

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA RED FERROVIARIA DE
PARÍS”**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO INDUSTRIAL

ARMANDO JUNIOR ESPINDOLA MILLA

LIMA-PERÚ

2013

DEDICATORIA:

A mis padres, personas valientes, quienes dedicaron su vida a la crianza de mis hermanas y la mía, siempre nos impulsaron y nos dieron los medios para estudiar y superarnos; a mis hermanas por su gran apoyo y a Dios que siempre está conmigo a donde quiere que vaya.

ÍNDICE

DESCRIPTORES TEMÁTICOS.....	3
RESUMEN EJECUTIVO.....	4
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPITULO I.....	8
GENERALIDADES	8
1.1. DIAGNÓSTICO FUNCIONAL.....	8
1.1.1. Definición de la empresa.....	8
1.1.2. Organización de la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés (SNCF).....	9
1.1.3. Productos.....	11
1.1.4. Proveedores.....	13
1.1.5. Clientes.....	13
1.2. DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO.....	15
1.2.1. Misión.....	15
1.2.2. Visión	15
1.2.3. Objetivos Estratégicos	15
1.2.4. Análisis FODA.....	16
CAPITULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN	21
2.2. MANTENIMIENTO	22
2.3. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	23
2.4. SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	24
CAPITULO III.....	29
PROCESO DE TOMA DE DECISIONES.....	29
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
3.1.1. Descripción del problema.....	29

3.1.2.	Situación actual de la gestión del mantenimiento	31
3.1.3.	Análisis de causas	32
3.1.4.	Planteamiento del Problema	33
3.2.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	34
3.3.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES	35
3.4.	CRITERIOS DE SELECCIÓN	36
3.5.	TOMA DE DECISIONES.....	45
CAPITULO IV		51
DESARROLLO DEL PROGRAMA.....		51
4.1.	OBJETIVOS DEL PROGRAMA.....	51
4.2.	PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA	52
4.3.	DESARROLLO DEL PROYECTO “OSMOSE” PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	59
CAPITULO V		75
EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....		75
5.1.	RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA.....	75
5.2.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	78
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES.....		81
BIBLIOGRAFÍA.....		82

DESCRIPTORES TEMÁTICOS

- SNCF: Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés.
- OSMOSE: Optimización y estandarización de los métodos, de las organizaciones y de los sistemas en establecimiento.
- COHERENCE: Coherencia de datos del material alrededor de un referencial centralizado.
- ORCHESTRAL: Orquestración del sistema de información para el dominio de arquitecturas informáticas y la oferta de servicios transversos.
- GMAO: Sistema de gestión del mantenimiento asistido por ordenador.
- TGV: Tren a gran velocidad.
- MDM: Master data management de la sociedad IBM.
- ESB: Enterprise Service Bus.

RESUMEN EJECUTIVO

El mantenimiento industrial ha adquirido en los últimos años una importancia relevante, debido principalmente a la evolución de los equipos industriales. La integración y el desarrollo de los aparatos robotizados, autómatas programables y otros equipos de tecnología de punta han obligado a las empresas contar con personal de mantenimiento altamente calificado, softwares especializados y materiales de alta tecnología.

La importancia de la gestión de mantenimiento se basa principalmente en el deterioro de los equipos industriales y las consecuencias que esto puede provocar. Debido al alto costo que supone este deterioro para las empresas, es necesario aumentar la fiabilidad de las máquinas, la seguridad de los equipos y de las personas.

Dentro de este contexto, la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF, responsable del mantenimiento de los materiales rodantes ferroviarios, inició en el 2010 un programa para la implementación de un sistema información para la gestión del mantenimiento, con el objetivo de mejorar la efectividad industrial de los talleres de mantenimiento y optimizar la gestión del mantenimiento de los materiales rodantes.

El programa para la implementación del sistema información de gestión del mantenimiento engloba tres proyectos, COHERENCE (coherencia de datos del material alrededor de un referencial centralizado), ORCHESTRAL (orquestración del sistema de información para el dominio de arquitecturas informáticas y la oferta de servicios transversos) y el proyecto OSMOSE relacionado con la implementación de un sistema de información asistido por computador para la gestión del mantenimiento.

Los resultados de este programa fueron satisfactorios porque permitió a la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF administrar de manera efectiva el ciclo de vida y el mantenimiento de todos los activos, reducir los costos de mantenimiento, así como gestionar todo el proceso de compras e inventario de materiales y servicios.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) son programas informáticos que permite la gestión del mantenimiento de los equipos y/o instalaciones de una o más empresas, tanto mantenimiento correctivo como preventivo, predictivo, etc.

Los programas GMAO nos permiten disponer de gran cantidad de información, de una forma adecuada y fácil de extraer. Al mismo tiempo, nos permitirá programar en función de los parámetros que decidamos, las revisiones preventivas y/o predictivas, generando los listados correspondientes para la tarea de los técnicos, según los plazos programados.

La Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF optó en el 2010 implementar una solución que permita la gestión global del mantenimiento; para lo cual decidió adquirir un GMAO.

Este informe permitirá conocer de forma detallada comola SNCF planificó, ejecutó y evaluó la implementación de su sistema de gestión de mantenimiento asistido por computadora.

En el primer capítulo de este informe conoceremosal grupo SNCF, su organización funcional, los servicios que brinda, los clientes, proveedores y su diagnóstico estratégico.

En el segundo capítulo se realizará una descripción de los conceptos generales de un GMAO, características funcionales, fases de implementación y las ventajas que proporciona un sistema de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO).

El tercer capítulo se describe la problemática, las alternativas de solución, las metodologías que se utilizó para el desarrollo de la solución y los criterios de selección que se tomaron en cuenta para la elección del sistema de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO).

En el cuarto capítulo se describe los objetivos del programa de implementación del sistema, también se realizará una presentación detallada de los proyectos que conforman el programa, la planificación, los organismos internos involucrados en el programa y las fases de implementación de los proyectos.

Finalmente en el quintocapítulo se realiza un análisis de los resultados, beneficios y mejoras que se obtuvo producto de la implementación del sistema de mantenimiento asistido por computadora.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. DIAGNÓSTICO FUNCIONAL

1.1.1. Definición de la empresa

La SNCF, siglas en francés de la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés es una empresa estatal francesa que se encarga de la explotación de los ferrocarriles en ese país bajo un régimen de monopolio . Forma parte, junto a otras 49 filiales, de lo que se denomina «Grupo SNCF».

La SNCF fue constituida por el gobierno francés en 1938. Su capital se repartió entre el estado Francés, que se quedó con un 51 %, y las compañías ferroviarias privadas que se fusionaron, que tuvieron un 49 %.

El grