortalece mi espíritu.

A Vanessa por haberme soportado a lo largo de este camino que sin ella hubiese sido diferente.

Gracias

Domenico.

CONTENIDO.

Contenido. **Pág.**

Índice de Contenido.....i

Índice de Tablas.....v

Índice de Figuras.....vii

Sinopsis.....viii

Introducción.....1

Planteamiento del Problema.....2

Objetivos.....3

Objetico General.....3

Objetico Específico.....3

Antecedentes.....3

Alcances.....4

Limitaciones.....4

Marco Metodológico.....5

CAPÍTULO I.....6

Sistema Ferroviario.....6

1.1 Definición.....6

1.2 Elementos que Conforman el Sistema Ferroviario.....6

1.2.1 Infraestructura.....6

1.2.2 Superestructuras.....7

1.2.3 Sistema Integral.....9

1.2.4. Material Rodante.....10

CAPÍTULO II.....12

Los RAMS y la Operación Ferroviaria.....12

2.1 Los RAMS.....12

2.1.1 Fiabilidad.....12

2.1.2 Disponibilidad.....13

2.1.3 Mantenibilidad.....14

2.1.4 La Calidad del Servicio.....16

2.2 Gestión de los RAMS Ferroviarios.....17

2.2.1 Factores que Influyen en Los RAMS Ferroviarios.....17

2.2.2 Medios para alcanzar los requisitos de los RAMS Ferroviarios.....19

2.2.3 Ciclo de Vida del Sistema.....21

2.3 Operación Eficiente.....24

CAPITULO III.....25

Mantenimiento Ferroviario.....25

3.1 Mantenimiento.....25

3.2 Tipos de Mantenimiento.....26

3.2.1 Mantenimiento Predictivo.....26

3.2.2 Mantenimiento Preventivo.....26

3.2.2.1 Rutinario.....27

3.2.2.2 Programado.....27

3.2.3 Mantenimiento Correctivo.....27

3.2.3.1 Planificado.....27

3.2.3.2 No Planificado.....27

3.3 Ventajas y Desventajas de los Tipos de Mantenimiento.....28

3.4 Mantenimiento de Material Móvil.....29

3.5 Mantenimiento De Infraestructuras.....31

3.5.1 Túneles.....31

3.5.2 Vías.....31

3.6 Mantenimiento de Instalaciones.....31

3.6.1 Línea Aérea o Catenaria.....32

CAPITULO IV.....33

Gestión de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.....33

4.1 Gestión de Costos.....33

4.1.1 Estimación de Costos de Operación y Mantenimiento.....33

4.1.2 Indicadores de Costos de Operación y Mantenimiento.....34

4.1.3 Mapa De Actividades.....35

4.1.4 Vida Útil de los Componentes del Sistema Ferroviario.....37

4.2 Precios y Costos en el Sector Ferroviario.....39

4.3 Infraestructura y Equipos Fijos.....39

4.3.1 Infraestructuras y Equipos.....39

4.3.1.1 Costos y Mantenimiento.....39

4.3.2 Rieles.....40

4.3.2.1 Vida Útil de un Riel.....40

4.3.2.2 Costo de Mantenimiento de un Tramo.....41

4.3.3 Estructuras Fijas para Tracción Eléctrica.....41

4.3.3.1 Costos de Mantenimiento.....41

4.3.4 Señalización.....41

4.3.4.1 Costo de Mantenimiento.....41

4.4 Equipos de Estación y Depósitos.....41

4.4.1 Costos de Mantenimiento.....42

4.5 Vehículos.....42

4.5.1 Locomotoras Eléctricas.....42

4.5.2 Electromotrices (EMU).....43

4.6 Locomotoras Diesel.....43

4.7 Vagones.....44

4.7.1 Costos de Mantenimiento.....44

4.8 Costos de Estimación del Proyecto del Tren de Alta Velocidad, Tramo Rio de Janeiro-Sao Paulo.....44

4.8.1 Infraestructura.....45

4.8.2 Costos Salariales de Administración Superior.....46

4.8.3 Equipo de Tren.....47

4.8.4 Equipo de Estación y CCO.....47

4.8.5 Administración y Finanzas.....47

CAPITULO V.....49

Metodología para el Estimado de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.....49

5.1 Índice de Actualización de Precios.....49

CAPITULO VI. 54

Base de Cálculo para el Estimado de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.....54

CAPITULO VII.....64

Aplicación de la Metodología para el Estimado de Costos de O&M Aplicado a un Tramo Real.....64

7.1 Caracterización.....64

7.2 Estimados de Costos de Operación y Mantenimiento del Caso Real (Adjunta-Alí Primera) Metro Los Teques.....68

7.3 Análisis y Resultados.....77

Conclusiones y Recomendaciones.....81

Referencias Bibliográficas.....82

Anexos.....A

ÍNDICE DE TABLAS.

Contenido. **Pág.**

Tabla N°1. Frecuencia con que se dan Sucesos de Peligro.....19

Tabla N°2. Nivel de Gravedad del Peligro.....20

Tabla N°3. Categoría Cualitativa del Riesgo.....20

Tabla N° 4. Tareas programadas.....22

Tabla N° 5 .Tareas programadas.....23

Tabla N°6. Ventajas y Desventajas de Los Tipos De Mantenimiento.....28

Tabla N° 7. Calendario de Mantenimiento para el Material Móvil.....29

Tabla N°8. Políticas de Mantenimiento a componentes del Material Rodante.....30

Tabla N°9. Mapa de Actividades Según Unidades de Trabajo para Mantenimiento.....36

Tabla N°10. Tipos de Mantenimiento Especifico del Material Rodante.....36

Tabla N°11. Vida Útil de la Infraestructura.....37

Tabla N°12. Vida Útil del Sistema Integral.....37

Tabla N°13. Vida Útil del Material Rodante.....38

Tabla N°14. Vida Útil del Riel por Tráfico en Kg/M.....40

Tabla N°15. Vida Útil del Riel por Tráfico en Km/H.....41

Tabla N°16. Infraestructura.....45

Tabla N°17. Costos salariales de Administración Superior.....46

Tabla N°18. Equipo de Tren.....47

Tabla N°19. Equipo de Estación y CCO.....47

Tabla N°20. Administración y finanzas.....47

Tabla N° 21. Tasa de Cambio Dólar – Euro.....52

Tabla N° 22. Tasa de Cambio Dólar – Real.....52

Tabla N° 23 y 24. Proyección de las Tasas de Cambio.....52

Tabla N°25. Ingresos de Datos Básicos del Sistema para Iniciar la Programación.....54

Tabla N°26. Ingresos de Datos de Infraestructura.....55

Tabla N°27. Ingresos de Datos de la Superestructura.....56

Tabla N°28. Ingresos de Datos de la Estructura Fija para Tracción Eléctrica.....56

Tabla N°29. Ingresos de Datos de Señalización.....56

Tabla N°30. Ingresos de Datos de Equipos de Estación y Depósito.....57

Tabla N°31. Ingresos de Datos del Material Rodante.....59

Tabla N°32. Ingresos de Datos para los Costos de Operaciones.....60

Tabla N°33. Hoja de Resumen del Mantenimiento Total del Sistema Ferroviario.....62

Tabla N°34. Abordajes Diarios del Metro Los Teques.....65

Tabla N°35. Resumen de Obras Civiles Metro Los Teques.....66

Tabla N°36. Túneles del Metro Los Teques.....66

Tabla N°37. Trincheras del Metro Los Teques.....67

Tabla N° 38. Puentes del Metro Los Teques.....67

Tabla N°39. Resumen de Estimados de Costos de O&M desde el 2010 al 2020.....77

Tabla N°40. Resumen de Estimados de Costos de O&M desde el 2010 al 2020 con un 10% anual de incremento de precio del boleto.....77

ÍNDICE DE FIGURAS.

Contenido. **Pág.**

Figura N°1. Componentes Del Sistema Ferroviario.....11

Figura N° 2. Relación De Disponibilidad, Fiabilidad Y Mantenibilidad.....15

Figura N° 3. Factores que Influyen en La RAMS Ferroviaria.....18

Figura N° 4. Tipos De Mantenimiento Aplicados Al Sistema Ferroviario.....26

Figura N° 5. Gestión de Costos de O&M.....38

Figura N°6. Organigrama de los Costos de Operación.....48

Figura N° 7. Grafico Del IPC Real Desde 1996 Al 2009 (IPC Europeo).....51

Figura N° 8. Estimación Del IPC Hasta El Año 2025.....51

Figura N° 9. Resumen de la Metodología para el Estimado de Costos de O&M.....53

Figura N° 10. Parte Inferior De La Pantalla En El Archivo De Excel, Mantenimiento...54

Figura N° 11. Parte Inferior de la Pantalla en el Archivo de Excel, Operación.....59

Figura N°12. Parte Inferior de la Pantalla en el Archivo de Excel, Resumen.....61

Figura N° 13. Parte Inferior de la Pantalla en el Archivo de Excel, Gráfico % de O&M.....63

Figura N° 14. % de Costos de Mantenimiento.....63

Figura N° 15. % de Costos de Operación.....63

Figura N° 16. Características Principales de la Línea (Metro Los Teques).....64

Figura N° 17. Características de la Vía (Metro Los Teques).....65

Figura N° 18. Porcentajes Totales de los Costos de Mantenimiento.....75

Figura N° 19. Porcentajes Totales de los Costos de Operación.....76

Figura N° 20. Gráfica Mantenimiento Vs. Demanda.....78

Figura N° 21. Gráfica Costo Unitario Vs. Demanda.....79

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO.

FACULTAD DE INGENIERIA.

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL.

METODOLOGÌA PARA EL ESTIMADO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA FERROVIARIO

Trabajo Especial de Grado.

Autores: Br. Domenico Leonardo Russo Porco.

Br. Elizabeth Hidalgo Valderrama.

Tutor: Ing. Gabriel Vanorio Leyba.

Sinopsis.

El trabajo especial de grado a presentar tiene como objetivo general diseñar una metodología que permita estimar los costos de operación y mantenimiento de un sistema ferroviario conformado por la infraestructura, la superestructura, el material rodante, los sistemas integrales e instalaciones. A cada uno de estos elementos se analizan los diferentes componentes técnicos y costos de operación y mantenimiento.

La metodología de investigación del presente trabajo se desarrolla en cuatro etapas: la primera es el levantamiento de Información del tiempo de vida útil y del costo de los componentes que conforman el sistema ferroviario; el segundo es el análisis de la información obtenida la cual tiende a identificar y analizar las estructuras organizativas para la operación y mantenimiento del sistema; la tercera etapa establecerá una herramienta que permitirá determinar el costo global de operación y mantenimiento que tendrán los diferentes componentes del sistema ferroviario; por último se hará un estimado de los costos de operación y mantenimiento de un tramo ferroviario aplicando la metodología desarrollada.

Introducción.

Actualmente, el ferrocarril se ha convertido en uno de los medios de transporte más usados y promocionados por la mayoría de los países de todo el mundo debido a su gran capacidad de transporte, seguridad, eficiencia, rentabilidad y precio.

En Venezuela, el Ejecutivo Nacional está llevando a cabo importantes inversiones ferroviarias para el desarrollo de un sistema de líneas férreas que atraviesen el país de norte a sur y de este a oeste, pasando por las ciudades más importantes de las regiones de manera de proporcionar un mejor servicio a los usuarios.

El órgano encargado de la ejecución de la política ferroviaria nacional es el Instituto de Ferrocarriles Del Estado (IFE), ente que se caracteriza de garantizar un servicio que cumpla con las normas técnicas y estándares internacionales.

El sistema ferroviario venezolano está constituido por diferentes líneas que atraviesan gran parte del país. Las líneas actualmente operativas son el tramo Caracas – Tuy Medio "Ezequiel Zamora" y el tramo Puerto Cabello – Barquisimeto – Yaritagua – Acarigua. Aquellas en construcción son el Tramo Puerto Cabello – La Encrucijada "Ezequiel Zamora", Tramo Tinaco - Anaco, Tramo San Juan de Los Morros – Dos Caminos – Calabozo – San Fernando de Apure, Tramo Acarigua – Turén y Tramo Chaguaramas – Las Mercedes - Cabruta.

Otro sistema ferroviario es el transporte de cercanía (Metro) el cual se ha desarrollado en las principales ciudades de Venezuela, entre ellas el metro de Caracas, de los Teques, de Valencia y de Maracaibo.

Con la cantidad de tramos que se pondrán en operación en algunos años y el gran volumen de personas que se desplazaran a través de estas vías, se debe reducir al mínimo el tiempo de parada de los trenes, consecuencia directa de dos conceptos básicos para el funcionamiento eficiente del ferrocarril, la operación y el mantenimiento, los cuales tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en el sistema.

El propósito del estudio consiste en diseñar una metodología que permita estimar los costos de operación y mantenimiento de un sistema ferroviario conformado por la infraestructura, la superestructura, el material rodante, los sistemas integrales y las instalaciones.

En general esta investigación aborda la gestión, el mantenimiento y la operación de los sistemas ferroviarios para transporte de pasajeros o tipo metro, bajo la evaluación de los estimados de costos, con el objeto de que sirva de apoyo a estudios de profundización posteriores, en un campo virgen en cuanto a su investigación y totalmente inédito en la sistematización de los conocimientos existentes.

Tomando en consideración el rol fundamental de la contabilidad de los costos en la época moderna y considerando la importancia de los tipos de mantenimientos, se plantea el siguiente trabajo que parte de la situación normativa y organizativa Europea actual de los ferrocarriles para gerenciar la O&M del sistema ferroviario.

Planteamiento del Problema.

El desarrollo de sistemas de transporte ferroviario en Venezuela está recobrando gran importancia en tiempos actuales por los nuevos proyectos que impulsa el gobierno nacional, de los cuales algunos se están llevando a cabo y ya algunos se encuentran culminados.

En Venezuela no se tiene una cultura de mantenimiento y cuando se hace es porque ya existe una avería, situación que no es un problema técnico sino de cultura y denota poco interés que se tiene de emprender verdaderos planes de mantenimiento que conlleven a vigorizar la operatividad de estos sistemas. El propósito de esta investigación es estimar los costos de O&M que permitan controlar e incrementar las actividades de este medio de transporte, contando con mayor tiempo de operatividad, alargando su tiempo de vida útil, garantizando la fiabilidad del servicio, reduciendo el costo del ciclo de vida a largo plazo y los costos de mantenimiento.

Si se logra disminuir el deterioro progresivo del mismo y se obtiene una reducción considerable en el costo de O&M de cada uno de las componentes que conforman el sistema de transporte de ferroviario, se obtendrán resultados satisfactorios que se verán reflejados en el rentabilidad de la obra ferroviaria y en la satisfacción del usuario que usa éste servicio.

Lo planteado anteriormente obliga a analizar una gestión y planificación de costos de operación y mantenimiento de un sistema de transporte ferroviario.

Objetivos.

Objetivo General.

Diseñar una metodología que permita estimar los costos de operación y mantenimiento de un Sistema Ferroviario, lo cual constituye un elemento fundamental para la evaluación de un Proyecto Ferroviario en fase de planificación o de servicio, así como para la determinación de tarifas y presupuestos para la operación y mantenimiento.

Objetivo Especifico.

- Analizar los diferentes componentes técnicos y de costos de mantenimiento de un Sistema Ferroviario (Infraestructura, Superestructura, Sistema Integral e Instalaciones).
- Identificar las estructuras de costos de operación y mantenimiento de un Sistema Ferroviario.
- Analizar las estructuras organizativas para la operación y mantenimiento de un Sistema Ferroviario.
- Analizar los procesos de mantenimiento de cada uno de los Sub-sistemas del Sistema Ferroviario.
- Establecer una metodología para el estimado de los costos de operación y mantenimiento de Sistemas Ferroviarios.
- Aplicación de la metodología a un proyecto típico.

Antecedentes.

Dada la problemática actual del país en la cual el sistema de transporte terrestre se encuentra congestionado, surge la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que ayuden a solucionar el problema del tránsito. Es por ellos que el sistema ferroviario se posiciona como uno de los más importantes en el desarrollo integral de los medios de transporte.

Para la realización de la siguiente investigación, se hizo una revisión bibliográfica del material existente en los distintos organismos del Estado relacionados con el área, así como los trabajos de investigación y/o libros publicados en el área.

La tesis desarrollada sigue una línea de investigación teórica, orientada hacia la elaboración de una metodología que permita la estimación de los costos de operación y mantenimiento de los sistemas ferroviarios, basado en referencias de costos paramétricos y experiencias de otros sistemas ferroviarios.

Alcance.

Con esta investigación se pretende desarrollar una tabla que estime los costos generales de O&M a través de porcentajes ponderados obtenidos de referencias bibliográficas europeas y costos del proyecto del tren de alta velocidad en Brasil, tramo Rio de Janeiro- Sao Paulo.

Los resultados de las tablas serán analizados e interpretados para finalmente presentar recomendaciones y conclusiones acerca de los costos de O&M de cada uno de los componentes del sistema ferroviario.

Limitaciones.

Las limitaciones que se pueden presentar en la ejecución del siguiente Trabajo Especial de Grado propuesto son:

- El difícil acceso a la información sobre costos de operación y mantenimiento de los sistema ferroviarios nacionales.
- El limitado número de referencias de costos parametricos de sistemas ferroviarios a nivel internacional.
- La limitada referencia bibliográfica sobre el tema presentado.

Marco Metodológico.

Naturaleza de Investigación:

El presente trabajo se orienta al estudio del área de mantenimiento y operación en el sector ferroviario, basándose en indicadores de referencias ferroviarios Europeos y en los costos de mantenimiento del proyecto ferroviario en fase de planificación del tramo Río de Janeiro – Sao Paulo. En consecuencia se estudiaron los elementos de análisis representados por las diversas operaciones de mantenimiento.

En tal sentido, se definen los tipos de mantenimiento y las actividades que se ejecutan para lograrlo, además de conocer los costos de operación necesarios para alcanzar este cometido.

Nivel de Investigación:

La modalidad de investigación adoptada en el presente estudio es descriptiva, pues se trata de caracterizar el comportamiento de las variables en el área de operación y mantenimiento, relativos a los costos referenciales paramétricos, a los porcentajes de mantenimiento y a los costos de operación. Estos resultados permitirán efectuar una estimación de los costos de O&M en el sector ferroviario.

En segundo término la investigación es también explicativa, por cuanto se busca analizar las posibles causas y consecuencias de no alcanzar el modelo de gestión de mantenimiento según las pautas establecidas teóricamente.

Técnicas de la Recolección de Datos:

El Análisis de datos es el inicio de la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad, de éste modo se podrán establecer las relaciones causa-efecto entre los elementos que comprenden el objeto de investigación.

El trabajo define variables de carácter cualitativo y cuantitativo, expresados en porcentajes, que serán analizados empleando una metodología de estimación a partir de datos referenciales, a fin de describir y explicar la realidad del mantenimiento y operación en el sector ferroviario.

Técnicas de Análisis:

- Repetición de lo que se ha dicho y acopio de las fuentes bibliográficas relacionada con la materia en cuestión.
- Usos de costos referenciales paramétricos basados en índices de precios al consumidor (IPC) tomados de fuentes Europeas.
- Agrupación en cuadro de los resultados en función de los componentes del sistema ferroviario.

Capítulo I

Sistemas Ferroviarios.

1.1 Definición.

El sistema ferroviario está compuesto por los terrenos, infraestructuras de superficie o subterráneas, superestructuras de vías e instalaciones que sirven para la utilización de los ferrocarriles como modo de transporte de personas y mercancías.

El sistema ferroviario comprende:

-**La zona de vías**: constituida por los terrenos ocupados por las vías y sus instalaciones complementarias.

-**La zona ferroviaria**: constituida por los terrenos que sirven de soporte a talleres, patios, almacenes, y, en general, de cualquier instalación directamente relacionada con la explotación del ferrocarril

-**La zona de servicio ferroviario**: constituida por los terrenos ocupados por los andenes, estaciones y demás equipamientos que permitan la utilización del servicio por los ciudadanos.

1.2 Elementos que Conforman un Sistema Ferroviario

1.2.1 Infraestructura.

Es el conjunto de obras formadas por cortes, terraplenes, alcantarillas, puentes, túneles, movimientos de tierra en general, que permitan constituir una fundación estable y de soporte a la superestructura. Dichos componentes son:

- **Plataforma.**

Constituye el elemento de soporte de la estructura de la vía, de la que recibe, por medio de la capa de balasto, las tensiones debidas a las acciones del tráfico. Las plataformas ferroviarias tienen como función proporcionar el apoyo a la estructura de vía, de modo que no sufra deformaciones que impidan o influyan negativamente en la explotación, bajo condiciones de tráfico que van a estar determinadas por el estado de la vía.

Tipos de Plataformas:

- Plataformas formadas por suelos naturales y tratados: se distinguen sobre terreno natural, en corte o trinchera y sobre terraplén.
- Plataformas fabricadas o construidas: Son las diseñadas estructuralmente y generalmente son compuestas de concreto armado y/o acero.

- **Obras de Arte Mayores.**

Son aquellas construcciones que contempla la infraestructura de la vía férrea y comprenden entres otras:

- **Puentes:** son estructuras para unir una vía y facilitar el movimiento sobre obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras; normalmente se construyen en acero, concreto reforzado o concreto pre-reforzado.
- **Viaductos:** son obras de gran longitud con varias luces, las cuales salvan vaguadas o depresiones por cuyo fondo puede circular una corriente de agua.
- **Túneles:** Son galerías subterráneas para dar paso a una vía de comunicación. En la construcción de cualquier tipo de túnel se debe tener un conocimiento de las condiciones geológicas que se deben anticipar; entre dichas condiciones se tiene: presencia de fallas, dirección y grado de estratificación, grietas y juntas, presencia de aguas y otras.

- **Obras de Arte Menores.**

- **Pontones:** Son obras pequeñas de paso de luces superiores a tres metros (3 m) y que no exceden de diez metros (10 m).
- **Muros de Contención:** Es un tipo estructura de contención rígida, destinada a contener algún material, generalmente tierras, es decir, se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales.

- **Edificaciones:**

✓ **Patios y talleres:** Son lugares destinados al almacenamiento de trenes y vehículos auxiliares, a sus reparaciones, revisiones y limpieza.

- Instalaciones para mantenimiento de primer nivel.
- Instalaciones para mantenimiento de segundo nivel.
- Instalaciones para mantenimiento de tercer nivel.
- Instalaciones para mantenimiento de tercer nivel.
- Estaciones de pasajeros.
- Sector ferroviario:
- Sector del edificio de servicio.
- Sector de medios complementarios.

- ✓ **Los Interpuertos:** Son instalaciones complejas de infraestructuras y servicios destinados al cambio de mercancías entre las diferentes modalidades de transporte, ya que están en conexión con puertos, aeropuertos, carreteras y autopistas, por lo tanto contienen un terminal intermodal idóneo para la formación y recepción de trenes completos.

1.2.2 Superestructura.

Es el conjunto de elementos que conforman la vía férrea, tales como durmientes, balasto, rieles, fijaciones y aparatos de vía.

- ➢ **Balasto.**

Es piedra de cantera, triturada y cribada, de un tamaño que oscila entre ¾ y 1 pulgada. Se deposita sobre el terraplén y bajo los durmientes.

Tiene como funciones las siguientes:

- ✓ Proporcionar un buen drenaje al agua de lluvia.
- ✓ Mantener los durmientes en posición correcta.
- ✓ Conservar el nivel transversal y longitudinal de la vía.
- ✓ Transmitir y distribuir las cargas al subsuelo producto del paso de las ruedas del tren.

- ➢ **Durmientes.**

Son las piezas que se colocan transversalmente sobre el balasto y que distribuyen la carga de las ruedas a través de la vía. Además de soportar los rieles, mantiene la separación entre ellos. Los durmientes pueden ser construidos de diferentes tipos de material, sin embargo comúnmente se conocen dos tipos:

- ▪ **Durmientes de Madera:** Son piezas de longitud determinada, con muescas o entallado que se colocan en ángulo recto de la vía férrea, los cuales reposan en un lecho de balasto para cumplir su función principal: soportar los rieles, conjuntamente con las planchuelas o placas de asientos, teniendo como fijación los clavos de la vía.
- ▪ **Durmientes de Concreto:** Mismas características de la descripción anterior con la diferencia de que estas son de concreto pretensado, los cuales tienen mayor resistencia y mayor vida útil que el durmiente anterior.

- ➢ **Riel.**

- ✓ El riel es un lingote o barra metálica sobre las que se desplazan las ruedas de los trenes. Los rieles se disponen como una de las partes fundamentales de las vías férreas y actúan como soporte, dispositivo de guiado y elemento conductor de la

corriente eléctrica. La característica técnica más importante del ferrocarril es el contacto de la rueda con pestaña y el riel, siendo sus principales cualidades su material, forma y peso.
Consta de tres partes:

- **Cabeza u hongo:** parte superior del riel como banda de rodamiento.
- **Alma:** Parte más delgada o perfil, que sirve de unión entre la cabeza y el patín o base.
- **Patín o base:** que sirve de soporte al hongo y alma.

➢ **Elementos de Fijación y Unión.**

Los elementos de fijación constituyen otro de los elementos importantes de la vía; ellos deben soportar las fuerzas que se transmiten entre el riel y el durmiente, y al mismo tiempo, debe aportar elasticidad al conjunto. En todos los tipos de sujeción se coloca entre el riel y el durmiente una placa de caucho de poco espesor, que sirve para incrementar la elasticidad del conjunto. Las fijaciones se clasifican en:

- Sujeciones directas.
- Sujeciones indirectas.
- Sujeciones rígidas.
- Sujeciones elásticas.

➢ **Aparatos de vías.**

Permiten la ramificación y el cruce de los itinerarios del ferrocarril, es decir, los aparatos de vía tienen por objeto realizar bien el desdoblamiento o el cruce de las vías, aun cuando adoptan formas variadas, Se distinguen varios tipos de aparatos de vía.

- Los desvíos, que permiten a un itinerario ramificarse en dos o más vías siendo los ejes de las vías tangentes entre sí.
- Las travesías, que permiten la intersección de dos itinerarios y por lo tanto los ejes de las vías se cortan.
- Los cruzamientos, lugares donde dos vías se cruzan, pero sin posibilidad de cambiar de una a otra.

1.2.3 El Sistema Integral.

Compuesto por todos los sistemas necesarios para el funcionamiento de trenes e integrado por los siguientes subsistemas:

- Señalización y control.
- Alimentación o Electrificación.
- Telecomunicaciones.

1.2.4 Material Rodante.

Son todos los tipos de vehículos dotados de ruedas capaces de circular sobre la vía férrea, considerándolos como vehículo aislado, tales como:

- **Locomotora:**

Es el material rodante con motor que se utiliza para dar tracción a los trenes, es decir, es un vehículo motor destinado al empuje o arrastre y vagones ferroviarios. Se suele clasificar por el tipo de tracción, en cuanto a la fuente de energía de esa tracción:

- Locomotora de Vapor.
- Locomotora de Diesel.
    - ✓ Diesel-eléctricas.
    - ✓ Diesel-hidráulicas.
- Locomotora Eléctrica.

- **Vagones de Carga:**

Son vehículos robustos usados para transportar mercancías, carga o servicios auxiliares, y se emplean de diferentes tipos entre los que se encuentran:

- Vagones Tolvas.
- Vagones plataformas.

- **Coches:**

Son los vehículos ferroviarios destinados al transporte de viajeros o usuarios; deben ofrecer servicios de correos, equipaje, comedor, alojamiento, entre otros.

- **Carros de Servicios:**

Estos carros se utilizan en la construcción y mantenimientos de vías, en la medición de gálibos, para transportar tiras del riel soldado, para limpiar el balasto y cunetas, en la inspección ligera, carros grúas, entre otras.

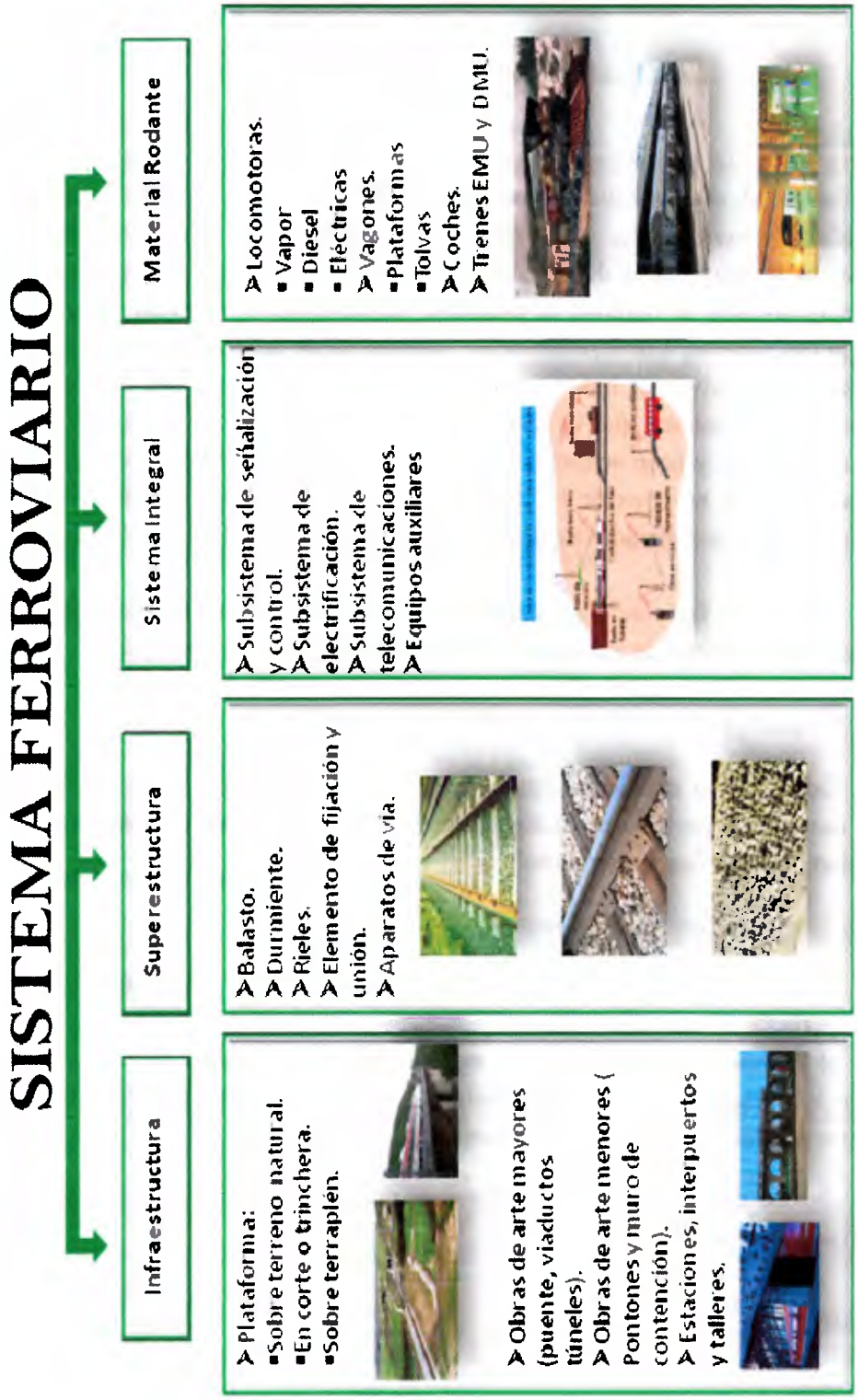


Figura N° 1 Componentes del Sistema Ferroviario.

Capítulo II

Los RAMS y La Operación Ferroviaria.

2.1 Los RAMS.

La fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad, del acrónimo en inglés RAMS (Reliability, Availability, Maintainability and Security) , son características del funcionamiento a largo plazo de un sistema y se consigue mediante la aplicación de conceptos establecidos de ingeniería, métodos, herramientas y técnicas durante todo el ciclo de vida del sistema. Los RAMS de un sistema puede describirse como indicadores cualitativos y cuantitativos de hasta qué punto pueden confiarse en que el sistema, o los subsistemas y componentes que lo forman, funcionen tal y como se especifica y, a la vez, estén disponibles y sean seguros. Los RAMS del sistema están especificados en el contexto de la norma europea de la "Especificación Y Demostración de la Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad (RAMS)", código UNE-EN 50126.

La función de las cláusulas RAMS es de traducir en parámetros objetivamente mensurables los requisitos de fiabilidad, disponibilidad y mantenibiliadad.

2.1.1 Fiabilidad:

La fiabilidad se considera como la probabilidad de que un sistema o equipo funcionen durante un período de tiempo determinado, en las condiciones especificadas. "Probabilidad de buen funcionamiento".

Se mide básicamente con dos parámetros:

a. **Tiempo medio entre fallas; en inglés Média Between Time Fails (MBTF):**

Es el tiempo promedio que un equipo, maquina, línea o planta cumplen su función sin interrupción debido a una falla funcional o de igual manera, es el tiempo medido entre dos intervalos de mantenimiento.

- ✓ Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros por fallas.

$$\text{MBTF} = \frac{\text{TTO}}{\#\text{F}}$$

Donde:

TTO= Tiempo total de operación en el período.

#F= Número total de fallas.

- ✓ Proporciona el tiempo promedio de operación normal entre fallas.
- ✓ Indicador de Confiabilidad.

b. Tasa de fallas; en inglés Fail Rate (FR):

Es el inverso del MTBF. Básicamente expresa la cantidad de fallas por unidad de tiempo.

$$\text{FR} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Tiempo de operación}}$$

Puede ser expresado como la cantidad de unidades que fallan en un sistema dado:

- ✓ Porcentaje de fallas – FR (%)

$$\text{FR} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades probadas}} * 100\%$$

- ✓ Índice de fallas – FR (%)

$$\text{FR} = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de unidades en el t considerado}} * 100\%$$

2.1.2 Disponibilidad.

Es la capacidad del sistema o grupo de equipos para realizar las funciones que se le asignan, cumpliendo con especificaciones y estándares, durante un tiempo determinado, suponiendo que todos los recursos externos le son adecuadamente suministrados.

a. Tiempo medio para restaurar; en inglés Medium Time To Reparation (MTTRt)

Es el tiempo para restaurar la función de un sistema, equipo, maquinaria, línea o proceso después de una falla funcional. Incluye tiempo para analizar y diagnosticar la falla, tiempo para conseguir el repuesto, tiempo de planificación, etc. Es una medición de la mantenibilidad de un equipo.

- ✓ Se obtiene dividiendo el tiempo total de las reparaciones entre el número total de fallas en un sistema.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{TTR}}{\#\text{F}}$$

Donde:

TTR= Tiempo total empleado en restaurar la operación después de cada falla.

#F= Número de fallas totales.

b. Tiempo medio para reparar; en inglés Medium Time To Retauration (MTTRr):

Es el tiempo medio o valor medio esperado para efectuar una reparación según especificaciones del sistema o equipos y según estándares aprobados. Este indicador mide la efectividad en restituir una unidad a condiciones estándares de operación, desde que se inician las tareas en una unidad fuera de servicio, hasta que las mismas se terminan a satisfacción.

- ✓ Se obtiene dividiendo el tiempo total de las reparación entre el número total de fallas en un sistema.

$$MTTR = \frac{MTOS}{\#F}$$ Donde:

MTOS= Tiempo mediano fuera de servicio; en inglés Medium Time Out of Service.

#F= Número de fallas totales.

2.1.3 Mantenibilidad.

Se refiere a índices de diseño y mantenimiento de un sistema o equipo en un tiempo dado (t), por tanto, es la capacidad del sistema que representa la cantidad de esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento u operación normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla.

- ✓ Facilidad para el mantenimiento.
- ✓ Reducción del MTTRt (Tiempo medio para restaurar).
- ✓ Indicador es el MTTRr (Tiempo medio para reparar).

La mantenibilidad depende por lo menos de las características siguientes:

- Accesibilidad.
- Posibilidad de diagnostico.
- Posibilidad de extracción.
- Posibilidad de manipuleo.
- Actitud de limpieza.

Las características de mantenibilidad de un sistema se realizan en gran parte en fase de diseño. En efecto, en dicha fase es posible individuar:

- Áreas críticas, en lo que refiere a la posibilidad de efectuar las operaciones de mantenimiento.
- Necesidad de contar con instrumentos para diagnósticos, rápido y simple, de las averías.
- Estudio y desarrollo de aparatos dedicados al mantenimiento.

Relación de Fiabilidad, Disponibilidad Y Mantenibilidad.

$$D = \frac{MBTF}{MBTF + MTTR}$$

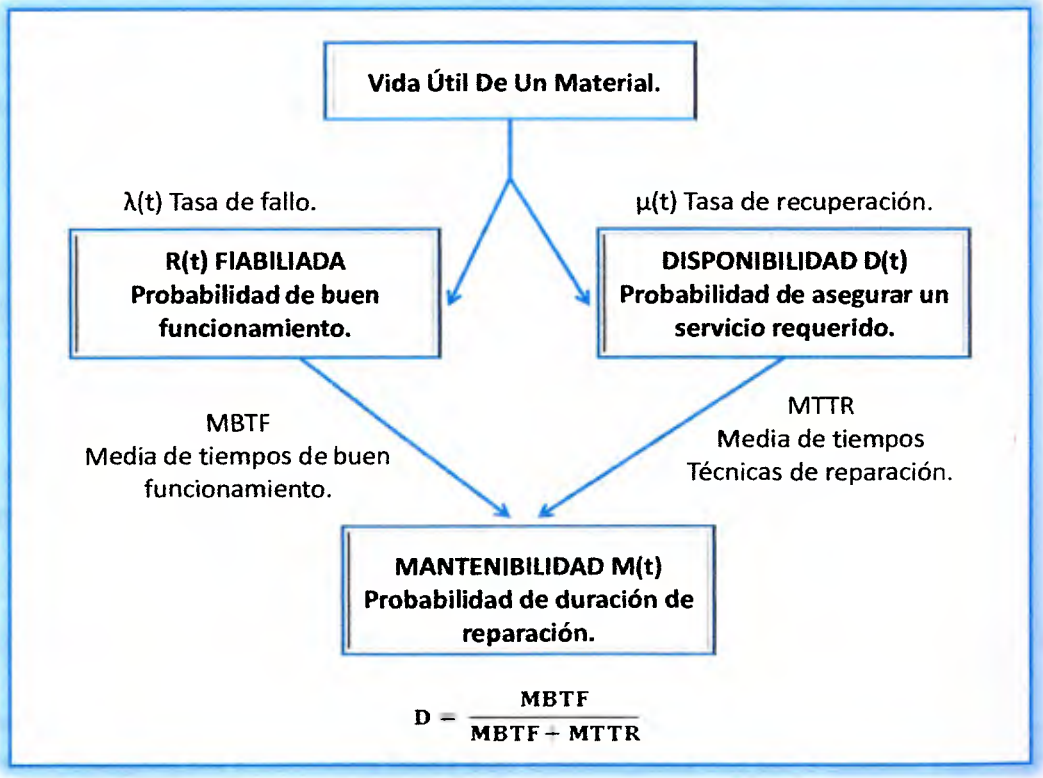


Figura Nº 2. Relación de Disponibilidad, Fiabilidad y Mantenibilidad.

2.1.4 Calidad del Servicio.

En un sistema ferroviario no puede operarse sólo con criterios económicos, pues podría caerse en una degradación paulatina que, en el medio y largo plazo, redundaría en una reducción de la calidad de servicio y de los activos que intervienen en la explotación. Es por ello que deben implementarse herramientas de control técnico y de calidad.

Los conceptos técnicos de seguridad se basan en un conocimiento de:

a) La fiabilidad en lo referente a:
   - todos los posibles modos de fallos del sistema en la aplicación especificada y su entorno;
   - la probabilidad de ocurrencia de cada fallo o alternativamente, la tasa de ocurrencia de cada fallo;
   - el efecto del fallo sobre la funcionalidad del sistema.

b) La mantenibilidad en lo referente a:
   - el tiempo de realización de mantenimiento planeado;
   - el tiempo de detección, identificación y localización de los defectos;
   - el tiempo de restauración del sistema que ha fallado (mantenimiento no planeado)

c) El funcionamiento y el mantenimiento en lo referente a:
   - todos los modos de fallo del sistema que pudieran conducir a un peligro (modos de fallo relacionados con la seguridad). Éste es un subconjunto de todos los modos de fallo de fiabilidad;
   - la probabilidad de que se produzca cada modo de fallo del sistema relacionado con la seguridad;
   - la secuencia y / o la coincidencia de sucesos, fallos, estados operativos, condiciones ambientales, etc., en la aplicación que pudieran resultar en un accidente. (Por ejemplo, un peligro que resulte en un accidente).

d) La mantenibilidad de las partes del sistema relacionadas con la seguridad en lo referente a:
   - la facilidad de llevar a cabo el mantenimiento de aquellos aspectos o partes del sistema o de sus componentes que están asociados a un peligro o a un modo de fallo relacionado con la seguridad;
   - la probabilidad de que se produzcan errores durante las acciones de mantenimiento de dichas partes del sistema relacionadas con la seguridad;
   - el tiempo para devolver el sistema a un estado de seguridad.

e) la operación y el mantenimiento del sistema de las partes del mismo relacionadas con la seguridad en lo referente a:
   - la influencia de factores humanos sobre el mantenimiento efectivo de todas las partes del sistema relacionadas con la seguridad y el funcionamiento seguro del sistema;
   - las herramientas, instalaciones y procedimientos para el mantenimiento eficaz de las partes del sistema relacionadas con la seguridad y destinadas a su seguro funcionamiento;
   - los controles y medidas eficaces para enfrentarse a un peligro y mitigar sus consecuencias.

2.2 Gestión de los RAMS Ferroviarios.

2.2.1 Factores que Influyen en los RAMS Ferroviarios.

Los RAMS de un sistema ferroviario influyen de tres formas: por fuentes de fallos introducidos internamente dentro del sistema en cualquier fase del ciclo de vida del mismo (condiciones del sistema), por fuentes de fallos impuestos sobre el sistema durante su funcionamiento (condiciones de funcionamiento) y por fuentes de fallos impuestos sobre el sistema durante las actividades de mantenimiento (condiciones de mantenimiento). Estas fuentes de fallos pueden interactuar.

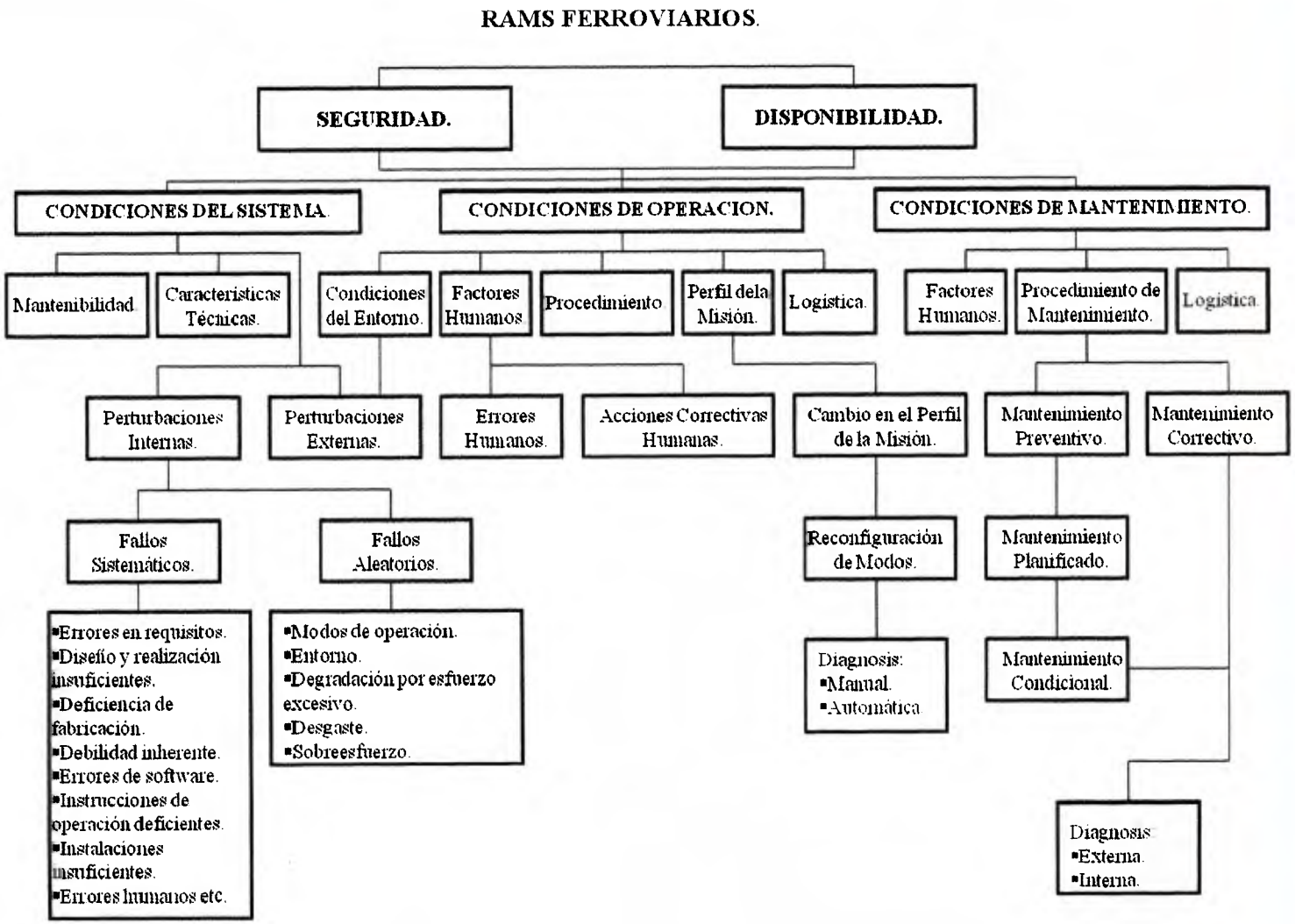


Figura Nº 3. Factores que Influyen en los RAMS Ferroviarios.

2.2.2 Medios para alcanzar los requisitos de los RAMS Ferroviarios.

Los medios utilizados para alcanzar los requisitos RAMS, se basan en el concepto de tomar precauciones para reducir al mínimo la posibilidad de que suceda un deterioro como consecuencia de un error durante las fases del ciclo de vida. La precaución es una combinación de:
a) prevención: que se ocupa de reducir la probabilidad del deterioro;
b) protección: que se ocupa de reducir la gravedad de las consecuencias del deterioro.

Riesgo:
El concepto de riesgo consiste en la combinación de dos elementos:

- la probabilidad de ocurrencia de un suceso o una combinación de sucesos que conduzcan a un peligro, o la frecuencia de tal ocurrencia;

- la consecuencia del peligro.

Frecuencia con que se dan sucesos de peligro.

Categoría.	Descripción.
Frecuente.	Es probable que ocurra con frecuencia. El peligro se experimentará frecuentemente.
Probable.	Se dará varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra con frecuencia.
Ocasional.	Es probable que se de varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra varias veces.
Remoto.	Es probable que se dé alguna vez en el ciclo de vida del sistema. Puede razonablemente esperarse que el peligro ocurra.
Improbable.	Es improbable, aunque posible que ocurra. Puede suponerse que el peligro ocurrirá excepcionalmente.
Increíble.	Es extremadamente improbable que ocurra. Puede esperarse que el peligro pueda no ocurrir.

Tabla N° 1.

Nivel de Gravedad del Peligro.

Nivel de Gravedad.	Consecuencia para las Personas o el Medio Ambiente.	Consecuencia para el Servicio.
Catastrófico.	Víctimas mortales y/o múltiples heridas graves y/o daños importantes al medio ambiente.	Pérdida total de un sistema principal.
Crítico.	Una sola víctima mortal y/o herida grave y/o daños señalados al medio ambiente.	Pérdida parcial de un sistema principal.
Mínimo.	Heridas menores y/o peligro señalada al medio ambiente.	Daño grave a sistemas.
Insignificante.	Posible herida menor.	Daño menor al sistema.

Tabla N° 2.

Categoría Cualitativa del Riesgo.

Evaluación de Riesgo.	Control / Reducción del Riesgo.
Intolerable.	Debe eliminarse.
No deseable.	Sólo debe aceptarse cuando la reducción del riesgo sea impracticable y con el acuerdo de la autoridad ferroviaria.
Tolerable.	Aceptable con control adecuado y acuerdo de la autoridad ferroviaria.
Insignificante.	Aceptable sin acuerdo alguno.

Tabla N° 3.

2.2.3 Ciclo de Vida del Sistema.

El ciclo de vida del sistema es una secuencia de fases, cada una de las cuales contiene tareas que abarcan la vida completa de un sistema desde su concepto inicial hasta la retirada del servicio y la eliminación. El ciclo de vida proporciona una estructura para la planificación, la gestión, el control y la supervisión de todos los aspectos de un sistema, incluido los RAMS, a medida que el sistema avanza a través de sus fases, con el fin de entregar el producto adecuado al precio correcto dentro del plazo acordado. El concepto de ciclo de vida es fundamental para la puesta en práctica con éxito de esta norma.

Para cada fase de este ciclo de vida, las principales tareas se muestran en las tablas N°4 y N°5. Dichas tablas muestran las tareas RAMS como componentes de tareas generales del proyecto a cada fase.

FASE CICLO DE VIDA.	TAREAS GENERALES RELACIONADAS CON LA FASE.	TAREAS RELACIONADAS CON LA FASE.	TAREAS DE LA SEGURIDAD RELACIONADAS CON LA FASE.
1. Concepto.	▪Establecer el ámbito y propósito del proyecto ferroviario. ▪Definir el concepto del proyecto ferroviario. ▪Realiza el análisis financiero y estudios de vialidad. ▪Establecer equipos de gestión.	▪Revisar las ejecuciones RAM en proyectos anteriores. ▪Considerar las implicaciones RAM del proyecto.	▪Revisar la ejecución de seguridad de proyectos anteriores. ▪Considerar las implicaciones de seguridad del proyecto. ▪Revisar la politica y objetivos de la seguridad.
2. Definición del sistema y condiciones de aplicación.	▪Establecer el perfil de la misión del sistema. ▪Preparar la descripción del sistema. ▪Identificar la estrategia de operación y mantenimiento. ▪Identificar las condiciones de operación y mantenimiento. ▪Identificar la influencia de las restricciones de la infraestructura existente.	▪Establecer los datos RAM de anteriores experiencias. ▪Realizar el análisis RAM preliminar. ▪Establecer la politica RAM ▪Identificar las condiciones de operación y mantenimiento a largo plazo. ▪Identificar la influencia en RAM de las restricciones de la infraestructura existente	▪Evaluar los datos de seguridad de anteriores experiencias ▪Realizar el análisis de peligro preliminar. ▪Establecer el plan de seguridad (general). ▪Definir las condiciones de operación y mantenimiento a largo plazo. ▪Identificar la influencia RAM de las restricciones de la infraestructura existente.
3. Análisis de riesgo	▪Emprender el análisis de riesgos relacionado con el proyecto.		▪Realizar el análisis de peligros y equipos de la seguridad del sistema. ▪Estructurar el registro de peligros. ▪Realizar la evaluación de riesgos.
4. Requisitos del sistema.	▪Emprender análisis de requisitos ▪Especificar el sistema (Requisitos globales). ▪Especificar el entorno. ▪Definir los criterios de demostración y adquisición del sistema (Requisito general): ▪Establecer un plan de validación. ▪Establecer los requisitos de gestión, calidad y organización. ▪Implementar los procedimientos de control de cambio.	▪Especificar los requisitos RAM del sistema (global). ▪Definir los criterios RAM de aceptacion (global). ▪Definir la estructura funcional del sistema. ▪Establecer el programa RAM. ▪Establecer la gestión RAM.	▪Especificar los requisitos de seguridad del sistema (global) ▪Definir los criterios de adquisición de la seguridad (global). ▪Definir los requisitos relacionados con la seguridad funcional. ▪Establecer gestión de seguridad.
5. Distribución de los requisitos del sistema.	▪Distribución de los requisitos del sistema. - Especificar los requisitos de los subsistemas y componentes - Definir los criterios de aceptación de subsistemas y componentes.	▪Distribución de los requisitos RAM del sistema. - Especificar los requisitos RAM de los subsistemas y componentes. - Definir los criterios de aceptación RAM de subsistemas y componentes.	▪Distribución de los requisitos y objetivos de la seguridad del sistema. - Especificar los requisitos de seguridad de los subsistemas y componentes. - Definir los criterios de aceptación de seguridad de los subsistemas y componentes. ▪Actualizar el plan de seguridad del sistema.
6. Diseño e implantación.	▪Ejecutar la planificacion. ▪Ejecutar el diseño y desarrollo. ▪Ejecutar el análisis de diseño y practicas. ▪Ejecutar la variación del diseño. ▪Ejecutar la implantación y validación. ▪Ejecutar el diseño de los recursos de apoyos logísticos.	▪Implementar el programa RAM mediante revision, analisis, pruebas y evaluación de los datos, cubriendo: - Fiabilidad y disponibilidad. - Politica optima de mantenimiento - Soporte logístico. ▪Emprender el control del programa, cubriendo: - Gestión del programa RAM. - Control de subcontratas y proveedores.	Implementar el plan de seguridad mediante revision, análisis, pruebas y evaluación de los datos dirigiéndose a: ▪Registros de peligro. ▪Análisis de peligros y evaluación de riesgos. ▪Emprender el programa de control, cubriendo: - Gestión de seguridad. - Control de subcontratas y proveedores. ▪Preparar un caso de seguridad genérico. ▪Preparar, si es adecuado, un caso de seguridad.

Tabla N° 4.

FASE CICLO DE VIDA.	TAREAS GENERALES RELACIONADAS CON LA FASE.	TAREAS RELACIONADAS CON LA FASE.	TAREAS DE LA SEGURIDAD RELACIONADAS CON LA FASE.
7.Producción.	▪Ejecutar el plan de producción. ▪Fabricar. ▪Fabricar y probar el montaje de componentes. ▪Preparar documentación ▪Establecer la formacion.	▪Realizar las pruebas de resistencia en condiciones ambientales. ▪Realizar las pruebas de mejora RAM. ▪Comenzar el Sistema de Comunicación de Fallos y Medidas Correctivas (FRACAS)	▪Implementar el plan de seguridad mediante revisión, análisis, pruebas y evaluación de datos. ▪Utilizar el registro de peligros.
8. Instalación	▪Montar el sistema ▪Instalar el sistema.	▪Empezar la formación personal de mantenimiento. ▪Establecer el abastecimiento de piezas de repuestos y herramientas.	▪Establecer el programa de instalación. ▪Implementar el programa de Instalación.
9. Validación del sistema (inc. Aceptación de seguridad y puesta en servicio).	▪Puesta en servicio ▪Realizar el periodo de pruebas de operación. ▪Emprender la formación.	▪Realizar la demostración RAM	▪Establecer el programa de puesta en servicio. ▪Implementar el programa de puesta en servicio ▪Preparar el Caso de Seguridad especifico de aplicación.
10. Aceptación del sistema.	▪Emprender procedimientos de aceptación, basados en criterios de aceptación. ▪Recopilar pruebas para la aceptacion. ▪Entrada de servicio. ▪Continuar periodo de pruebas de operación (si es aplicable)	▪Evaluar la demostración RAM	▪Evaluar el Caso de Seguridad especifico de la aplicación.
11. Operacion y Mantenimiento.	▪Operación del sistema a largo plazo ▪Realizar el lanzamiento del mantenimiento ▪Emprender el lanzamiento de la formación.	▪Lanzamiento de compras de piezas de repuesto y herramientas. ▪Realizar el lanzamiento del mantenimiento centrado fiabilidad, soporte logistico. ▪Recopilar, analizar, evaluar y utilizar las estadisticas de RAM y ejecución.	▪Emprender el lanzamiento del mantenimiento centrado en la seguridad. ▪Realizar el lanzamiento del control de la ejecución de seguridad y mantenimiento.
12. Supervisión de la Ejecucion.	▪Recopilar estadisticas de ejecución operacional ▪Adquirir, analizar y evaluar los datos	▪Recopilar, analizar, evaluar y utilizar las estadisticas de RAM y ejecución.	▪Recopilar, analizar, evaluar y utilizar las estadisticas de Seguridad y ejecución
13. Modificación y realimentación	▪Implementar los procedimientos de cambio de requisitos ▪Implementar los procedimientos de modificación y realimentación	▪Considerar las implicaciones RAM para la modificacion y realimentacion.	▪Considerar las implicaciones de Seguridad para la modificación y realimentación.
13.Retirada de servicio y eliminación.	▪Plan de retirada de servicio y eliminacion. ▪Emprender la retirada de servicio. ▪Emprender la eliminación.	▪No hay actividad para RAM	▪Establecer un plan de seguridad ▪Realizar un análisis de peligros y evaluación de riesgos. ▪Implementar el plan de seguridad.

Tabla Nº 5.

2.2 Operación Eficiente.

Dentro del término internacionalmente conocido como Explotación ferroviaria se entiende que está comprendido el aspecto de operar más el de mantener una línea o una red.

La gestión de los recursos para cubrir una demanda es hoy en día una fuente de claro debate ya que si se optimizara solo el resultado económico habría muchas líneas y servicios que deberían cerrarse, u operarse a un costo mayor que para el usuario lo haría seleccionar otro tipo de trasporte. Es por ello que todas las empresas deben trabajar con el binomio servicio-rentabilidad siempre presente.

Cabe precisar que los costos e ingresos están reflejados en euros debido a la bibliografía utilizada, la cual se desarrolló en España.

En la actividad del operador del transporte ferroviario se toma como unidad que ofrece el mercado la plaza-kilómetro, donde los costos unitarios deben referirse a las plazas-kilómetros producidas y utilizadas. De esta forma, el costo del servicio producido por el operador es:

Costo total = Costo unitario (€ / Plaza · Km.) x *Plazas Km. producidas.*

Por lo que se refiere a los ingresos, éstos se deben vincular al tráfico realizado a través del concepto de *ingreso medio*, entendiendo por tal las unidades monetarias que paga un viajero para recorrer un kilómetro. De esta forma los ingresos son los siguientes:

Ingresos de tráfico (€) = Ingreso medio (€ / v · Km) x Trafico (v · Km.)

Como los costos se vinculan a la oferta, y los ingresos a la demanda, para obtener una ecuación que relacione unos y otros es preciso introducir en ella el aprovechamiento que es el índice que mide la relación entre la oferta de plazas y el tráfico realizado.

$$\text{Aprovechamiento} = \frac{\text{Viajeros} * \text{Km}}{\text{Plazas} * \text{Km}}$$

En virtud de lo expuesto, el resultado económico de la operación, ligando tráfico y oferta a través del aprovechamiento, puede calcularse de la siguiente forma:

Beneficio operativo del operador (€) = [Ingreso medio (€/v.km) x Trafico (v.km)] – [Costos unitarios (€/plaza.km) x (Tráfico (v.km)/ Aprovechamiento (%))].

Como lo relevante desde el punto de vista de la visión económica del operador es la rentabilidad sobre activos, puede expresarse dicha rentabilidad de la siguiente forma:
Rentabilidad Operativa (%)= Beneficio Operativo del Operador / *Valor de trenes empleados en la operación (€).*

Capítulo III

Mantenimiento Ferroviario.

3.1 Mantenimiento.

Es el conjunto de acciones que permiten conservar un dispositivo o restablecerlo a un estado específico en el que cumple un servicio determinado

Es de gran importancia recordar, para cualquier administración ferroviaria, que el costo de mantenimiento es superior al 50% de todos sus gastos, de los cuales 75 % suelen corresponder a gastos de personal y el 25% a servicios y materiales externos. Los medios y los objetivos que caracterizan el mantenimiento son los siguientes:

Medios:

- Monitoreo de condiciones.
- Diseño para la fiabilidad y mantenibilidad.
- Estudios de análisis de riesgos.
- Descentralización de los sistemas de información.
- Análisis de las causas/efectos de los fallos.
- Participación.

Objetivos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar las fallas sobre los bienes.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

Para lograr esta filosofía de mantenimiento, las siguientes estrategias pueden desempeñar un papel eficaz, si se aplican en la combinación y forma correcta:

Figura Nº 4. Tipos de Mantenimiento Aplicados al Sistema Ferroviario.

3.2 Tipos de Mantenimiento:

3.2.1 Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Para ello se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, vibraciones, ruidos, etc.

3.2.2 Mantenimiento Preventivo.

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados. El accionar preventivo genera nuevos costos, pero se reducen los costos de reparación, los cuales disminuyen en cantidad y complejidad. El mantenimiento preventivo planificado consiste en la programación de inspecciones, tanto de funcionamientos como de seguridad, ajuste, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, cambio de elementos y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica, apoyándose en el conocimiento de la máquina con base en la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas.

3.2.2.1 Mantenimiento Rutinario.

Tipo de mantenimiento que guarda relación con el tipo de mantenimiento preventivo, ya que es realizado por períodos de tiempos continuos y por el equipo de mantenimiento de la organización. Su objetivo es mantener y alargar la vida útil del sistema ferroviario, realizando tareas programadas en el tiempo de evitar su desgaste, como por ejemplo: limpieza, ajuste, calibración, entre otras.

3.2.2.2 Mantenimiento Programado.

Se califica también como mantenimiento preventivo, debido a que presta mucha atención a las recomendaciones del fabricante y otras personas conocedoras del tema, para obtener un cronograma de aplicación de mantenimiento. Es ejecutado por cuadrillas siguiendo una planificación o calendario.

3.2.3 Mantenimiento Correctivo.

Es el mantenimiento que se ejecuta a un activo después de ocurrida la falla del mismo, por lo que se debe corregir todos los componentes fallidos en el evento. Existen dos tipos de mantenimiento correctivo, el no planificado y el planificado.

3.2.3.1 No Planificado:

Corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan, y no de manera planificada, al contrario del caso de Mantenimiento Preventivo. Esta forma de mantenimiento impide el diagnostico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. El ejemplo de este tipo de Mantenimiento Correctivo No Planificado es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

3.2.3.2 Planificado:

El Mantenimiento Correctivo Planificado consiste en la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuesto, y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

3.3 Ventajas y Desventajas de los Tipos de Mantenimiento.

Mantenimiento	Ventajas	Desventajas
Predictivo	▪Reduce los tiempos de parada. ▪Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo. ▪Optimiza la gestión del personal de mantenimiento. ▪La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico. ▪Conocer con exactitud el tiempo limite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto. ▪Toma de decisiones sobre la parada de una línea de maquinas en momentos críticos. ▪Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos. ▪Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo. ▪Facilita el análisis de las averías. ▪Permite el análisis estadístico del sistema.	▪La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos. ▪Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones con base en ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación. ▪Por todo ello, la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.
Preventivo	▪Mayor vida útil de los elementos de la vía. ▪Aumento de su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan. ▪Incremento de la disponibilidad.	▪Problemas que se crean por los continuos desarmes afectando a los sistemas y mecanismos que de no haberse tocado, seguirán funcionando sin inconvenientes. ▪Limitación de la vida útil de los elementos que se cambiaron con antelación a su estado limite.
Correctivo	▪Si el equipo esta preparado, la intervención en el fallo será (en futuro o presente) rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo. ▪No se necesita una gran infraestructura para la realización del mantenimiento, será suficiente con un grupo de operarios componentes, por lo que el costo de la mano de obra será mínimo. Sera más prioritaria la experiencia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que produzca.	▪Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan la planificación de manera incontrolada. ▪Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención.

Tabla Nº 6.

3.4 Mantenimiento de Material Móvil.

El material móvil representa un costo importante para la administración ferroviaria, por lo que un adecuado programa de mantenimiento es de vital importancia para evitar la paralización de este tipo de material, cuya indisponibilidad generaría un elevado costo para la empresa. El objetivo principal es minimizar las paralizaciones de su parque a través del mantenimiento preventivo, a fin de que el seguimiento periódico permita la identificación de fallas en sub conjuntos y equipos. Las revisiones se programan atendiendo los órganos mecánicos, neumáticos y eléctricos, de esta manera se obtienen índices aceptables de disponibilidad del material móvil del 85% al 90 %.

La vida de un material se encuentra caracterizada por sus índices de fiabilidad y disponibilidad que, asociados a su costo de explotación (Costo de ciclo de vida), son los parámetros operacionales básicos. En los nuevos contratos de adquisición de material rodante, se requiere como cláusula contractual la definición de los requisitos RAMS que permiten prevenir malos funcionamientos. Estos índices de averías se suelen exponer en Media de Tiempos de Buen Funcionamiento (MBTF) y Media de Tiempos Técnicas de Reparación (MTTR) que en ambos casos evidencian el número de fallas por cada período de kilómetro recorrido.

Los calendarios a continuación determinan la secuencia de mantenimiento a utilizar para el material tractivo y el material remolcado.

Material.	Programadas.	de Mantenimiento.	Recorridos.	Realizar.
Tractivo o Remolcado.	1º Nivel.	Talleres de Mantenimiento Liviano.	20.000-50.000	Limpieza, pruebas funcionales, reparaciones de pequeñas averías, inspecciones y test. Paro del vehículo 8 horas.
Tractivo o Remolcado.	2º Nivel.	Talleres Grandes de Reparación.	300.000-600.000	Sustitución de componentes principales, verificación y restablecimiento de las partes estructurales. Paro del vehículo 1 mes.

Tabla Nº 7.

Los parámetros y reglamentos utilizados para evaluar el comportamiento del material rodante en circulación son similares a los utilizados para el monitoreo y la evaluación de aparatos/sistemas, en el caso especifico como a continuación:

- La unidad de medida para medir la fiabilidad de los vehículos a tracción, está representada por las tasas de daño (a), donde:
  a= numero de averías graves con frecuencia a un recorrido de 1.000.000 km

Se consideran como averías graves la utilización de una locomotora de socorro y el promedio debe ser menor a 3 averías por millón de Km recorridos.

- Para el sistema de ferrocarriles la disponibilidad de los vehículos a tracción representa una medida cualitativa y cuantitativa directamente relacionada a los siguientes parámetros:
  - Eficiencia operativa de la gestión de los vehículos a tracción.
  - Eficiencia y eficacia de mantenimiento.
  - Calidad del material rodante.

  Su valor se determina con la fórmula de disponibilidad: $D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$

En la tabla que sigue, se presenta, en forma cualitativa, la política de mantenimiento que aplica a un componente en función de las criticidades del mismo (costos, seguridad y servicio).

Costos del Componente.	Impacto Sobre el Daño.		Accesibilidad del Componente.	Criterios de Mantenimiento. a Aplicar.
	Seguridad.	Servicio.		
Bajo	Bajo	Bajo	Buena	Correctivo
Bajo	Bajo	Bajo	Mediocre	Monitoreo de las Condiciones
Bajo	Bajo	Alto	Buena	Preventivo Programado
Bajo	Bajo	Alto	Mediocre	Preventivo Programado
Bajo	Alto	Bajo	Buena	Preventivo Programado
Bajo	Alto	Bajo	Mediocre	Preventivo Programado
Bajo	Alto	Alto	Buena	Preventivo Programado
Bajo	Alto	Alto	Mediocre	Preventivo Programado
Alto	Bajo	Bajo	Buena	Correctivo
Alto	Bajo	Bajo	Mediocre	Correctivo
Alto	Bajo	Alto	Buena	Condicional (1)
Alto	Bajo	Alto	Mediocre	Preventivo a Vida Potencial(2)
Alto	Alto	Bajo	Buena	Condicional
Alto	Alto	Bajo	Mediocre	Preventivo a Vida Potencial*
Alto	Alto	Alto	Buena	Condicional
Alto	Alto	Alto	Mediocre	Preventivo a Vida Potencial

Tabla N° 8.

(1) Mantenimiento Condicional: procede a medir el parámetro y si el resultado de dicha medición supera el límite de tolerancia, se toman decisiones sobre la eventual sustitución del componente.

(2) Mantenimiento preventivo a vida potencial: significa evaluar una duración presumible del componente cuando no es simple medir el parámetro indicador de desgaste.

3.5 Mantenimiento de Infraestructuras.

El mantenimiento de infraestructura en el sector ferroviario corresponde a túneles, vía, estaciones, accesos y, en general, todas aquellas obras civiles que sirven como soporte estructural a la explotación ferroviaria.

3.5.1 Túneles.

Los túneles deben ser objeto de diferentes inspecciones e intervenciones tendentes a encontrar posibles patologías estructurales derivadas del movimiento del terreno, por filtraciones del agua, etc. Si bien los túneles son obras civiles, dentro de ellas existen elementos que podría repercutir el servicio del sistema en el caso en que no se haga un correcto mantenimiento, tales como anclajes para soportes de catenaria, perchas para fijaciones de cables, nichos para ubicación de armarios eléctricos y de señales, etc.

Dado que los tiempos de trabajo en los túneles son de tiempos reducidos, es necesario que los equipos de diagnostico sean lo más automatizados posibles. Esto puede realizarse a través de un vehículo de diagnostico especifico o sobre vagonetas auxiliares que, disponiendo de sistemas de visión artificial y medición de defectos por láser y scanner, aporten criterios claros sobre la necesidad de realizar o no intervenciones correctivas.

3.5.2 Vías.

Los parámetros que reflejan el estado global de la vía suelen ser los siguientes:

- Nivelación longitudinal (considerándose normal desviaciones de 1 mm).
- Nivelación transversal (considerándose normal desviaciones de 0.6 mm).
- Perfil en planta de vía (considerándose normal desviaciones de 0,6 mm).
- Flechado de la vía (considerándose normal desviaciones de hasta 1,5 mm).
- Variación del ancho de vía.
- Estado de superficie del carril (considerándose en este valor longitudes de onda de 1.50 a 1.90 m).

3.6 Mantenimiento de Instalaciones.

El mantenimiento de las instalaciones se suele denominar al relativo a las líneas aéreas o catenarias, subestaciones, escaleras mecánicas y ascensores, equipos de ventilación, sistemas de señalización ferroviaria, protección y conducción automática, telefonía, megafonía comunicaciones, etc.

3.6.1 Línea Aérea o Catenaria.

Es uno de los sistemas que precisa de un importante mantenimiento, además de ser uno de lo más cruciales y delicados para el servicio que ocupa.

El mantenimiento de los sistemas de toma de contacto se realizaba mediante vehículos auxiliares en el que se llevaban a efecto recorridos periódicos, observando el nivel de desgaste del hilo de contacto, la flexibilidad el mismo, el estado de anclajes, fijaciones, aisladores etc.

Actualmente, los sistemas de mantenimiento tienden a eliminar estas inspecciones y reengrases periódicos rutinarios por medio de métodos predictivos de diagnostico, basado en el registro de determinadas variables del hilo de contacto, como desgaste y superficie de contacto.

CAPITULO IV

Gestión de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.

4.1 Gestión de Costos.

La gestión implica manejar efectivamente un proyecto para el logro de un negocio. Esta tesis tiene la finalidad de desarrollar una gestión que permita detectar, planificar, estimar y preparar un modelo que ayude a disminuir el costo de operación y mantenimiento causados por la débil gestión en esa área. Es de gran importancia especificar los procesos que identifican claramente cómo resolver el problema antes planteado:

- Estimación De Costos De Operación Y Mantenimiento.
- Indicadores de Costos de O&M.
- Mapa De Actividades según Unidades de Trabajo para Mantenimiento.
- Vida Útil De Los Componentes Del Sistema Ferroviario.

4.1.1 Estimación de Costos de Operación y Mantenimiento.

Los conceptos y otros principios que se utilizan en los estudios de ingeniería dependen de la situación del problema y de la decisión que debe tomarse.

Es frecuente que la parte más difícil, costosa y prolongada de un estudio de ingeniería económica sea la estimación de costos, ingresos, vidas útiles, valores residuales y otros datos relativos al diseño de las alternativas que se analizan.

El término "estimación de costos" a menudo se utiliza para describir el proceso mediante el cual se pronostican las consecuencias presentes y futuras de los diseños de ingeniería.

Una dificultad inicial en las estimaciones para los análisis económicos consiste en que la mayor parte de los proyectos prospectivos son relativamente únicos, es decir, no se han realizado previamente esfuerzos de diseño similares para satisfacer los mismos requerimientos y restricciones. Por ello no existen datos anteriores exactos que pudieran usarse sin modificación sustancial para estimar los costos y beneficios en forma directa.

Sin embargo, es posible desarrollar datos con base en ciertos resultados de diseños pasados, que se relacionan con resultados que se están estimando, y ajustar los datos de acuerdo con los requerimientos del diseño y las condiciones que se esperan en el futuro.

Siempre que se realiza un análisis de ingeniería económica para una inversión importante de capital, el trabajo de estimar costos debe ser parte integral de un proceso

analítico de planificación y diseño, que requiere la participación activa no solo de los ingenieros de diseño, sino también del personal de marketing, de producción, de finanzas y la alta dirección. Los resultados de la estimación de costos sirven para varios propósitos, entre los cuales están los siguientes:

a. Proporcionar información útil para fijar un precio de venta para hacer una oferta, concursar, o evaluar contratos.
b. Determinar si el producto que se propone fabricar y distribuir implica una utilidad (precio = costo + utilidad).
c. Evaluar cuánto capital puede justificarse para cambiar procesos o realizar otras mejoras.
d. Establecer parámetros para programas de mejoramiento de la productividad.

4.1.2 Indicadores de Costos de O&M.

Sistema de Cálculos de Indicadores para el Mantenimiento.

La tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad, la cual lleva implícito un alto costo que debe evitarse que alcance niveles aún mayores. Esto se logra cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de una empresa, disminuye sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos. Para ello se hace necesario un mantenimiento organizado, eficiente y desarrollado que garantice, a un costo competitivo, la disponibilidad de sus activos productivos.

La fiabilidad no es más que la seguridad de funcionamiento de una pieza o máquina. Es el grado de confianza que puede concederse a un elemento, ateniéndose a la calidad de los materiales empleados, la perfección con que ha sido elaborado, y la multiplicidad y cuidado de los controles y pruebas a que ha sido sometido. Cuando un elemento satisface a todas estas condiciones, se puede tener una seguridad casi absoluta en su funcionamiento.

Indicadores de Mantenimiento.

- ✓ **Indicador o Índice:** Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo- calidad y plazos.
- ✓ **Controlar:** Significa guiar las acciones de un colectivo, entidad, departamento, etc., para que sus resultados coincidan o superen los objetivos establecidos.
- ✓ **Evaluar:** Es la acción que permite comprobar la eficacia y resultados del control.

Características de los Índices:

- Según su **utilidad** los índices de gestión deben ser:
- Pocos.
- Claros de entender y calculables.
- Útiles para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué.

- Según su **gestión** los índices deben:
- Establecer registros de datos que permitan su cálculo periódico.
- Tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detecten.

4.1.3 Mapa de Actividades según Unidades de Trabajo para Mantenimiento.

Los costos de los recursos de las actividades se asignan al objeto del costo final. A tal efecto se debe seleccionar el impulsador de actividades más efectivo para empezar a realizar el mantenimiento programado.

- **Mantener Locomotoras:** kilómetros recorridos, pues en la medida que se recorra mayor cantidad de kilómetros, requiere mayor actividad de mantenimiento.

- **Mantener Vagones:** Toneladas por kilómetro recorrido, como también el peso que es capaz de soportar cada uno de los vehículos de pasajero o carga en la distancia. Por consiguiente, en la medida que se traslade mayor peso, mayor será la actividad.

- **Mantener Vías Férreas:** Kilómetros de vías férreas, se refiere a la cantidad de kilómetros de la vía; cada vez que se agregue mayor número de metros a la misma, afectará el nivel de mantenimiento.

  Mantener Señales de la Vía: Numero de señales en la vía, en la medida que existan un mayor número de señales en la vía férrea, se incrementara las labores de inspección de la misma.

División O Unidades De Trabajo.	Funciones.	Actividades.	
		Mantener Locomotoras.	Mantener Vagones.
División de Mantenimiento.	Planificar, ejecutar y controlar las actividades de mantenimiento para garantizar la confiabilidad operacional de los diferentes equipos.	X	X
Sistema Mecánico Diesel.	Reparar las locomotoras cuando sucede algún problema mecánico o se accidenta, además de chequear, reparar o reemplazar inyectores, pistones, cilindros, bombas de aguas, de aceite entre otras.	X	
Sistema Neumático.	Chequear y reemplazar las diferentes partes o mecanismos que componen el sistema neumático del material de tracción y rodantes en servicio.	X	X
Sistema Eléctrico.	Velar por el funcionamiento de los equipos con sistemas eléctricos, especialmente las locomotoras.	X	X
Sistema de Latonería y Pintura.	Consiste en reparar abolladuras y golpes de equipos rodantes y de tracción. Igualmente, es encargada de pintar vagones , plataformas, locomotoras y vehículos.	X	X
Sistema de Soldadura.	Ejecutar reparaciones al material de tracción y rodante, y elaborar piezas y estructuras metálicas de las plataformas, reforzamiento y arreglos menores.	X	X
Sistema Tornería.	Construcción de piezas como: bocinas, pasadores, pernos, tornillos, entre otras; además rectificar las llantas y ruedas del equipo de tracción y rodante: Locomotoras y vagones.	X	X

Tabla N° 9. Mapa de **Actividades según Unidades de Trabajo para Mantenimiento.**

	Correctivo.	Preventivo.	Modificativo.	Predictivo.	Limpieza.
Bogies.	X	X			X
Rodadura.	X	X			X
Reductores.	X	X		X	X
Freno.	X	X			X
Suspensiones.				X	
Motores.	X	X	X	X	X
Aparellaje Elec.	X	X	X		X
Compresores.	X	X	X	X	X
Puertas.	X	X	X	X	X
Ganchos.	X	X			X
Pantógrafos.	X	X	X	X	X
Elect.Control.	X		X		X
Elect.Potencia.	X		X		X
Neumática.	X	X	X	X	X
Ventilación A/A.	X	X	X	X	X
Decoración.	X	X	X		X

Tabla N° 10. Tipos de Mantenimiento Específico del Material Rodante.

4.1.4 Vida Útil de los Componentes del Sistema Ferroviario.

A continuación se presentan tablas referentes a la vida útil de los diferentes componentes del sistema ferroviario. Se dan dos tipos de datos, el rango de vida útil, el cual comprende valores mínimos y máximos de los elementos, y el valor promedio.

Tabla de Vida Útil de la Infraestructura.

Estructuras.	Rango de Vida Útil en Años.	Valor Promedio.
Túneles	50 a 100	75
Puente de Acero.	50 a 80	65
Puente de Concreto.	50 a 100	75
Pasos subterráneos y pasos elevados.	50 a 100	75
Edificios, plataforma y rampa.	30 a 100	65
Carreteras y Estacionamientos.		
Infraestructura	30 a 80	65
Pavimento.	5 a 20	12,5

Tabla N°11.

Tabla de Vida Útil del Sistema Integral.

Estructuras.	Rango de Vida Útil en Años.	Valor Promedio.
Obras civiles para Sistema Integral	40 a 80	60
Equipos eléctricos.	20 a 50	35
Catenaria.	30 a 50	40
De contacto con alambre.	5 a 30	17,5
Equipos eléctricos de bajo voltaje.	20 a 40	30
Equipos de seguridad y señalización.	15 a 40	27,5
Equipos de telecomunicaciones.	10 a 30	20
Equipamiento eléctrico.	3 a 5	4
Puntos, cambios cruces.	Mitad de la vida económica del tramo principal.	

Tabla N°12.

Tabla de Vida Útil del Material Rodante.

Estructuras.	Rango De Vida Útil En Años.	Valor Promedio.
Vagones o carros de carga.	10 a 25	17,5
Vagones de carga baja para transportar.	10 a 20	15
Grúas, camiones para levantar carga.	5 a 15	10
ISO contenedores, remolques.	6 a 12	9
Locomotoras, EMU y vagones.	15 a 40	27,5
Locomotora diesel.	15 a 30	17,5
Coche de pasajeros.	15 a 40	27,5

Tabla N°13.

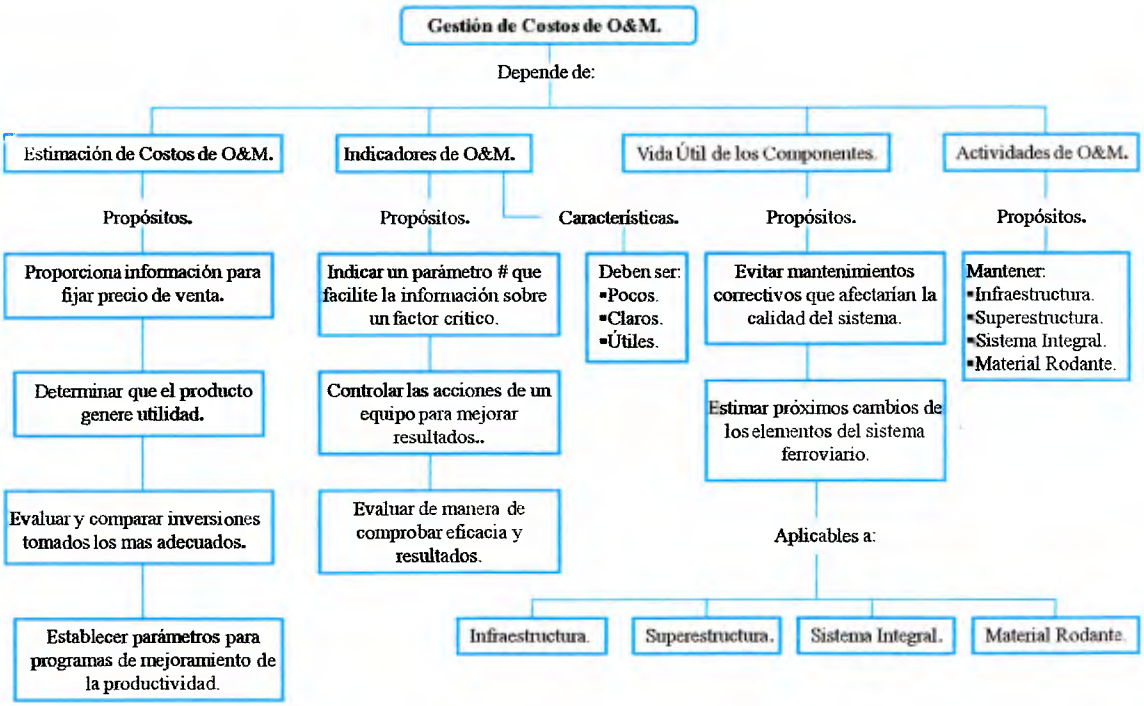


Figura N° 5.

4.2 Precios y Costos en el Sector Ferroviario.

Comentarios Preliminares.

Cuando la gerencia se prepara para tomar una decisión, se debe empezar a encontrar adecuados órdenes de grandezas. La información reportada a continuación ofrece algunos ejemplos de puntos de referencia y ordenes de grandeza que no deben ser usados como catalogo de precios.

El Mercado de los Equipos del Sistema Ferroviario.

Los indicadores de precios y costos a continuación están limitados a la inversión en el sector ferroviario. Estos equipos están formados por un gran número de objetos de los cuales cada uno tiene su especificación.

Descripciones y Escenarios.

Los precios y costos mostrados a continuación son magnitudes expresadas en euros (€) bajo las condiciones generales de la economía en el año 2000.

Cada precio y costo están mencionados con un promedio de valores y dos valores extremos contenidos entre paréntesis (un valor mínimo y un valor máximo). El lector interpretará el promedio o los valores medios en base a su criterio. Cabe denotar que los límites presentes entre paréntesis no toman en cuenta casos especiales o excepcionales. También las descripciones de los costos de ciclo de vida dadas para los equipos toman en cuenta el desgaste y el plazo limitado para posibles provisiones.

4.3 Infraestructura y Equipos Fijos.

4.3.1 Infraestructuras y Equipos.

Esta sección comprende las líneas ferroviarias principales (incluyendo las estaciones intermedias) y el equipamiento relativo (con la excepción de las instalaciones en las estaciones).

Los precios y costos se pueden aplicar a todas las medidas:

4.3.1.1Costos de Mantenimiento.

Anualmente el mantenimiento cuesta, en el largo plazo (vida económica o ciclo de vida), con base en los precios relativos a la fecha de inversión. (Porcentaje anual de la inversión).

	Promedio	Valores Extremos
- Terraplenes, recortes	0.5%	(0 a 1%).
- Estructuras de drenaje	2%	(1 a 3%).
- Muros	0.5%	(0.1 a 1.5%).
- Puentes de acero	1.5%	(1 a 2 %).
- Puentes de concreto	1%	(0.1 a 2%).
- Túneles	0.5%	(0.1 a 2%).

4.3.2 Rieles.

Comprende: balasto, durmiente riel, elementos de fijación y unión.

4.3.2.1 Vida Económica de un Riel:

Gross Ton-km es una medida utilizada en el sector ferroviario para determinar las toneladas que se ejercen sobre una superficie. Su equivalencia es de 1 016,04 kilogramos.

Las tablas N°14 y N°16 muestran el l intervalo de tiempo en años entre dos renovaciones completas.

Tráfico (Incluyendo Locomotoras) en un tramo (Gross Ton-km o GTK).

Sección riel, Kg/m	$10x10^3$ GTK/día	$30x10^3$ GTK/día	$100x10^3$ GTK/día	$300x10^3$ GTK/día
50	40 (30 a 50)	20 (15 a 30)	10 (8 a 20)	-
60	-	25 (20 a 30)	12(10 a 25)	6 (4 a 12)
70	-	-	-	7 (5 a 14)

Tabla N° 14. Vida Útil del Riel por Tráfico en Kg/M.

4.3.2.2 Costo de Mantenimiento de un Tramo:

Evaluado en un largo plazo, media anual en 10.000 €/km de riel.

Tráfico (Incluyendo Locomotoras) en un tramo (Gross Ton-km o GTK).

Max. Velocidad (km/h)	$10x10^3$ GTK/día	$30x10^3$ GTK/día	$100x10^3$ GTK/día	$300x10^3$ GTK/día
100	7 (5 a 10)	15 (10 a 20)	30 (20 a 40)	60 (40 a 80)
300	-	20 (10 a 30)	40 (20 a 60)	-

Tabla N° 15. Vida Útil del Riel por Tráfico en Km/H.

4.3.3 Estructuras Fijas para Tracción Eléctrica.

4.3.3.1 Costos de Mantenimiento.

Anualmente el mantenimiento cuesta, en el largo plazo (vida económica o ciclo de vida), en base a los precios relativos a la fecha de inversión. (Porcentaje anual de la inversión).

	Promedio	Valores Extremos
- Subestaciones.	2%	(1 a 3%)
- Catenaria.	2%	(1 a 3%)

4.3.4 Señalización.

4.3.4.1 Costos de Mantenimiento.

Anualmente el mantenimiento cuesta, en el largo plazo, en base a los precios relativos a la fecha de inversión. (Porcentaje anual de la inversión)

	Promedio	Valores Extremos
- Señalización	4%	(3 a 6%)

4.4 Equipos de Estación y Depósitos.

Estos equipos incluyen:

a. Estaciones.
b. Servicio para locomotora y facilidades de reparaciones de iluminación.
c. Talleres de mantenimiento.

4.4.1 Costos de Mantenimiento.

A menos que no vengan señalados diferentes indicadores, los precios y costos mostrados a continuación incluyen toda la infraestructura y las estructuras fijas (rieles, catenaria, señalización, telecomunicaciones, edificios, etc.), incluyendo los gastos de financiamiento y gastos generales.

Anualmente el mantenimiento cuesta, en el largo plazo (vida económica o ciclo de vida), en base a los precios relativos a la fecha de inversión. (Porcentaje anual de la inversión).

	Promedio	Valores Extremos
Edificios, plataformas	1%	(0.5 a 2%).
Calles, sedes de estacionamiento:		
Infraestructura	0.3%	(0.1 a 0.5%).
Pavimentación	3%	(2 a 5 %).
Sistema hidráulico	1%	(0.5 a 2%).
Equipamiento eléctricos de bajo voltaje	3%	(1 a 5%).
Equipos de seguridad y señalización	5%	(2 a 10%).
Equipos de Telecomunicaciones	10%	(5 a 15%).
Equipamiento informático	10%	(5 a 15%).
Equipos eléctricos de baja tensión	3%	(1 a 5%).
Desviaciones, pasajes a nivel, cruces	10%	(5 a 15%).

4.5 Vehículos.

Los costos a continuación se refieren al material rodante de todos los tipos.

4.5.1 Locomotoras Eléctricas:

Eloc = costo de mantenimiento y reparación (mantenimiento ordinario, periódico y general) a largo plazo en €/km por unidad.

Ploc = precio de una locomotora eléctrica, en millones de €.

Ploc = (W/3) + 1.

W= potencia cedida de unidades eléctricas múltiples, en inglés EMU, en MW.

Eloc = 0,2 * Ploc.

4.5.2 Electromotrices (EMU).

Em = Costos de mantenimiento y reparación de un normal ciclo de vida de un EMU en €/km por tren.

Pm=precio medio de un complejo de trenes EMU, en millones de € por unidad.

Pm= 2*W+2.

W= potencia cedida de un EMU en MW.

Eloc = **0.3*Pm.**

La tasa promedio del número de unidades a tracción que deben operar en un sistema ferroviario es el siguiente:

	Promedio	**Valores Extremos**
- Locomotoras eléctricas.	90%	**(85 a 95%)**
- Unidades múltiples eléctricas.	85%	**(80** a 90%)

4.6 Locomotoras Diesel.

Los costos de mantenimiento en el ciclo de vida de la maquinaria diesel incluyen el mantenimiento ordinario, periódico, de revisión y reparación.

Locomotoras diesel sobre líneas principales fuera de Estados Unidos (EE.UU):

	Promedio	Valores Extremos
- Locomotora/Km recorrido.	2€	(1,5 a 2,5)

Locomotoras de maniobras diesel construidos fuera de EE.UU:

	Promedio	Valores Extremos
- Hora de servicio/locomotora.	25€	(20 a 40)

4.7 Vagones.

La relación normal del número de vagones pasajeros en buenas condiciones disponibles en servicio con respecto al parque total (incluyendo vagones pasajeros en manutención, prueba o reparación), puede ser igual a 85% en promedio y los valores extremos con (80 a 90%)

4.7.1 Costos de Mantenimiento:

El mantenimiento cuesta:

	€ / (km Recorrido* vagón).
Vagones pasajeros.	0.25€ (0.2 a 0.3).
Vagones pasajeros doble piso.	0.3€ (0.25 a o.35).
Vagones cama.	0.4€ (0.3 a 0.5).
Vagones restaurantes.	0.4€ (0.3 a 0.5).

4.8 Costos estimados del proyecto del tren de alta velocidad, tramo Rio de Janeiro-Sao Paulo.

La investigación del presente trabajo especial de grado se apoya no solo en referencias porcentuales para el cálculo de la estimación de los costos de O&M, sino también en referencias a costos estimados de tramos de otros proyectos alrededor del mundo. En este caso se han tomado costos referenciales del proyecto del tramo Rio de Janeiro – Sao Paulo, el cual tendría que estar en funcionamiento antes del mundial de futbol de la FIFA para el año 2014.

Dada la magnitud y las especificaciones de éste importante proyecto, se han tomado en cuenta solo algunos costos referenciales del sistema ferroviario, como la infraestructura y superestructura, debido a que las especificaciones de los costos de operación del proyecto, como los gastos administrativos y de operación, están basados en salarios brasileros que no son comparables a los venezolanos.

Los costos mostrados están en Real (R$) y con la tasa de cambio se llevaron a €&USD.

4.8.1 Infraestructura:

				Cambio a Euro al año 2008	Actualizacion al año en € 2011	Actualizacion en US$ al año 2011
Terraplen (Franja de Dominio y Drenaje)		40204,7	R$/km	15.286,96	15.870,89	25.510,86
Tunel						
Trecho de tunel:	m	*2930*				
Costo de mantenimiento:	R$	*4257,97*	(Julio/07)			
Reajuse por IPC		*12,03%*				
Costo de mantenimiento:	R$	*4770,2*	(Sep/08)			
Costo Mensual por m:	R$	*1,63*		0,619	0,64	1,033
Costo Anual por m:	R$	*19,54*		7,428	7,71	12,396
Puentes						
Caracteristicas del puente de Rodoanel						
Extension de puentes:		*5.465,00*	Km			
Área de tablero:		*91.788,00*	m2			
Costos en los primeros 4 años:	R$	*5.264.000,00*				
Costo Anual:	R$	*1.316.000,00*				
Costo Anual por m2:	R$	*14,34*				
Para mantenimiento de rutina						
Costo Anual por m2:	R$	*8,6*	(Julio/07)			
Reajuste po IPC:		*12,03*				
Costo de Manutención por m2:	R$	*9,64*	(Sep/08)	3,67	3,81	6,12

Tabla N° 16.

4.8.2 Costos Salariales de Administración Superior:

Los costos salariales de la administración superior fueron tomados de los archivos de la Compañía Paulista de Trenes Metropolitanos (CPTM). La estructura está compuesta por 20 personas incluyendo la presidencia, la asesoría jurídica, comercial, asesoría de calidad y de comunicaciones, también están incorporados los directores administrativos, de marketing, de operaciones y de mantenimiento.

Sector	Cantidad	Salario Anual en RS al 2008	Salario Anual en USD al 2008	Salario Anual en USD al 2011
Administracion Superior	16,00	1.160.467,08	638.256,89	724.573,14
Director Presidente	1,00	351.960,00	193.578,00	219.757,00
Conductor	1,00	17.641,92	9.703,06	11.015,27
Secretaria de Presidencia	1,00	50 678 64	27.873,25	31.642,76
Asesoria Presidencial		740.186,52	407.102,59	462.158 11
Jefe de Asesoria	1,00	119.797,20	65.888,46	74.799,05
Secretaria de Asesoria	4,00	168.860,64	92.873,35	105.433,31
Asesoria Juridica			-	-
Abogado	1,00	50 684,64	27.876,55	31.646,51
Auditor	1,00	50.684,64	27.876,55	31.646,51
Asesoria Comercial			-	-
Ingeniero	1,00	102.312,00	56.271,60	63.881,63
Asistente Tecnico	1,00	26.100,00	14.355,00	16.296,33
Asesoria de Calidad			-	-
Ingeniero de Control de Calidad	1,00	97.464,00	53.605,20	60 854 63
Tecnico de calidad	1,00	21.216,00	11.668,80	13.246,86
Asesoria de Comunicación			-	-
Defensor del Pueblo	1,00	60.852,24	33.468,73	37.994,96
Analista de Comunicaciones	1,00	42.215 16	23.218,34	26.358,33
Direccion	4,00	935.856,00	514.720,80	584.330,34
Director Administrativo	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Director de Marketing	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Director de Operaciones	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Director de Mantenimiento	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Total	20,00	2.096.323,08	1.152.977,69	1.308.903,47

Tabla N° 17.

4.8.3 Equipo de Tren:

Los costos salariales son referentes promedios anuales de un tren formado por 8 vagones y un equipamiento de 4 personas incluyendo maquinista, jefe de tren y dos auxiliares.

Personal en el tren	Cantidad	Salario Anual en R$ al 2008	Salario Anual en USD al 2008	Salario Anual en USD 2011
Maquinista	1,00	4.140,00	2.277,00	2584,935705
Jefe de Tren	1,00	2.738,77	1.506,32	1.710,03
Auxiliar	2,00	2.167,00	1.191,85	1.353,03
		Costo en 5 Trenes		25.370,34
		Costo Anual Total		**304.444,06**

Tabla Nº 18.

4.8.4 Equipo de Estación y CCO.

* Cálculo para dos (2) turnos de ocho (8) horas.

Personal de Estaciones y CCO	Cantidad	Salario Mensual en R$ al 2008	Salario Mensual en USD al 2008	Salario Mensual en USD 2011
Jefe de estación	2,00	12.664,54	6.965,50	7.907,49
Personal de Servicio	6,00	18.433,56	10.138,46	11.509,56
Jefe de turno en el CCO	2,00	8.447,44	4.646,09	5.274,42
Supervisor de Operaciones	2,00	7.035,86	3.869,72	4.393,05
Supervisor de Energia	2,00	7.035,86	3.869,72	4.393,05
		Costo Anual Total		**401.730,93**

Tabla Nº 19.

4.8.5 Administración y Finanzas:

La estructura de administración y finanzas está compuesta por 52 personas los cuales incluyen los departamentos de recursos humanos, financieros, administrativos y seguridad.

Sector	Cantidad	Salario Anual en R$ al 2008	Salario Anual en USD al 2008	Salario Anual en USD 2011
Administración y Finanza				
Departamento de Recursos Humanc	12,00	425.881,68	234.234,92	265.912,26
Departamento Financiero	11,00	345.674,40	190.120,92	215.832,39
Departamento Administrativo	19,00	383.667,92	211.017,36	239.554,81
Departamento de Compras	10,00	332.648,68	182.956,77	207.699,38
		Total	**818.329,97**	**928.998,84**
		Total Costos Operacionales TAV		**16.522.170,14**

Tabla Nº 20.

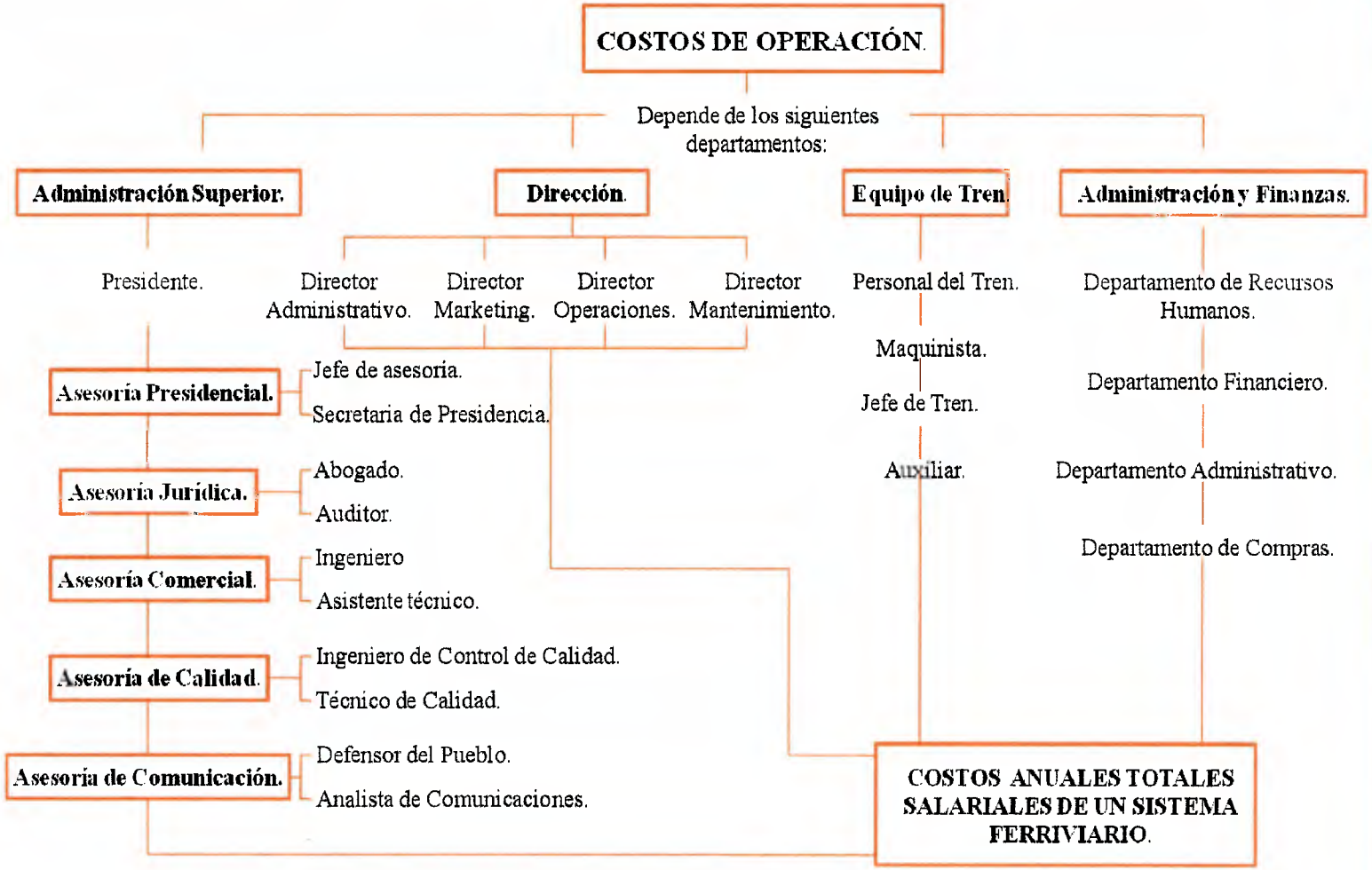

COSTOS DE OPERACIÓN.
Depende de los siguientes departamentos:
Administración Superior.
Dirección.
Equipo de Tren.
Administración y Finanzas.
Presidente.
Director Administrativo.
Director Marketing.
Director Operaciones.
Director Mantenimiento.
Personal del Tren.
Maquinista.
Jefe de Tren.
Auxiliar.
Departamento de Recursos Humanos.
Departamento Financiero.
Departamento Administrativo.
Departamento de Compras.
Asesoría Presidencial.
Jefe de asesoría.
Secretaria de Presidencia.
Asesoría Jurídica.
Abogado.
Auditor.
Asesoría Comercial.
Ingeniero
Asistente técnico.
Asesoría de Calidad.
Ingeniero de Control de Calidad.
Técnico de Calidad.
Asesoría de Comunicación.
Defensor del Pueblo.
Analista de Comunicaciones.
COSTOS ANUALES TOTALES SALARIALES DE UN SISTEMA FERRIVIARIO.

Figura N°6.

CAPITULO V

Metodología para el Estimado de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.

Esta metodología para el estimado de costos de Operación y Mantenimiento de un sistema ferroviario fue desarrollada con base en la elaboración de hojas de cálculo programadas en Microsoft Excel a partir de una base de datos que muestra los porcentajes de O&M en el sector.

A fin de mantener la programación abierta a cualquier modificación de los porcentajes de mantenimiento, se han establecido tres valores, un valor mínimo, un valor referencial y un valor máximo, que puedan satisfacer, siempre dentro del rango de valores, el criterio de cada uno de los usuarios que quieran determinar el costo final de O&M.

Esta metodología utiliza costos referenciales paramétricos basados en índices de precios al consumidor (IPC) tomados de fuentes Europeas, utilizando como base la moneda Euro (€). La razón por la que se trabaja en Euros es porque Europa es el continente con mayor experiencia en el sector ferroviario, debido a su gran concepción del desarrollo, diversidad de tecnología y referencia de costos del mismo y donde se cuenta con referencias de costos paramétricos.

La tabla general de mantenimiento funciona con dos tipos de informaciones, algunas son informaciones de entrada necesarias al cálculo de los costos finales y otras a la selección del porcentaje de mantenimiento a usar en el proyecto. La tabla que se presenta identifica los elementos con códigos que forman parte de cada grupo del sector ferroviario: infraestructura, superestructura, sistema integral y material rodante. Algunos datos de los elementos provienen de estudios referenciales de un tramo en proyecto, por lo que el usuario seleccionará, a su juicio, valores referenciales de porcentajes o precios unitarios de referencias determinados en un estudio de un tramo en construcción de Rio de Janeiro – Sao Paolo. El llenado correcto de la tabla estimará el costo de O&M final del tramo.

Finalmente, la metodología culmina con una hoja resumen que contiene todos los subtotales de los elemento que forman el sector ferroviario y sus costos de O&M.

5.1 Índice de Actualización de Precios.

Un aumento o disminución de precios afecta no solo a compradores, competencia, distribuidores y proveedores, también interesa al gobierno y a la empresa que son aquellos entes que se encargan de construir y mantener una obra de gran magnitud como el sistema ferroviario.

Debido a la fluctuante economía venezolana, se decidió tomar índices de una economía más estable como la de la Comunidad Europea. Por ello es necesario determinar una ecuación que logre calcular la variaron de los precios a lo largo de los años y además estimar posibles costos en la vida útil del proyecto en general.

Las variaciones de precio se determinan a través de los índices de precios al consumidor (IPC). El objetivo del IPC es medir la evolución de los precios de los bienes y servicios del consumo de los hogares que habitan en un área específica. La variación del índice es el porcentaje de aumento o disminución que éste experimenta entre dos fechas determinadas. Las tasas de inflación acumuladas siempre son referidas a dos períodos, se comparan los índices del mes actual respecto al índice de igual mes del año anterior, y con ellos se calcula la variación porcentual.

La ecuación representativa de la variación de precios es la siguiente:

$$\mathbf{MA} = \frac{\mathbf{M} * \mathbf{TIn}}{\mathbf{TI}}$$

Donde:

MA = Monto Actualizado al año que se desea estimar.
M = Monto Base al Año de Referencia, en Euros (€) equivalentes.
TI n = Índice de Precios al Consumidor (IPC eurostat) al año a estimar.
TI o = Índice de Precios al Consumidor (IPC eurostat) al año de referencia.

Para una determinación más precisa se tomaron datos del IPC de los últimos 10 años y se calculó una ecuación lineal que promedie los valores dados y estime los posibles IPC de los siguientes 10 años.

El estudio llevado a cabo parte de la premisa en que se debe conocer el costo y el año de inversión del proyecto ferroviario debido a que, con base en esos resultados, se actualizarán los costos al año deseado.

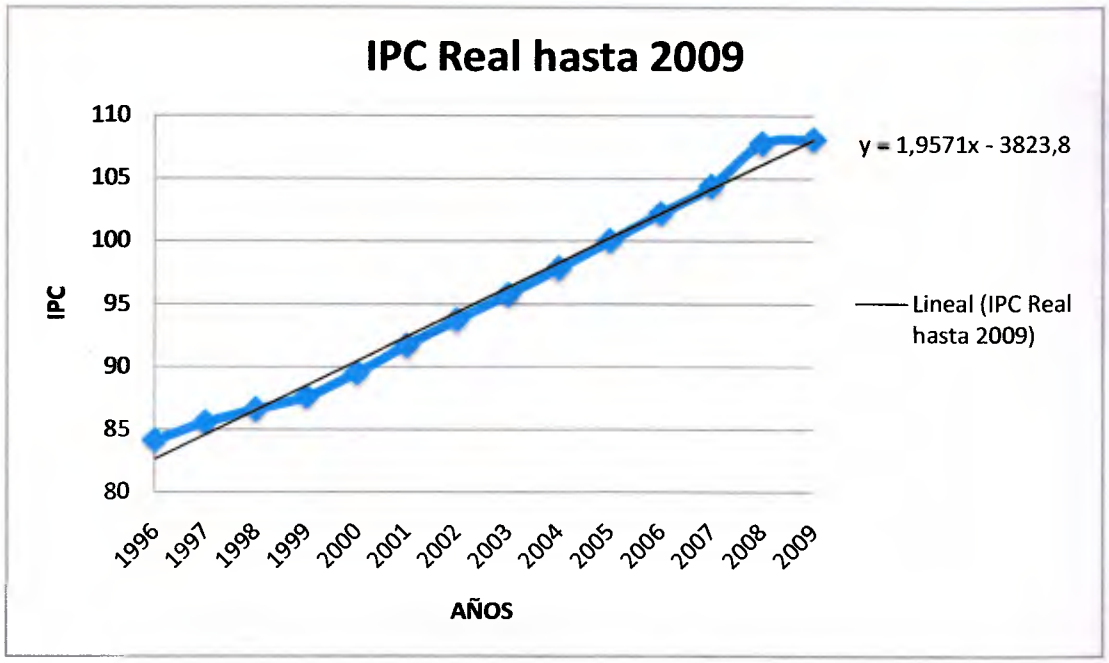


Figura N° 7. Gráfico del IPC Real Desde 1996 al 2009 (IPC Europeo).

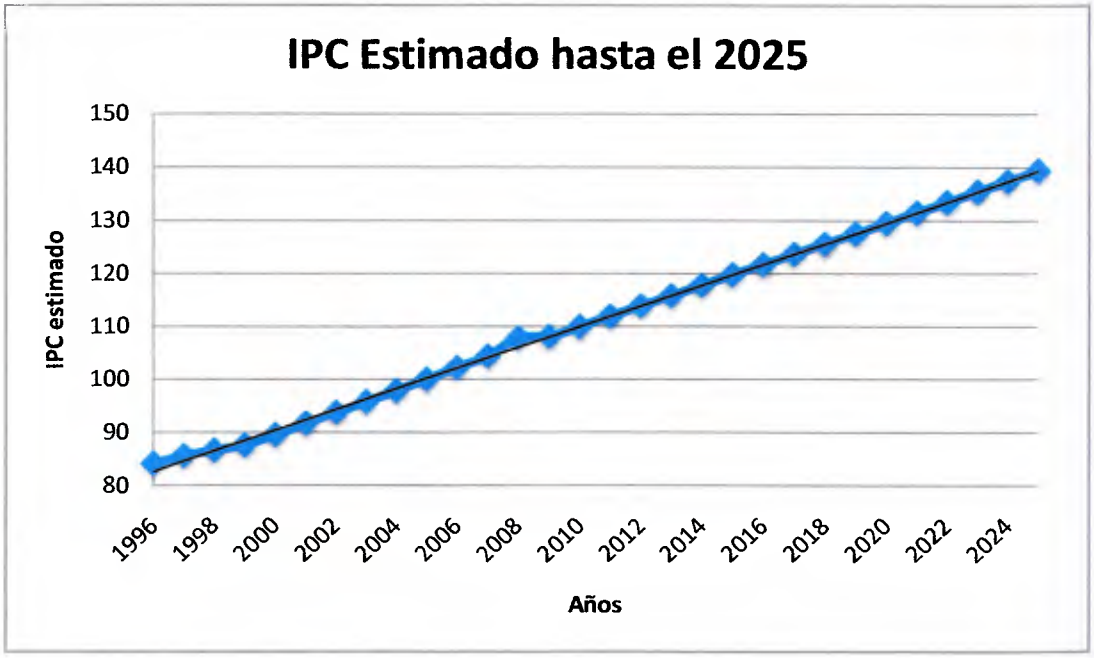


Figura N° 8. Estimación del IPC Hasta el año 2025.

Tasa de Cambio Dólar Euro

Tasas de Cambio Euro-Dólar.													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
2005	1,3	1,32	1,32	1,31	1,27	1,21	1,21	1,22	1,22	1,2	1,17	1,19	1,25
2006	1,21	1,19	1,21	1,24	1,29	1,26	1,26	1,28	1,28	1,25	1,29	1,31	1,26
2007	1,3	1,31	1,34	1,36	1,35	1,34	1,38	1,35	1,4	1,41	1,48	1,44	1,37
2008	1,45	1,48	1,57	1,6	1,57	1,56	1,58	1,48	1,47	1,28	1,26	1,4	1,48
2009	1,3	1,26	1,35	1,29	1,4	1,39	1,42	1,43	1,48	1,5	1,49	1,43	1,40
2010	1,41												

Tabla N°21.

Tasa de Cambio Dólar Real

Tasas de Cambio Real - Dólar.													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio anual
2005	0,37	0,39	0,36	0,38	0,4	0,41	0,42	0,4	0,43	0,44	0,44	0,42	0,405
2006	0,43	0,47	0,47	0,47	0,45	0,44	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,457
2007	0,47	0,47	0,48	0,49	0,51	0,53	0,54	0,49	0,53	0,56	0,57	0,55	0,516
2008	0,56	0,58	0,59	0,6	0,61	0,62	0,63	0,61	0,55	0,47	0,41	0,42	0,554
2009	0,42	0,42	0,44	0,45	0,48	0,51	0,52	0,54	0,55	0,58	0,58	0,56	0,504
2010	0,56	0,54											0,550

Tabla N°22.

Proyección a Futuro de las Tasas de Cambio

Año	USD por €
2010	1,5582
2011	1,6074
2012	1,6566
2013	1,7058
2014	1,755
2015	1,8042
2016	1,8534
2017	1,9026
2018	1,9518
2019	2,001
2020	2,0502

Tabla N° 23.

Año	USD por R$
2010	0,6167
2011	0,6467
2012	0,6767
2013	0,7067
2014	0,7367
2015	0,7667
2016	0,7967
2017	0,8267
2018	0,8567
2019	0,8867
2020	0,9167

Tabla N° 24.

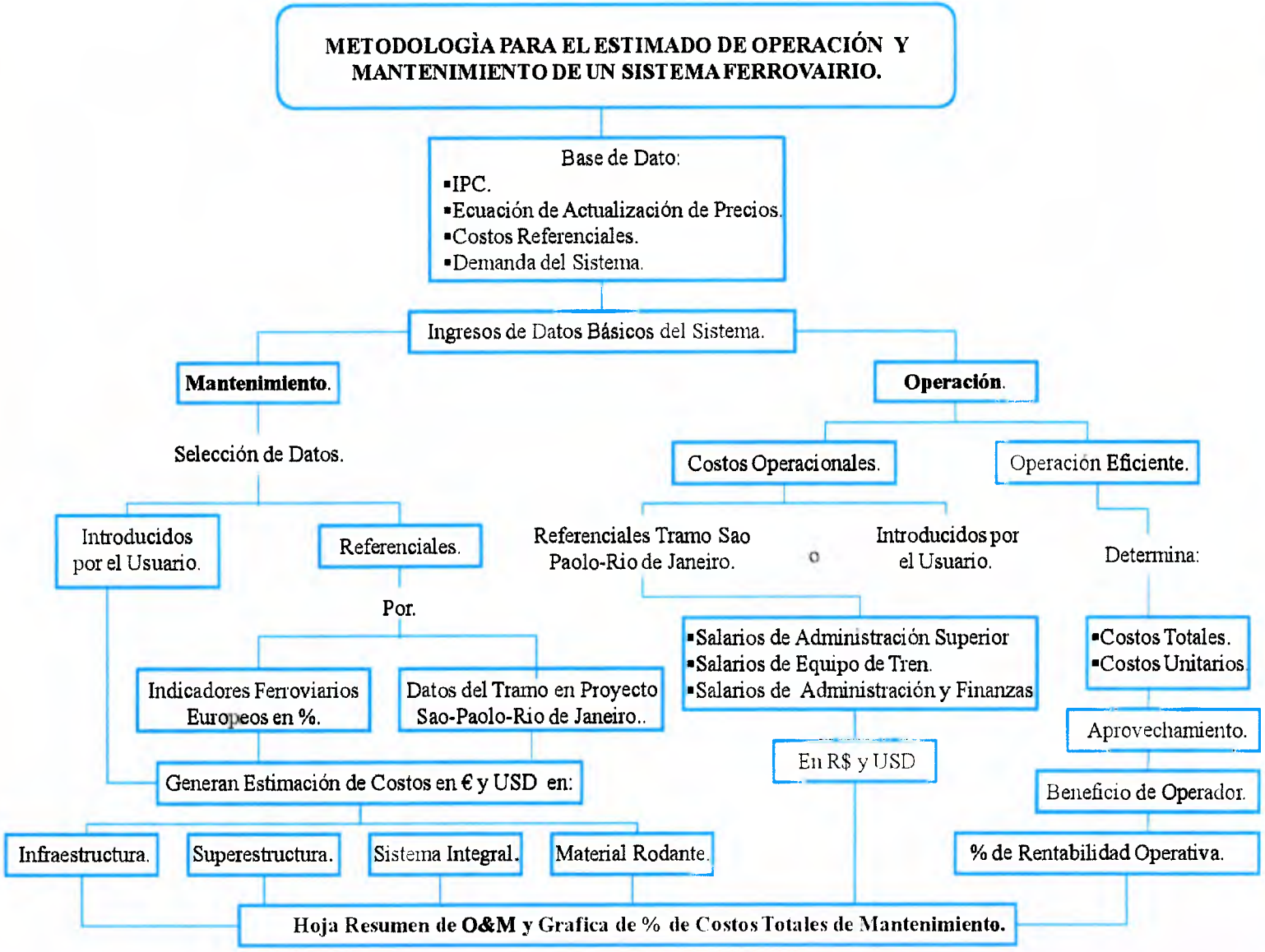

METODOLOGÌA PARA EL ESTIMADO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA FERROVAIRIO.
Base de Dato:
▪IPC.
▪Ecuación de Actualización de Precios.
▪Costos Referenciales.
▪Demanda del Sistema.
Ingresos de Datos Básicos del Sistema.
Mantenimiento.
Operación.
Selección de Datos.
Introducidos por el Usuario.
Referenciales.
Por.
Indicadores Ferroviarios Europeos en %.
Datos del Tramo en Proyecto Sao-Paolo-Rio de Janeiro..
Generan Estimación de Costos en € y USD en:
Infraestructura.
Superestructura.
Sistema Integral.
Material Rodante.
Costos Operacionales.
Operación Eficiente.
Referenciales Tramo Sao Paolo-Rio de Janeiro.
o
Introducidos por el Usuario.
▪Salarios de Administración Superior
▪Salarios de Equipo de Tren.
▪Salarios de Administración y Finanzas
En R$ y USD
Determina:
▪Costos Totales.
▪Costos Unitarios
Aprovechamiento.
Beneficio de Operador.
% de Rentabilidad Operativa.
Hoja Resumen de O&M y Grafica de % de Costos Totales de Mantenimiento.

Figura N° 9.

CAPITULO VI

Base de Cálculo para el Estimado de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.

Para la realización de un estimado de costos de operación y mantenimiento es necesario el uso de una programación ordenada, que logre facilitar y calcular los costos finales. Para ello, esta investigación se enfocó en que el usuario y el programa interactúen de una manera fácil.

Haciendo clic en el Icono de "Metodología para la estimación de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario", se abre el programa de Excel, el cual contiene 5 pestañas principales: Mantenimiento, Operación, Resumen, Gráficos de % de Mantenimiento y Operación, Base de dato y Tasas de Cambio. La pestaña "Base de Datos" se refiere a los valores utilizados para actualizar costos a través del IPC y en la pestaña Tasas de Cambio están representadas la tasas históricas del cambio euro-dólar y real brasileño-dólar para la conversión de monedas.

Figura Nº 10. Parte Inferior De La Pantalla En El Archivo De Excel, Mantenimiento.

Manejo de la Hoja "Mantenimiento":

Se debe tener especial cuidado al colocar las opciones que pide el programa debido a que con base en los datos introducidos se calcularán los costos estimados de O&M. Los valores más importantes a colocar se muestran en la tabla Nº 10:

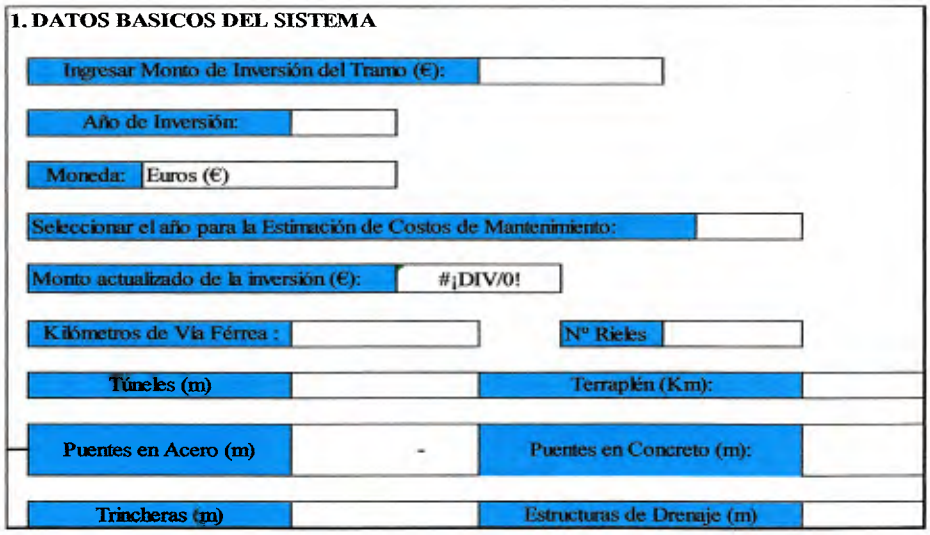


Tabla Nº 25.

Las siguientes tablas calculan el costo de cada uno de los elementos que forman parte del sistema ferroviario. Se conforman por: La infraestructura, la superestructura, estructuras fijas para tracción eléctrica, señalización, equipos de estación y depósito y material rodante. Algunos de los grupos presentan el rango de porcentajes a utilizar para la estimación del cual el usuario deberá seleccionar un valor comprendido entre ellos. El resultado es en millones de euros.

Infraestructura: este grupo tiene una particularidad, la cual se deberá tomar en cuenta al momento de seleccionar los datos. Si el usuario selecciona "Si" en la casilla mostrada en rojo, no se tomarán algunos valores referenciales, en caso contrario, si se desea utilizar valores numéricos, automáticamente desaparecerán los valores en porcentaje. Por ejemplo, si se selecciona "Si" en el elemento con código 1001.1, entonces los elementos 1000 y 1001 no serán tomados en cuenta.

2. Costos Estimados de Mantenimiento de Elementos de Sistema Integral del Sistema Ferroviario, Actualizados al Año: #

2.1 Infraestructura.

Código	Descripción	Unid.	Rango de %			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
1000	Bancos y trincheras	€/año	0,00	0,50	1,00			
1001	Estructuras de drenaje	€/año	1,00	2,00	3,00			
1001.1	Banco, Trincheras y Drenajes	€/km	0,00			Si	0,000	0,00
1002	Muros	€/año	0,10	0,50	1,50		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
1003	Puentes en acero	€/año	1,00	1,50	2,00			
1003.1	"	€/m	0,00			Si	0,000	0,00
1004	Puentes en Concreto	€/año	0,10	1,00	2,00			
1004.1	"	€/m	0,00			Si	0,000	0,00
1005	Túneles	€/año	0,10	0,50	2,00			0
1005.1	"	€/m	0,00			Si	0,000	0,00
						Sub Total en Millones	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Tabla N° 26.

Superestructura: Con base en el año para el cual desea la estimación el costo cambia automáticamente.

2.2 Superestructura.

Código	Descripción	Unid.	Costo de mantenimiento de la Vía Férrea en el año 2000	Costo en el año 0	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			en €/Km	en €/Km	MM €	MM U$D
2001	Vía Férrea	€/Km	10.000,00	-	0,000	0,000
				Sub Total en Millones de €	0,000	0,000

Tabla Nº 27.

2.3 Estructuras fijas para Tracción Eléctrica.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 0			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
3000	Sub-estaciones	€/año	1,00	2,00	3,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
3001	Catenarias	€/año	1,00	2,00	3,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
						Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Tabla Nº28.

2.4 Señalización.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 0			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
4000	Señalización	€/año	3,00	4,00	6,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
						Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Tabla Nº29.

2.5 Equipos de Estación y Depósito.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 0			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
5000	Edificios,	€/año	0,50	1,00	2,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Calles, sede, estacionamiento:								
5001	Infraestructura	€/año	0,10	0,30	0,50		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5002	Pavimentación	€/año	2,00	3,00	5,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5003	Sistema Hidráulico	€/año	0,50	1,00	2,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5004	Equipamiento eléctrico de bajo voltaje	€/año	1,00	3,00	5,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5005	Equipos de seguridad y señalización	€/año	2,00	5,00	10,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5006	Equipo de Telecomunicaciones	€/año	5,00	10,00	15,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5007	Equipamiento informático	€/año	5,00	10,00	15,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5008	Equipos eléctricos de baja tensión	€/año	1,00	3,00	5,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5009	Desviaciones, pasajes a nivel, cruces, etc.	€/año	3,00	10,00	15,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
						Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Tabla N°30.

2.6 Material Rodante: El material rodante representa el grupo más importante y el más costoso para mantener, por ello es necesario suministrar la información correcta y así evitar mayores costos al momento de calcular la estimación total de mantenimiento del material rodante.

Km Recorridos		Trafico Total	
Cantidad de Vagones de Pasajeros:		Costo x vagón	
Cantidad de Vagones de Pasajeros doble:		Costo x vagón	
Cantidad de Vagones camas:		Costo x vagón	
Vagones Restaurantes		Costo x vagón	

Código	Descripción	Unid.	Valores Actualizado al año 0			Valor Seleccionado 0	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
6001	Vagones pasajeros	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0,000	0
6002	Vagones pasajeros doble piso	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0,000	0
6003	Vagones cama	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0,000	0
6004	Vagones restaurantes	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0,000	0

2.6.1 Locomotoras Diesel.

Precio de compra:	
Km recorridos	0,00
Numero de Locomotrices Diesel	0

Código	Descripción	Unid.	Rango de Precios Actualizado de Locomotora Eléctrica al año 0			Valor seleccionado	Costo para el año en € 0	Costo para el año en $ 0
6005	Locomotoras Diesel	€/km x Loc.	0,00	0,00	0,00		0,00	0

2.6.2 Locomotoras Eléctricas.

Precio Compra	0,00
Km Recorridos	0
Numero de Locomotoras	0

Código	Descripción	Unid.	Precio Actualizado Locomotora Eléctrica al año 0	Costo para el año en € 0	Costo para el año en $ 0
6006	Locomotora eléctrica	€/km x Loc.	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

2.6.3 Electromotrices.

Precio de compra	
Frecuencia (min)	
Longitud de Tramo (km)	
Horario de servicio (hora)	
Costo Unitario (€/EMU*km)	#¡DIV/0!
Km recorridos/año	#¡DIV/0!
Numero de Electromotices	

Código	Descripción	Unid.	Precio Actualizado Locomotora Eléctrica al año 2013	Costo para el año en € 2013	Costo para el año en $ 2013
6007	Electromotriz	€/km x Loc.		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
			Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
			Total en Millones en Mantenimiento	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
			Costo Unitario	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Tabla N°31. Ingresos De Datos Del Material Rodante.

Manejo de la Hoja de "Operaciones":

En la siguiente tabla, se muestran los datos necesarios para determinar el aprovechamiento del sistema, el beneficio del operador y la rentabilidad operativa del sistema.

Figura N°11. Parte Inferior De La Pantalla En El Archivo De Excel, Operación.

3. Costos De Operación.

3.1 Análisis de Costos de Operación y Mantenimiento.

Frecuencia trenes (min)=			
Costo boleto ($)=		Tasa de Cambio Bs. x $	
Viajeros por tren=			
Abordajes diarios=			
Plazas=			
Km=	#¡DIV/0!		
C.U. de Mantenimiento ($)	#¡DIV/0!	€	#¡DIV/0!
C.U de Operación ($)=	#¡VALOR!	€	#########
Costo Unitario Total($)=	#¡DIV/0!	€	#¡DIV/0!
Valor de trenes empleados=	#¡DIV/0!		
Trafico (v)=	0,0		
Costo Total (€)=	#¡DIV/0!		
Ingreso Medio(€)=	0,0		
Ingresos de tráfico (€) y U$D=	0,0	-	
Aprovechamiento=	#¡DIV/0!		
Deficit Operativo ($) y (€) o subsidio=	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	
Rentabilidad Operativa=	#¡DIV/0!		

Tabla N°32. Ingresos de Datos para los Costos de Operaciones.

Hoja Resumen:

En la siguiente tabla se muestra la hoja resumen que reúne los costos de cada grupo que integra el sistema ferroviario. Una vez en la hoja de Excel, seleccionar la pestaña "Resumen" y aparecerá la hoja con los cálculos finales.

Figura N°12. Parte inferior de la pantalla en el archivo de Excel, Resumen.

Kilómetros de vía Férrea :	-
Inversión Inicial:	0,00
Nombre del Sistema:	

Costos de Estimados de Operación y Mantenimiento del Sistema Ferroviario en el Año:

INFRAESTRUCTURA	CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
	1000	Bancos y trincheras	€/año	0,000	0,00
	1001	Estructuras de drenaje	€/año	0,000	0,00
	1001.1	Bancos, trinchera, drenaje; TAV	€/Km x Año		
	1002	Muros	€/año	0,000	0,00
	1003	Puentes de Acero	€/año	0,000	0,00
	1003.1	Puentes de Acero datos TAV	€/m x Año		
	1004	Puentes en Concreto	€/año	0,000	0,00
	1004.1	Puentes en concreto datos TAV	€/m x Año		
	1005	Túneles	€/año	0,000	0,00
	1005.1	Túneles datos TAV	€/m x Año		
		Total en millones de € en Infraestructura		0,000	0,00

SUPER ESTRUCTURA	CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
	2001	Vía Férrea	€/Km	0,000	0,000
		Total en millones de € en Superestructura		0,000	0,000

SISTEMA INTEGRAL

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
3000	Sub-estaciones	€/año	0,000	0,000
3001	Catenarias	€/año	0,000	0,000
	Total en millones de € en Estructuras Fijas para Tracción Eléctrica		0,000	0,000

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
4000	Señalización	€/año	0,000	0,000
	Total en millones de Señalización		0,000	0,000

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
5000	Edificios, plataformas	€/año	0,000	0,000
5001	Infraestructura	€/año	0,000	0,000
5002	Pavimentación	€/año	0,000	0,000
5003	Sistema Hidráulico	€/año	0,000	0,000
5004	voltaje	€/año	0,000	0,000
5005	Equipos de seguridad y señalización	€/año	0,000	0,000
5006	Equipo de Telecomunicaciones	€/año	0,000	0,000
5007	Equipamiento informático	€/año	0,000	0,000
5008	Equipos eléctricos de baja tensión	€/año	0,000	0,000
5009	Desviaciones, pasajes a nivel, cruces, etc.	€/año	0,000	0,000
	Total en millones equipos de Estación y Deposito		0,000	0,000

MATERIAL RODANTE

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
6001	Vagones pasajeros	€/Km	0,000	0,000
6002	Vagones pasajeros doble piso	€/Km	0,000	0,000
6003	Vagones cama	€/Km	0,000	0,000
6004	Vagones restaurantes	€/Km	0,000	0,000
6005	Locomotoras diesel	€/Km	0,000	0,000
6006	Locomotoras Eléctricas	€/Km	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
6007	Electromotrices	€/Km	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
	Total en millones de Material Rodante		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

TOTAL GENERAL EN MILLONES DE € y USD	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Aprovechamiento=	#¡DIV/0!	
Beneficio Operativo del Operador (€)=	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Rentabilidad Operativa=	#¡DIV/0!	

Tabla N°33. Hoja de Resumen del Mantenimiento Total del Sistema Ferroviario.

Hoja "Gráfico % de Mantenimiento".

La siguiente hoja se modificará automáticamente en la medida en que se llenen los datos de las hojas anteriores. Los gráficos muestran los porcentajes de inversión para el mantenimiento y operación de cada grupo que forman parte del sistema ferroviario.

Figura N° 13. Parte Inferior de la Pantalla en el archivo de Excel, Gráfico % de O&M.

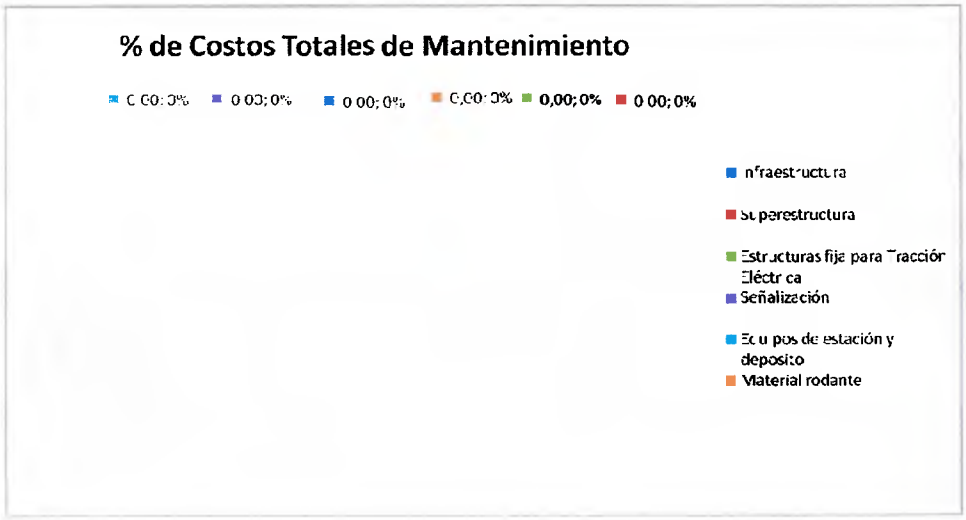


Figura N° 14.

Figura N°15.

Capítulo VII.

Aplicación de la Metodología para el Estimado de Costos de O&M Aplicado a un Tramo Real.

Para la aplicación de la Metodología para el estimado de costos de operación y mantenimiento de un sistema ferroviario a un "Caso Real", hemos seleccionado el tramo Las Adjunta-Alí Primera del Metro de Los Teques.

Es una de las obra de ingeniería más importante de la subregión de los Altos Mirandinos, con la construcción de la línea 1, la cual realiza un recorrido desde Los Teques hasta Caracas en sólo 15 minutos y con 9.5 Kilómetros de longitud total.

Abarca 2 estaciones: Las Adjuntas- Alí Primera.

7.1 Caracterización:

Características Principales de la Línea.

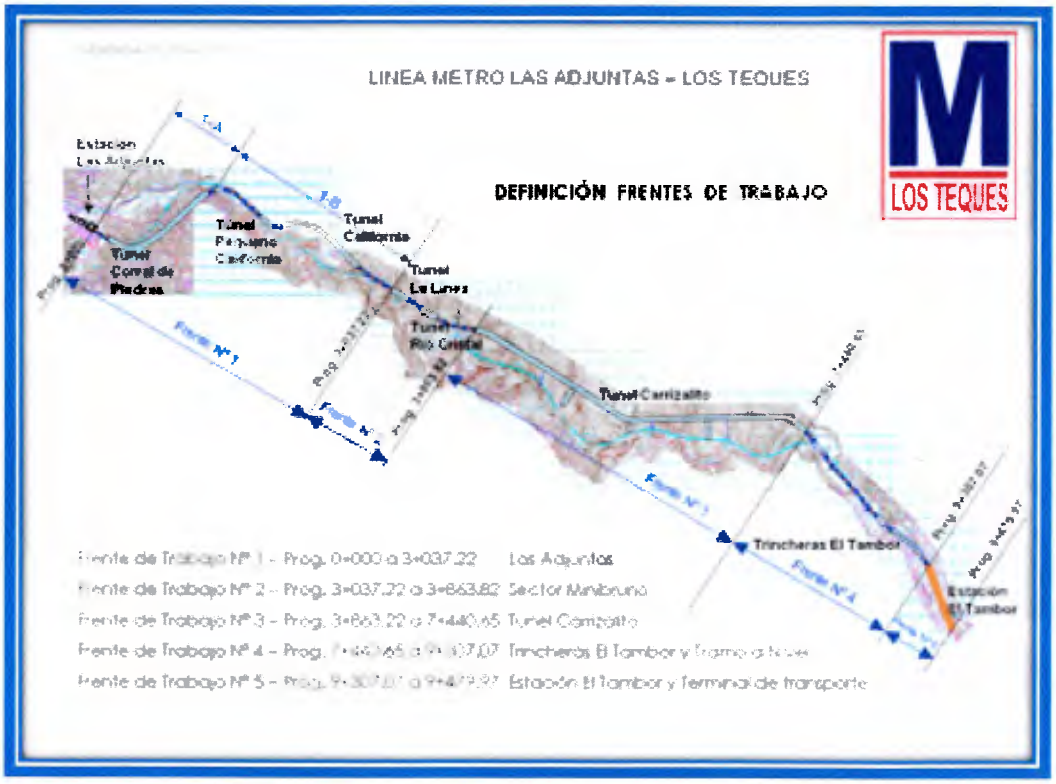


Figura Nº 16.

Características de las Vías.

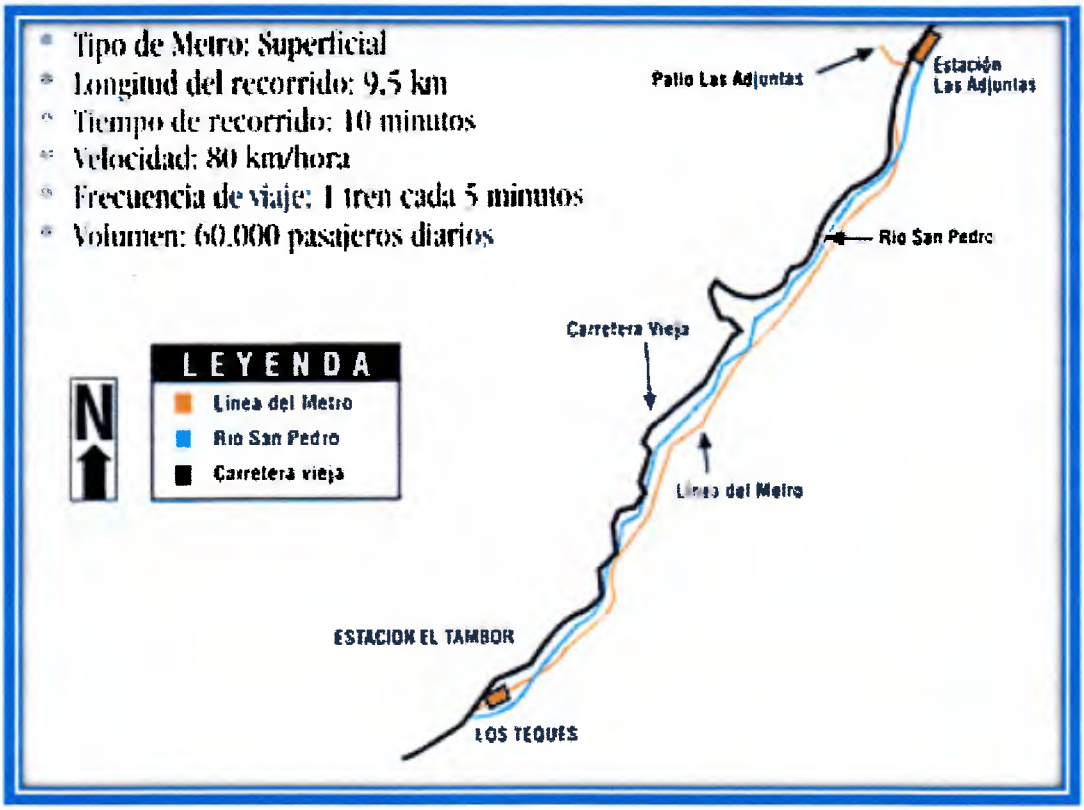


Figura N° 17.

El primer tramo (Las Adjunta-Alí Primera) inaugurado en el año 2006 requirió la construcción de una serie de túneles. En su conjunto todos los túneles alcanzan una longitud de 6.178,14 m.

La característica de este tamo es de un sistema de transporte de cercanía. La demanda Metro Los Teques tiene un promedio estimado de abordajes diarios anuales mostrados en la siguiente tabla. Los datos son fuente y estimación de la compañía Metro Los Teques.

2007	2012	2017	2022	2027	2032	2037
46,610	248,805	437,576	505,780	604,500	706,610	802,517

Tabla N°34. Abordajes Diarios del Metro Los Teques.

Resumen de las Obras Civiles.		
Estructura.	**Unidad.**	**Cantidad.**
Extensión Total.	m	9.479,97
Vías a nivel.	m	2.096,17
Vías sobre envigado (cambiavías).	m	193,50
Túneles (incluye falsos túneles).	m	6.178,14
Puentes.	m	115,00
Trincheras.	m	640,70
Pantallas Atirantadas.	m2	7.153,67
Obras de Drenajes.	m	19.210,00
Rectificaciones Cortas del Río. San Pedro.	m	1.030,86
Vialidades de Acceso.	m	1.745,00

Tabla Nº 35.

Túneles del Metro Los Teques.		
Nombre.	**Ubicación.**	**Longitud (m).**
Corral de Piedras.	0+274 –1+469	1.195,00
Pequeño California.	2+016,13 – 2+183,86	167,73
California.	2+226,16 – 3+064,18	838,02
La Línea	3+037,22 – 3+270,58	233,36
Río Cristal.	3+544,50 – 3+711,70	167,20
Carrizalito.	3+863,82 – 7+440,65	3.576,83
	Total Túneles.	6.178,14

Tabla Nº 36.

Trincheras del Metro Los Teques.		
Descripción.	**Ubicación.**	**Longitud (m)**
Trinchera Cubierta las Adjuntas.	0+166,87 – 0+274	107,13
Trinchera Cubierta Alí Primera.	8+580 – 8+750	170,00
Trinchera Abierta Alí Primera.	8+750 A 9+113,57	363,57
	Totales Trincheras.	640.70

Tabla Nº 37.

Puentes del Metro Los Teques.		
Descripción.	**Ubicación.**	**Longitud (m)**
Puente 1+530.	1+529,30 – 1+564,30	35,00
Puente el Cedral.	3+512,75 – 3+537,75	25,00
Puente 7+500.	7+473,88 – 7+503,88	30,00
Puente Quebrada la Virgen.	8+296,55 – 8+321,55	25,00
	Total Puentes.	115,00

Tabla Nº 38.

7.2 Estimados de Costos de Operación y Mantenimiento del Caso Real (Adjunta-Alí Primera) Metro Los Teques.

1. DATOS BASICOS DEL SISTEMA

Ingresar Monto de Inversión del Tramo (€):	697 000.000,00		
Año de Inversión:	2001		
Moneda:	Euros (€)		
Seleccionar el año para la Estimación de Costos de Mantenimiento:	2011		
Monto actualizado de la inversión (€):	850.565.696,69		
Kilómetros de Via Férrea :	9,50	Nº Rieles	4
Túneles (m)	6.178,14	Terraplén (Km):	2,096
Puentes en Acero (m)	-	Puentes en Concreto (m):	115,00
Trincheras (m)	640,00	Estructuras de Drenaje (m)	19.210,00

2. Costos Estimados de Mantenimiento de Elementos de Sistema Integral del Sistema Ferroviario, Actualizados al Año: 2011

2.1 Infraestructura.

Código	Descripción	Unid.	Rango de %			% Seleccionado	Costo para el año 2011	Costo para el año 2011
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
1000	Bancos y trincheras	€/año	0,00	0,50	1,00			
1001	Estructuras de drenaje	€/año	1,00	2,00	3,00			
1001.1	Banco, Trincheras y Drenajes	€/km	15.870,89			Si	0,315	0,51
1002	Muros	€/año	0,10	0,50	1,50	0,1	0,851	1,37
1003	Puentes en acero	€/año	1,00	1,50	2,00			
1003.1	"	€/m	0,64			Si	0,000	0,00
1004	Puentes en Concreto	€/año	0,10	1,00	2,00			
1004.1	"	€/m	3,81			Si	0,004	0,01
1005	Túneles	€/año	0,10	0,50	2,00			0
1005.1	"	€/m	7,71			Si	0,048	0,08
						Sub Total en Millones	1,218	1,96

2.2 Superestructura.

Código	Descripción	Unid.	Costo de mantenimiento de la Vía Férrea en el año 2000	Costo en el año 2011	Costo para el año 2011	Costo para el año 2011
			en €/Km	en €/Km	MM €	MM U$D
2001	Vía Férrea	€/Km	10.000,00	12.498,95	0,475	0,763
				Sub Total en Millones de €	0,475	0,763

2.3 Estructuras fijas para Tracción Eléctrica.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 2011			% Seleccionado	Costo para el año 2011	Costo para el año 2011
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
3000	Sub-estaciones	€/año	1,00	2,00	3,00	1	8,51	13,672
3001	Catenarias	€/año	1,00	2,00	3,00	1	8,51	13,672
					Sub Total en Millones de €		17,01	27,344

2.4 Señalización.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 2011			% Seleccionado	Costo para el año 2011	Costo para el año 2011
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
4000	Señalización	€/año	3,00	4,00	6,00	3	25,52	41,016
					Sub Total en Millones de €		25,52	41,016

2.5 Equipos de Estación y Depósito.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 2011			% Seleccionado	Costo para el año 2011	Costo para el año 2011
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
5000	Edificios,	€/año	0,50	1,00	2,00		0,00	0,000
Calles, sede, estacionamiento:								
5001	Infraestructura	€/año	0,10	0,30	0,50	0,1	0,85	1,367
5002	Pavimentación	€/año	2,00	3,00	5,00		0,00	0,000
5003	Sistema Hidráulico	€/año	0,50	1,00	2,00	0,5	4,25	6,836
5004	Equipamiento eléctrico de bajo voltaje	€/año	1,00	3,00	5,00		0,00	0,000
5005	Equipos de seguridad y señalización	€/año	2,00	5,00	10,00		0,00	0,000
5006	Equipo de Telecomunicaciones	€/año	5,00	10,00	15,00		0,00	0,000
5007	Equipamiento informático	€/año	5,00	10,00	15,00		0,00	0,000
5008	Equipos eléctricos de baja tensión	€/año	1,00	3,00	5,00		0,00	0,000
5009	Desviaciones, pasajes a nivel, cruces, etc.	€/año	3,00	10,00	15,00	3	25,52	41,016
						Sub Total en Millones de €	30,62	49,219

2.6 Material Rodante.

2.6.3 Electromotrices.

Precio de compra	19.000.000,00
Frecuencia (min)	5
Longitud de Tramo (km)	9,5
Horario de servicio (hora)	17,00
Costo Unitario (€/EMU*km)	4,92
Km recorridos/año	1.414.740,00
Numero de Electromotices	4

Código	Descripción	Unid.	Precio Actualizado Locomotora Eléctrica al año 2011	Costo para el año en € 2011	Costo para el año en $ 2011
6007	Electromotriz	€/km x Loc.	92.744.609,68	27,823	44,723
			Sub Total en Millones de €	27,82	44,723
			Total en Millones en Mantenimiento	102,66	165,023
			Costo Unitario de Mantenimiento	1,64	2,64

3. Costos De Operación.

3.1 Analisis de Costos de Operaciòn y Mantenimiento

Frecuencia trenes (min)=	5		
Costo boleto ($)=	0,5769	Tasa de Cambio Bs. x $	2,6
Viajeros por tren=	600		
Abordajes diarios=	208.366,0		
Plazas=	600,0		
Km=	1.414.740,0		
C.U. de Mantenimiento ($)	2,64	€	1,64
C.U de Operación ($)=	0,26	€	0,16
Costo Unitario Total($)=	2,90	€	1,81
Valor de trenes empleados=	57.698.525,4		
Trafico (v)=	62.509.800,0		
Costo Total (€)=	165.023.161,4		
Ingreso Medio(€)=	0,6		
Ingresos de tráfico (€) y U$D=	36.063.346,2	57.968.222,61	
Aprovechamiento=	100,0		
Deficit Operativo ($) y (€) o subsidio=	128.959.815,2	80.228.826,18	
Rentabilidad Operativa=	0,0		

Resumen:

Kilómetros de vía Férrea :	9,50
Inversión Inicial:	697.000.000,00
Nombre del Sistema:	Metro Los Teques Tramo (Las Adjuntas-Alí Primera).

Costos de Estimados de Operación y Mantenimiento del Sistema Ferroviario en el Año: 2011

INFRAESTRUCTURA	CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
	1000	Bancos y trincheras	€/año	0,000	0
	1001	Estructuras de drenaje	€/año	0,000	0
	1001.1	Bancos, trinchera, drenaje; TAV	€/Km x Año	0,315	0,51
	1002	Muros	€/año	0,851	1,37
	1003	Puentes de Acero	€/año		0
	1003.1	Puentes de Acero datos TAV	€/m x Año	0,000	0,00
	1004	Puentes en Concreto	€/año		0
	1004.1	Puentes en concreto datos TAV	€/m x Año	0,004	0,01
	1005	Túneles	€/año		0
	1005.1	Túneles datos TAV	€/m x Año	0,048	0,08
		Total en millones de € en Infraestructura		1.218	1.96

SUPER ESTRUCTURA	CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
	2001	Vía Férrea	€/Km	0,475	0,763
		Total en millones de € en Superestructura		0.475	0.763

SISTEMA INTEGRAL

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
3000	Sub-estaciones	€/año	8,506	13,672
3001	Catenarias	€/año	8,506	13,672
	Total en millones de € en Estructuras Fijas para Tracción Eléctrica		17,011	27,344

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
4000	Señalización	€/año	25,517	41,016
	Total en millones de Señalización		25,517	41,016

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
5000	Edificios, plataformas	€/año	0,000	0,000
5001	Infraestructura	€/año	0,851	1,367
5002	Pavimentación	€/año	0,000	0,000
5003	Sistema Hidráulico	€/año	4,253	6,836
5004	voltaje	€/año	0,000	0,000
5005	Equipos de seguridad y señalización	€/año	0,000	0,000
5006	Equipo de Telecomunicaciones	€/año	0,000	0,000
5007	Equipamiento informático	€/año	0,000	0,000
5008	Equipos eléctricos de baja tensión	€/año	0,000	0,000
5009	Desviaciones, pasajes a nivel, cruces, etc.	€/año	25,517	41,016
	Total en millones equipos de Estación y Deposito		30,620	49,219

MATERIAL RODANTE

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
6001	Vagones pasajeros	€/Km	0,000	0,000
6002	Vagones pasajeros doble piso	€/Km	0,000	0,000
6003	Vagones cama	€/Km	0,000	0,000
6004	Vagones restaurantes	€/Km	0,000	0,000
6005	Locomotoras diesel	€/Km	0,000	0,000
6006	Locomotoras Eléctricas	€/Km	0,000	0,000
6007	Electromotrices	€/Km	27,823	44,723
	Total en millones de Material Rodante		27,823	44,723

TOTAL GENERAL EN MILLONES DE € y USD	102,665	165,023

Aprovechamiento=	100,00	
Deficit del Operador (€)=	128.959.815,21	80.228.826,18
Rentabilidad Operativa=	0,00	

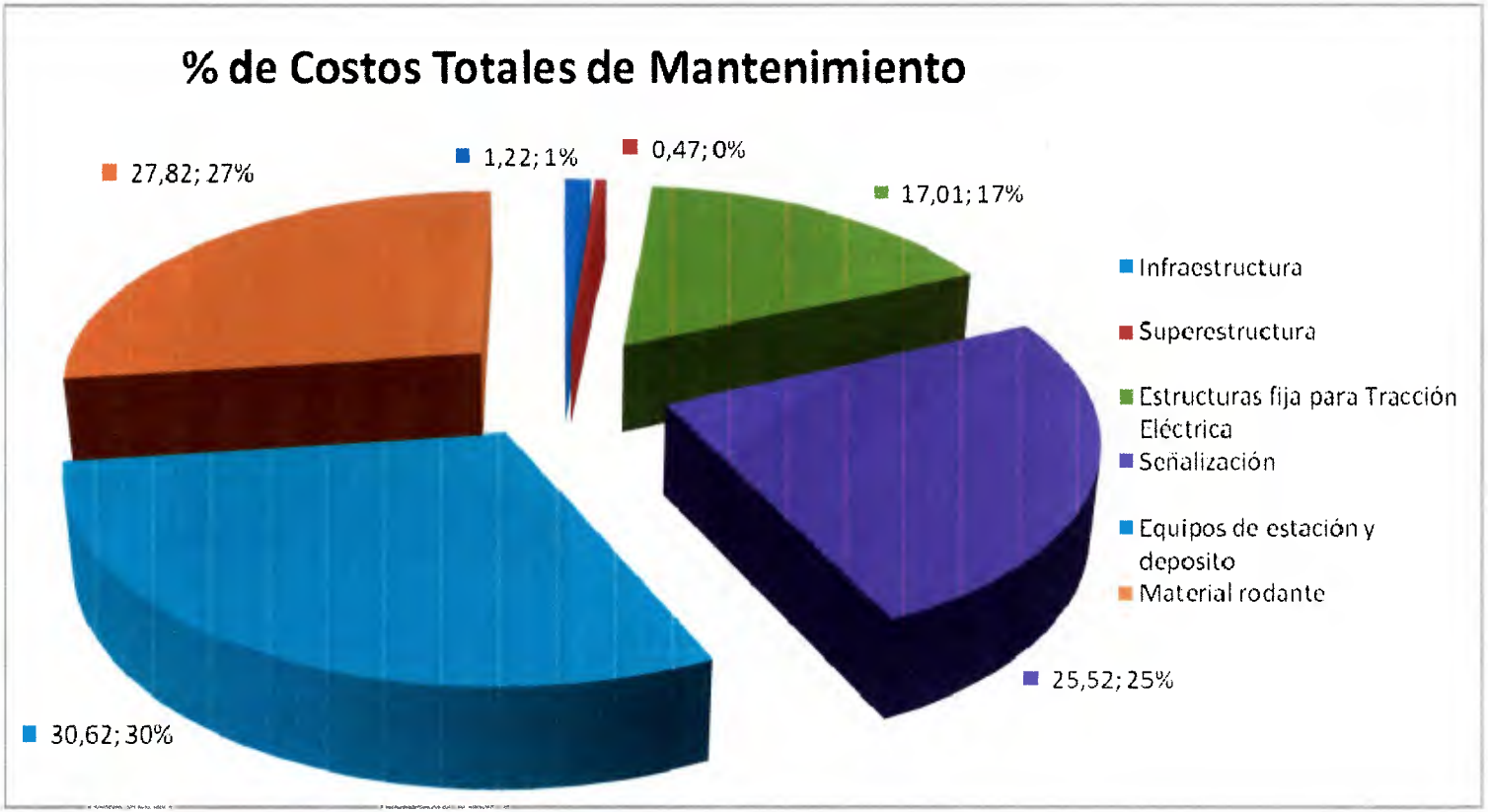

% de Costos Totales de Mantenimiento
27,82; 27%
1,22; 1%
0,47; 0%
17,01; 17%
25,52; 25%
30,62; 30%
Infraestructura
Superestructura
Estructuras fija para Tracción Eléctrica
Señalización
Equipos de estación y deposito
Material rodante

Figura N°18.

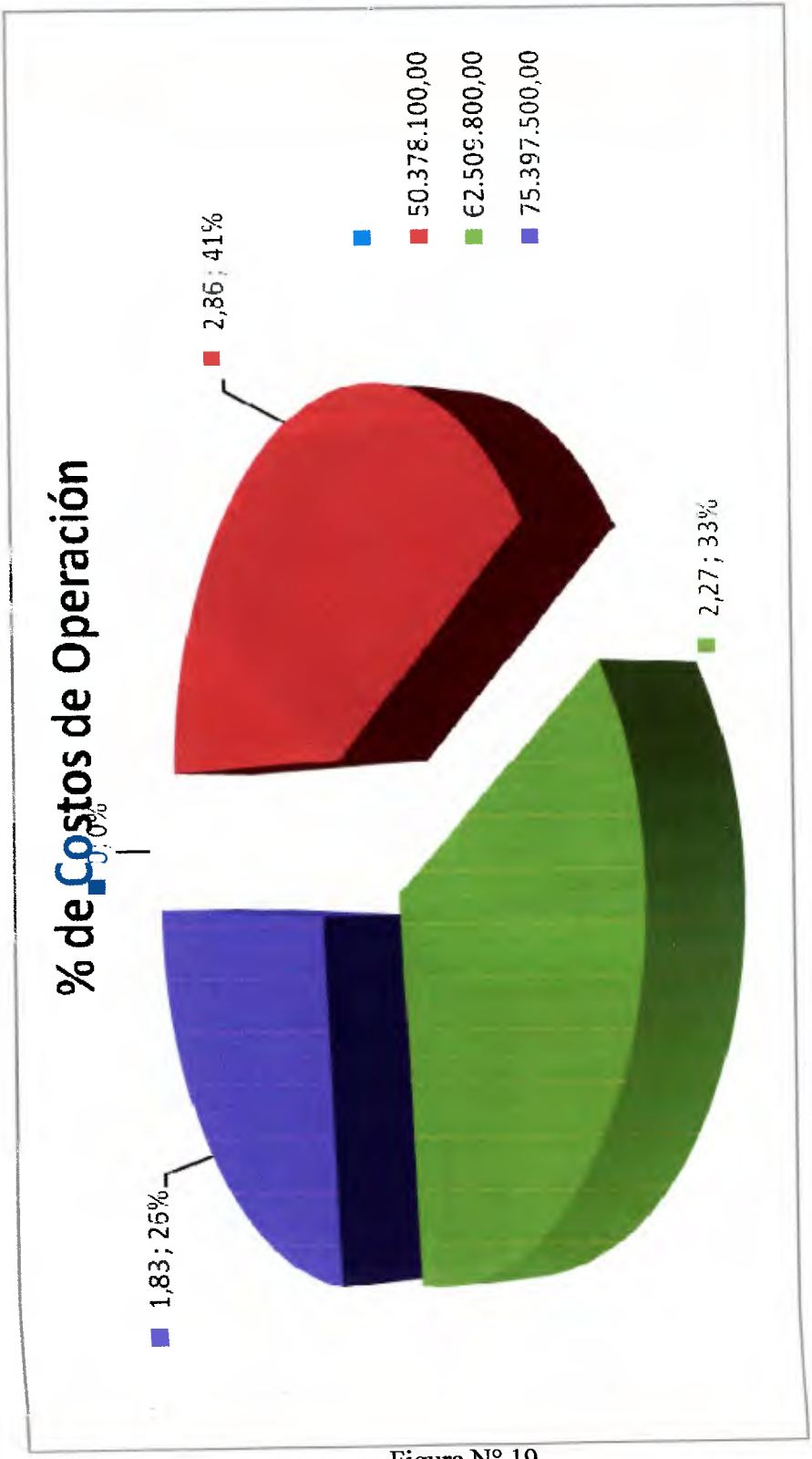

% de Costos de Operación
1,83; 25%
0,0%
2,36; 41%
2,27; 33%
50.378.100,00
62.505.800,00
75.397.500,00

Figura N° 19

Análisis y Discusión de Resultados.

La aplicación de esta metodología, que usó información proveniente de bibliografía europea que identifican, a partir de la inversión, porcentajes para el mantenimiento de cada elemento que forman el sistema ferroviario, arrojó valores de O&M del tramo del sistema Metro Los Teques. Siendo el tramo de estudio un sistema metro casi completamente en túnel, se tomaron algunos costos de referencia por km para determinar un estimado de costo más preciso.

El costo estimado de mantenimiento, de operación y de costos unitarios para el tramo Las Adjuntas - Alí Primera en un período de años comprendido entre 2010 y 2020 se muestran en la siguiente tabla.

Años	Mantenimiento	Operación	Suma O&M	Demanda promedio diaria	Demanda Promedio Anual Viajeros	Cu	Precio del Boleto, USD	Cu subsidiado
	MM de USD	MM de USD	MM de USD			USD/Viajero		USD/viajero
2010	157,175	15,965	173,14	167.927,00	50.378.100,00	3,44	0,58	2,86
2011	165,023	16,548	181,571	208.366,00	62.509.800,00	2,90	0,58	2,33
2012	173,048	17,144	190,192	251.325,00	75.397.500,00	2,52	0,58	1,95
2013	181,25	18,008	199,258	286.560,00	85.968.000,00	2,32	0,58	1,74
2014	189,628	18,542	208,27	324.314,00	97.294.200,00	2,14	0,58	1,56
2015	198,183	19,289	217,472	362.068,00	108.620.400,00	2,00	0,58	1,43
2016	206,914	19,949	226,863	399.822,00	119.946.600,00	1,89	0,58	1,31
2017	230,445	21,308	251,753	437.576,00	131.272.800,00	1,92	0,58	1,34
2018	240,145	22,024	262,169	451.219,00	135.365.700,00	1,94	0,58	1,36
2019	250,034	22,753	272,787	464.858,00	139.457.400,00	1,96	0,58	1,38
2020	260,111	23,497	283,608	478.498,00	143.549.400,00	1,98	0,58	1,40

Tabla Nº 39.

Años	Mantenimiento	Operación	Suma O&M	Demanda promedio diaria	Demanda Promedio Anual Viajeros	Cu	Precio del Boleto, USD + 10% anual	Cu subsidiado
	MM de USD	MM de USD	MM de USD			USD/Viajero		USD/viajero
2010	157,175	15,965	173,14	167.927,00	50.378.100,00	3,44	0,58	2,86
2011	165,023	16,548	181,571	208.366,00	62.509.800,00	2,90	0,63	2,27
2012	173,048	17,144	190,192	251.325,00	75.397.500,00	2,52	0,69	1,83
2013	181,25	18,008	199,258	286.560,00	85.968.000,00	2,32	0,75	1,57
2014	189,628	18,542	208,27	324.314,00	97.294.200,00	2,14	0,81	1,33
2015	198,183	19,289	217,472	362.068,00	108.620.400,00	2,00	0,87	1,14
2016	206,914	19,949	226,863	399.822,00	119.946.600,00	1,89	0,92	0,97
2017	230,445	21,308	251,753	437.576,00	131.272.800,00	1,92	0,98	0,94
2018	240,145	22,024	262,169	451.219,00	135.365.700,00	1,94	1,04	0,90
2019	250,034	22,753	272,787	464.858,00	139.457.400,00	1,96	1,10	0,86
2020	260,111	23,497	283,608	478.498,00	143.549.400,00	1,98	1,15	0,82

Tabla N° 40.

A partir de estos datos se concluye lo siguiente:

a. El precio del boleto no es suficiente para cubrir los costos de mantenimiento que se generan a lo largo de cualquier año de actividad comprendido en el rango estudiado, lo que indica que el sistema metro debe ser subsidiado por el estado para mantenerlo en condiciones optimas para el uso.
El beneficio del operador depende del costo por viajero y del precio del sistema por lo que mientras se mantenga un precio bajo no se generaran beneficios operativos positivos.

b. La demanda y el mantenimiento son directamente proporcionales. Una demanda que supere la capacidad máxima de un sistema no solo aumentará los costos en el material rodante, ya sea por mantenimiento o por compra de una unidad adicional, sino también en la superestructura y en el sistema integral.
Se observa que en el año 2017 el costo de mantenimiento del sistema ferroviario tiene un brusco aumento. Esto se debe a que la demanda supero la disponibilidad del sistema por lo que se hace necesario incorporar un tren más para satisfacer la demanda de usuarios de aquel año.

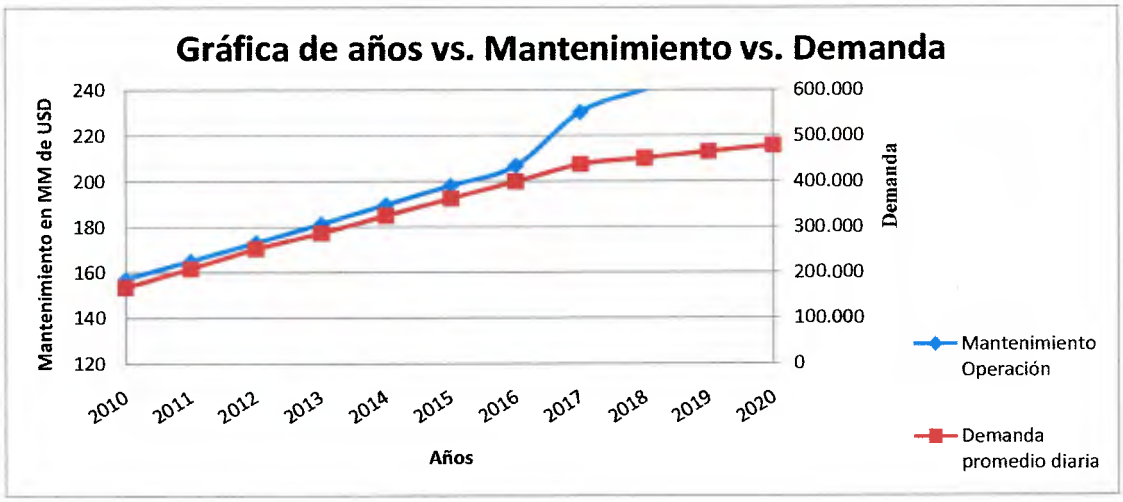


Figura N° 20.

c. Figura N° 21. El costo unitario por viajero disminuye al aumentar la demanda. Esto quiere decir que al aumentar el abordaje por año los costos de O&M por persona disminuyen.

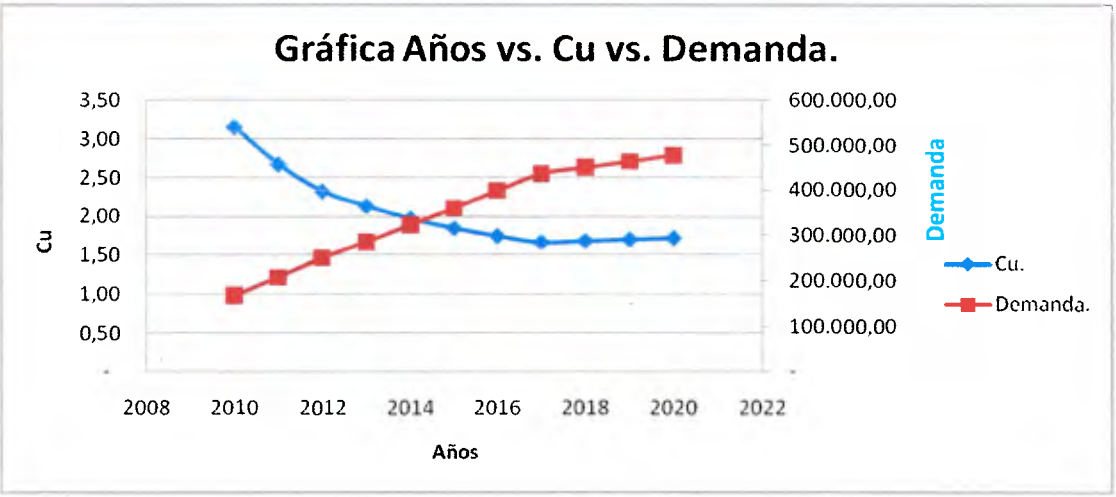


Figura Nº 21.

d. Si no se aplica la inversión necesaria para el mantenimiento del sistema podrían ocurrir fallas imprevistas que ocasionarían retardos en la línea. Es de mucha importancia seleccionar el tipo de mantenimiento adecuado para reducir al máximo los tiempos de parada.

e. La disponibilidad mejora la fiabilidad del sistema, por lo tanto una mayor disponibilidad genera confianza entre los usuarios los cuales verían este medio de transporte como indispensable y podrían pagar un precio mayor con mejorar la calidad del sistema.

f. Para un mejor rendimiento en el área de mantenimiento, es conveniente incorporar sistemas de tercera generación dentro de los propios equipamientos del material móvil, de forma que se permita fácilmente la identificación de variables predictivas que evidencien el buen o mal funcionamiento del subsistema y sobre todo la situación de su curva de probabilidad de fallos.

g. Muy importante es respetar el tiempo de vida útil de cada componente del sistema ferroviario, además de las actuaciones correctivas puntuales, ya que mejoran el rendimiento del sistema.

h. Los salarios operacionales son valores referenciales del tramo en fase de proyecto Sao Paulo – Rio de Janeiro, que fueron usados en esta

investigación como base explicativa más no como valores referenciales para el sector operacional venezolano.

i. Los precios mundiales del boleto de un sistema metro están alrededor de 1 $ o 1 € por viajero. Esto quiere decir que los sistemas metros extranjeros tienen mayores ingresos que el sistema ferroviario de cercanía de Los Teques, ya que el precio por viajero de este último es de 1.5 Bs.F, equivalente a 0.58 $ o 0.41 € al 2010.

j. Si el precio del boleto se mantiene constante, como se ha mantenido en los últimos cinco años, el sistema podría colapsar debido a que los costos de operación y mantenimiento seguirán aumentando en el tiempo y no se podrán cubrir los costos de los mismos.

k. Un aumento del precio del boleto de un 10% anual reduce los costos unitarios por pasajero subsidiados por el estado. Esto se debe a que si el precio del boleto aumenta de manera gradual, entonces el subsidio por parte del estado disminuye.

Conclusiones.

El objeto de esta investigación es el resultado de una serie de análisis sobre la gestión, operación y mantenimiento de los sistemas ferroviarios para transporte de pasajeros o tipo metro.

El diseño de esta metodología permitió estimar los costos de operación y mantenimiento de un Sistema Ferroviario, lo cual constituye un elemento fundamental para la evaluación de un proyecto ferroviario en fase de planificación y de servicio. La metodología permitió también determinar el costo unitario que debería pagar cada viajero para mantener el sistema en buenas condiciones y cubrir los costos de operación y mantenimiento.

La investigación permitió identificar los componentes de costos de un Sistema Ferroviario, estimar los costos de mantenimiento de la infraestructura, de la superestructura, del sistema integral y del material rodante. También identificó los diferentes tipos de mantenimiento y su importante relación con los índices RAMS.

La metodología desarrollada es abierta, es decir, el programador que hace uso de este estudio puede incorporar y actualizar nuevos índices de actualización de operación y mantenimiento.

Finalmente se espera que el presente trabajo de grado constituya una base para futuras investigaciones orientadas a la estimación de costos debido a que es un tema de mucha importancia al momento de presupuestar y calcular costos totales de un proyecto en fase de planificación u operación y mantenimiento de un sistema ferroviario.

Bibliografía.

- González, Francisco J. (2006, Octubre) España. Ingeniería Ferroviaria.
- García, Alberto y Hernández, Alberto. (1998, Marzo)España. Operación de trenes de viajeros.
- Pierre, Jean Profesor (2001, January). Prices and costs in the railway sector.
- Norma Europea EN 50126 (1999, Septiembre). Especificación y demostración de la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS).
- Fidias, G. (2006). El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica (5° Edición). Ciudad: Caracas. Episteme.
- Bolívar, Milegny y Rojas Raquel. (2008, Febrero). Tesis "Metodología para el Estimado de los costos de Inversión de un Sistema Ferroviario", Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.
- Sistema ferroviario. (2009).La enciclopedia de contenido libre. [Pág. web en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Ferrocarril. (Búsqueda 20-1-2010).
- Mantenimiento. (2009). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml . (Búsqueda 20-1-2010)
- Mantenimiento mundial. Pág web en línea]. Disponible en: http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/default.asp?lang=ESP. (Búsqueda 25-11-2009)
- Tipos de mantenimiento. (2009). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/La%20seguridad%20y%20el%20Mantenimiento.pdf(Búsqueda 25-11-2009)
- Revaluación. (2010). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://www.rivaluta.it/inflazione.asp?t=IPCA&yi=1998&yf=2008&mi=1&mf=12&tsv=y. (Búsqueda 20-1-2010)

- Tasa de cambio entre el Euro (EUR) y el Dólar Estadounidense (USD) en la fecha de 22 de noviembre, 2008. (2010). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://es.exchange-rates.org/Rate/EUR/USD/22-11-2008. (Búsqueda 1-2-2010)

- Proyecto de Tren de Alta Velocidad Sao Paolo- Rio de Janeiro (Brasil). (2009). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://www.tavbrasil.gov.br/Documentacao/Portugues/VOL_4_OPERACOES_E_TECNOLOGIA/OPERACOES/VOL_4_Pt_1_Anexo_B_Pesquisa_de_custos_operacionais_PROMPT.pdf. (Búsqueda 20-1-2010)

- C.A Metro Los Teques. (2010). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://www.metrolosteques.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=138:proyecto-linea-1&catid=49:varios&Itemid=72. (Búsqueda 20-1-2010)

- C.A Metro Los Teques. (2010). [Pág. web en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Metro_de_Los_Teques. (Búsqueda 20-1-2010).

ANEXOS.

Manual de Usuario de Metodología para el Estimado de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario.

Esta metodología para el estimado de costos de Operación y Mantenimiento (O&M) de un sistema ferroviario fue desarrollada con base en la elaboración de hojas de cálculo programadas en Microsoft Excel a partir de una base de datos que muestra los porcentajes de O&M en el sector.

A fin de mantener la programación abierta a cualquier modificación de los porcentajes de mantenimiento, se han establecido tres valores, un valor mínimo, un valor referencial y un valor máximo, que puedan satisfacer, siempre dentro del rango de valores, el criterio de cada uno de los usuarios que quieran determinar el costo final de O&M.

Haciendo clic en el Icono de "Metodología para la estimación de Costos de Operación y Mantenimiento de un Sistema Ferroviario", se abre el programa de Excel, el cual contiene 5 pestañas principales:

1. Mantenimiento.
2. Operación.
3. Resumen.
4. Gráficos % O&M.
5. Base de datos (Se refiere a los valores utilizados para actualizar costos a través del IPC).
6. Tasa de Cambio (Están representadas la tasas históricas del cambio euro-dólar y real brasileño-dólar para la conversión de monedas.

Parte Inferior de Pantalla en el archivo de Excel.

Las Hojas de cálculo 5 y 6 son elementos que funcionan como fundamento para realizar todas las operaciones que se introducen en las siguientes numeradas del 1 al 3; por lo tanto no se podrán modificar por el usuario al menos que se desee actualizar la información.

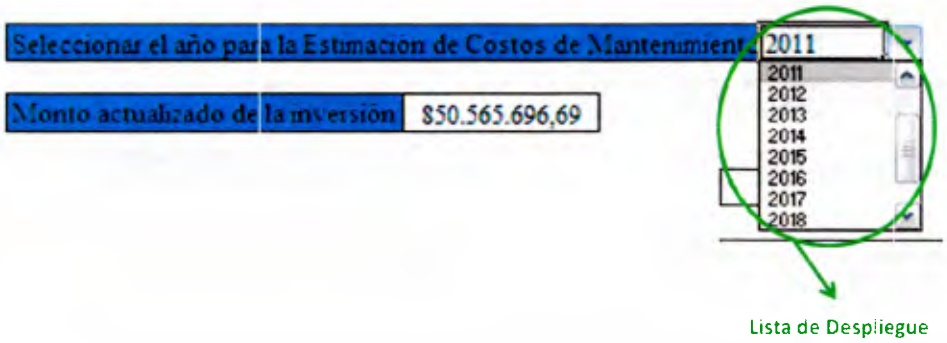
Las hojas de cálculo 1 y 2 son las de interacción con el usuario. Las cuales podrán ser modificadas a través de las siguientes instrucciones de uso:

PASO Nº1 - Datos Básicos del Sistema: Colocar las opciones que pide el programa debido a que con base en los datos introducidos se calcularán los costos estimados de O&M. Los valores más importantes a colocar se muestran en la tabla siguiente:

1.1 Se ingresa el Monto de Inversión del Tramo (€):

1.2 Se ingresa el Año de Inversión:

1.3 Selección del Año para la Estimación de Costos de Mantenimiento: seleccionando la celda aparecerá una flecha que muestra una lista desplegable de opciones, entre los cuales se muestran los años de estimación desde el 2008 hasta el 2020 con la que se trabajará en toda la metodología de costos.



Automáticamente se actualiza el Monto de la inversión:

1.5 Se ingresa las características del tramo en estudio:

Kilometros de Via Férrea:		Nº Rieles	
Túneles (m):		Terraplén (Km):	
Puentes en Acero (m):		Puentes en Concreto (m):	
Trincheras (m):		Estructuras de Drenaje (m):	

Tabla de Datos Básicos del Sistema.

1. DATOS BASICOS DEL SISTEMA

Ingresar Monto de Inversion del Tramo:			
Año de Inversión:			
Moneda:	Euros (€)		
Seleccionar el año para la Estimación de Costos de Mantenimiento			
Monto actualizado de la inversión:	#DIV/0!		
Kilómetros de Vía Férrea:		Nº Rieles	
Túneles (m):		Terraplén (Km):	
Puentes en Acero (m):		Puentes en Concreto (m):	
Trincheras (m):		Estructuras de Drenaje (m):	

PASO Nº 2 - Costos Estimados de Mantenimiento de Elementos de Sistema Integral del Sistema Ferroviario:

Las siguientes tablas calculan el costo de cada uno de los elementos que forman parte del sistema ferroviario. Se conforman por: la infraestructura, la superestructura, estructuras fijas para tracción eléctrica, señalización, equipos de estación y depósito y material rodante. Algunos de los grupos presentan el rango de porcentajes a utilizar para la estimación del cual el usuario deberá seleccionar un valor comprendido entre ellos. El resultado es en millones de euros y dólares.

2.1 Infraestructura: este grupo tiene una particularidad la cual se deberá tomar en cuenta al momento de seleccionar los datos. Algunos ítems se repiten en la tabla, por lo que hay que prestar atención en no seleccionarlo dos veces. Se puede observar que los ítems numero 1000 y 1001 se encuentran unidos en el ítem 1001.1. Si el usuario selecciona "Si" en la casilla mostrada en rojo, no se tomarán algunos valores referenciales en porcentaje (1000 y 1001. Por ejemplo, si se selecciona "Si" en el elemento con código 1001.1, entonces los elementos 1000 y 1001 no serán tomados en cuenta.

Código	Descripción	Unid.	Rango de %			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM USD
1000	Bancos y trincheras	€/año	0,00	0,50	1,00			
1001	Estructuras de drenaje	€ /año	1,00	2,00	3,00			
1001.1	Banco, Trincheras y Drenajes	€/km	0,00			Si	,000	0,00
1002	Muros	€ /año	0,10	0,50	1,50	Si No	¡DIV/0!	=¡DIV/0!
1003	Puentes en acero	€ /año	1,00	1,50	2,00			
1003.1	"	€ /m	0,00			Si	0,000	0,00
1004	Puentes en Concreto	€/año	0,10	1,00	2,00			
1004.1	"	€ /m	0,00			Si	0,000	0,00
1005	Túneles	€/año	0,10	0,50	2,00			0
1005.1	"	€ /m	0,00			Si	0,000	0,00
						Sub Total en Millones	=¡DIV/0!	=¡DIV/0!

2.2 Superestructura: Con base en el año para el cual desea la estimación el costo cambia automáticamente.

Código	Descripción	Unid.	Costo de mantenimiento de la Vía Férrea en el año 2000	Costo en el año 0	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			en €/Km	en €/Km	MM €	MM U$D
2001	Vía Férrea	€/Km	10.000,00	-	0,000	0,000
				Sub Total en Millones de €	0,000	0,000

2.3 Estructuras fijas para Tracción Eléctrica.

Se seleccionan los porcentajes a utilizar.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 0			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
3000	Sub-estaciones	€/año	1,00	2,00	3,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
3001	Catenarias	€/año	1,00	2,00	3,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
						Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

2.4 Señalización.

Se seleccionan los porcentajes a utilizar.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 0			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
4000	Señalización	€/año	3,00	4,00	6,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
						Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

2.5 Equipos de Estación y Depósito.

Se seleccionan los porcentajes a utilizar.

Código	Descripción	Unid.	Rango de % al año 0			% Seleccionado	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
5000	Edificios,	€/año	0,50	1,00	2,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Calles, sede, estacionamiento:								
5001	Infraestructura	€/año	0,10	0,30	0,50		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5002	Pavimentación	€/año	2,00	3,00	5,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5003	Sistema Hidráulico	€/año	0,50	1,00	2,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5004	Equipamiento eléctrico de bajo voltaje	€/año	1,00	3,00	5,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5005	Equipos de seguridad y señalización	€/año	2,00	5,00	10,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5006	Equipo de Telecomunicaciones	€/año	5,00	10,00	15,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5007	Equipamiento informático	€/año	5,00	10,00	15,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5008	Equipos eléctricos de baja tensión	€/año	1,00	3,00	5,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
5009	Desviaciones, pasajes a nivel, cruces, etc.	€/año	3,00	10,00	15,00		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
						Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

2.6 Material Rodante: El material rodante representa el grupo más importante y el más costoso para mantener, por ello es necesario suministrar la información correcta y así

evitar mayores costos al momento de calcular la estimación total de mantenimiento del material rodante.

Km Recorridos		Trafico Total	
Cantidad de Vagones de Pasajeros:		Costo x vagón	
Cantidad de Vagones de Pasajeros doble:		Costo x vagón	
Cantidad de Vagones camas:		Costo x vagón	
Vagones Restaurantes		Costo x vagón	

Código	Descripción	Unid.	Valores Actualizado al año 0			Valor Seleccionado 0	Costo para el año 0	Costo para el año 0
			Valor Mínimo	Valor Ref.	Valor Máximo		MM €	MM U$D
6001	Vagones pasajeros	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0.000	0
6002	Vagones pasajeros doble piso	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0.000	0
6003	Vagones cama	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0.000	0
6004	Vagones restaurantes	€/Km Vagón	0,00	0,00	0,00		0.000	0

2.6.1 Locomotoras Diesel.

Precio de compra:	
Km recorridos	0,00
Numero de Locomotrices Diesel	0

Código	Descripción	Unid.	Rango de Precios Actualizado de Locomotora Eléctrica al año 0			Valor seleccionado	Costo para el año en € 0	Costo para el año en $ 0
6005	Locomotoras Diesel	€/km x Loc.	0.00	0.00	0,00		0.00	0

2.6.2 Locomotoras Eléctricas.

Precio Compra	0,00
Km Recorridos	0
Numero de Locomotoras	0

Código	Descripción	Unid.	Precio Actualizado Locomotora Eléctrica al año 0	Costo para el año en € 0	Costo para el año en $ 0
6006	Locomotora eléctrica	€/km x Loc.	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

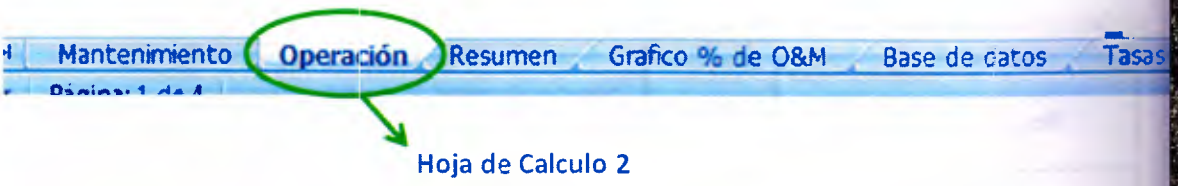
2.6.3 Electromotrices.

Precio de compra	
Frecuencia (min)	
Longitud de Tramo (km)	
Horario de servicio (hora)	
Costo Unitario (€/EMU*km)	#¡DIV/0!
Km recorridos/año	#¡DIV/0!
Numero de Electromotices	

Código	Descripción	Unid.	Precio Actualizado Locomotora Eléctrica al año 2013	Costo para el año en € 2013	Costo para el año en $ 2013
6007	Electromotriz	€/km x Loc.		#¡DIV/0!	#¡DIV/0!

Sub Total en Millones de €	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Total en Millones en Mantenimiento	**#¡DIV/0!**	**#¡DIV/0!**
Costo Unitario	**#¡DIV/0!**	**#¡DIV/0!**

PASO Nº 3 – Operación.



En la pestaña de operación se despliegan dos páginas, la primera para el cálculo de costos unitarios de O&M, la segunda para determinar los valores que se usaran en la primera tabla. En el punto 3.2 se muestran los costos operacionales del personal que trabaja en el sistema ferroviario, en el punto 3.3 se coloca un valor de operación en caso de que no quieran usarse los costos de operación brasileros.

3.2 Costos Operacionales según TAV Brasil

Sector	Cantidad	Salario Anual en R$ al 2008	Salario Anual en USD al 2008	Salario Anual en USD al 2011
Administracion Superior	16,00	1.160.467,08	638.256,89	724.573,14
Director Presidente	1,00	351.960,00	193.578,00	219.757,00
Conductor	1,00	17.641,92	9.703,06	11.015,27
Secretaria de Presidencia	1,00	50.678,64	27.873,25	31.642,76
Asesoria Presidencial	13,00	740.186,52	407.102,59	462.158,11
Jefe de Asesoria	1,00	119.797,20	65.888,46	74.799,05
Secretaria de Asesoria	1,00	168.860,64	92.873,35	105.433,31
Asesoria Juridica			-	-
Abogado	1,00	50.684,64	27.876,55	31.646,51
Auditor	1,00	50.684,64	27.876,55	31.646,51
Asesoria Comercial			-	-
Ingeniero	1,00	102.312,00	56.271,60	63.881,63
Asistente Tecnico	1,00	26.100,00	14.355,00	16.296,33
Asesoria de Calidad			-	-
Ingeniero de Control de Calidad	1,00	97.464,00	53.605,20	60.854,63
Tecnico de calidad	1,00	21.216,00	11.668,80	13.246,86
Asesoria de Comunicación			-	-
Defensor del Pueblo	1,00	60.852,24	33.468,73	37.994,96
Analista de Comunicaciones	1,00	42.215,16	23.218,34	26.358,33
Direccion	4,00	935.856,00	514.720,80	584.330,34
Director Administrativo	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Director de Marketing	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Director de Operaciones	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Director de Mantenimiento	1,00	233.964,00	128.680,20	146.082,58
Total	20,00	2.096.323,08	1.152.977,69	1.308.903,47

* Cálculo para tres (3) turnos de seis (6) horas.

Personal en el tren	Cantidad	Salario Mensual en R$ al 2008	Salario Mensual en USD al 2008	Salario Mensual en USD 2011
Maquinista	1,00	4.140,00	2.277,00	2.584,94
Jefe de Tren	1,00	2.738,77	1.506,32	1.710,03
Auxiliar	2,00	4.334,00	2.383,70	2.706,07
		Costo en 5 Trenes		1.156.878,07
		Costo Anual Total		**13.882.536,89**

* Cálculo para dos (2) turnos de ocho (8) horas.

Personal de Estaciones y CCO	Cantidad	Salario Mensual en R$ al 2008	Salario Mensual en USD al 2008	Salario Mensual en USD 2011
Jefe de estación	8,00	50.658,16	27.861,99	31.629,97
Personal de Servicio	24,00	73.734,24	40.553,83	46.038,23
Jefe de turno en el CCO	3,00	12.671,16	6.969,14	7.911,63
Supervisor de Operaciones	4,00	14.071,72	7.739,45	8.786,11
Supervisor de Energia	2,00	7.035,86	3.869,72	4.393,05
		Costo Anual Total		**1.185.107,91**

Sector	Cantidad	Salario Anual en R$ al 2008	Salario Anual en USD al 2008	Salario Anual en USD 2011
Administración y Finanza				
Departamento de Recursos Humanc	12,00	425.881,68	234.234,92	265.912,26
Departamento Financiero	11,00	345.674,40	190.120,92	215.832,39
Departamento Administrativo	19,00	383.667,92	211.017,36	239.554,81
Departamento de Compras	10,00	332.648,68	182.956,77	207.699,38
		Total	**818.329,97**	**928.998,84**

Total Costos Operacionales TAV	**17.305.547,11**

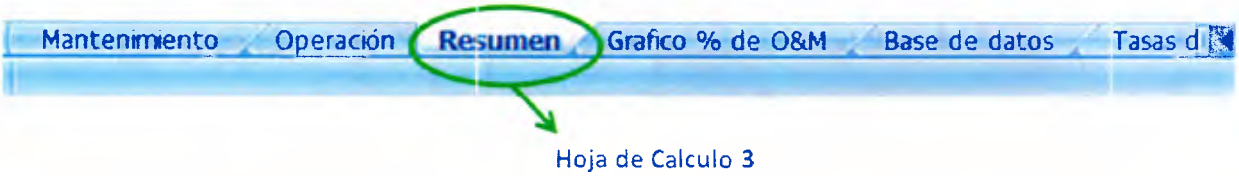
3.3 Costos Operacionales Definidos por el Usuario

Total de Costos Operacionales	

Se coloca los datos necesarios por el usuario para determinar el aprovechamiento del sistema, el beneficio del operador y la rentabilidad operativa del sistema.

Frecuencia trenes (min)=			
Costo boleto ($)=		Tasa de Cambio Bs. x $	
Viajeros por tren=			
Abordajes diarios=			
Plazas=			
Km=	#¡DIV/0!		
C.U. de Mantenimiento ($)	#¡DIV/0!	€	#¡DIV/0!
C.U de Operación ($)=	#¡VALOR!	€	#########
Costo Unitario Total($)=	#¡DIV/0!	€	#¡DIV/0!
Valor de trenes empleados=	#¡DIV/0!		
Trafico (v)=	0,0		
Costo Total (€)=	#¡DIV/0!		
Ingreso Medio(€)=	0,0		
Ingresos de tráfico (€) y U$D=	0,0	-	
Aprovechamiento=	#¡DIV/0!		
Deficit Operativo ($) y (€) o subsidio=	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	
Rentabilidad Operativa=	#¡DIV/0!		

PASO N°4 – Resumen.



En la siguiente tabla se muestra la hoja resumen que reúne los costos de cada grupo que integra el sistema ferroviario. Una vez en la hoja de Excel, seleccionar la pestaña "Resumen" y aparecerá la hoja con los cálculos finales.

Kilómetros de via Férrea :	-
Inversión Inicial:	0,00
Nombre del Sistema:	

Costos de Estimados de Operación y Mantenimiento del Sistema Ferroviario en el Año:

	CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
INFRAESTRUCTURA	1000	Bancos y trincheras	€/año	0,000	0,00
	1001	Estructuras de drenaje	€/año	0.000	0,00
	1001.1	Bancos, trinchera, drenaje; TAV	€/Km x Año		
	1002	Muros	€/año	0,000	0,00
	1003	Puentes de Acero	€/año	0,000	0,00
	1003.1	Puentes de Acero datos TAV	€/m x Año		
	1004	Puentes en Concreto	€/año	0,000	0,00
	1004.1	Puentes en concreto datos TAV	€/m x Año		
	1005	Túneles	€/año	0.000	0,00
	1005.1	Túneles datos TAV	€/m x Año		
		Total en millones de € en Infraestructura		**0,000**	**0,00**

	CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
SUPER ESTRUCTURA	2001	Vía Férrea	€/Km	0,000	0,000
		Total en millones de € en Superestructura		**0,000**	**0,000**

SISTEMA INTEGRAL

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
3000	Sub-estaciones	€/año	0,000	0,000
3001	Catenarias	€/año	0,000	0,000
	Total en millones de € en Estructuras Fijas para Tracción Eléctrica		**0,000**	**0,000**

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
4000	Señalización	€/año	0,000	0,000
	Total en millones de Señalización		**0,000**	**0,000**

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
5000	Edificios, plataformas	€/año	0,000	0,000
5001	Infraestructura	€/año	0,000	0,000
5002	Pavimentación	€/año	0,000	0,000
5003	Sistema Hidráulico	€/año	0,000	0,000
5004	voltaje	€/año	0,000	0,000
5005	Equipos de seguridad y señalización	€/año	0,000	0,000
5006	Equipo de Telecomunicaciones	€/año	0,000	0,000
5007	Equipamiento informático	€/año	0,000	0,000
5008	Equipos eléctricos de baja tensión	€/año	0,000	0,000
5009	Desviaciones, pasajes a nivel, cruces, etc.	€/año	0,000	0,000
	Total en millones equipos de Estación y Deposito		**0,000**	**0,000**

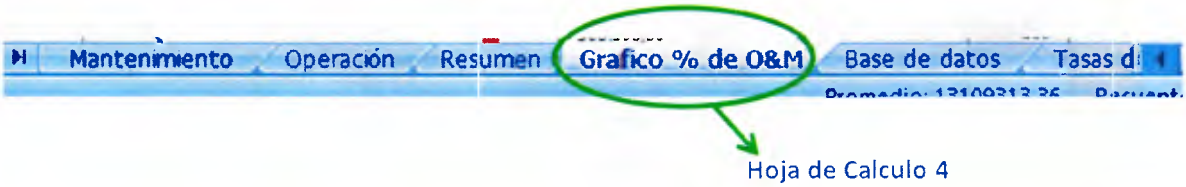
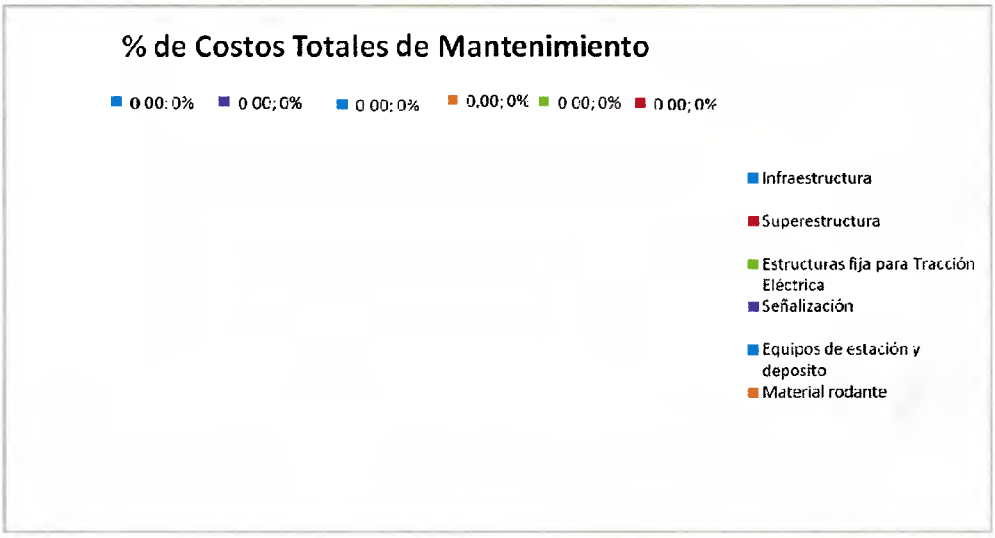
MATERIAL RODANTE

CODIGO	DESCRIPCCIÓN	Unid.	TOTAL EN MILLONES DE €	TOTAL EN MILLONES DE USD
6001	Vagones pasajeros	€/Km	0,000	0,000
6002	Vagones pasajeros doble piso	€/Km	0,000	0,000
6003	Vagones cama	€/Km	0,000	0,000
6004	Vagones restaurantes	€/Km	0,000	0,000
6005	Locomotoras diesel	€/Km	0,000	0,000
6006	Locomotoras Eléctricas	€/Km	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
6007	Electromotrices	€/Km	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
	Total en millones de Material Rodante		**#¡DIV/0!**	**#¡DIV/0!**

TOTAL GENERAL EN MILLONES DE € y USD	**#¡DIV/0!**	**#¡DIV/0!**

Aprovechamiento=	**#¡DIV/0!**	
Beneficio Operativo del Operador (€)=	**#¡DIV/0!**	**#¡DIV/0!**
Rentabilidad Operativa=	**#¡DIV/0!**	

PASO N°5 – Gráficos % O&M.



La siguiente hoja se modificará automáticamente en la medida en que se llenen los datos de las hojas anteriores. El grafico muestra los porcentajes de inversión para el mantenimiento y operación de cada grupo que forman parte del sistema ferroviario.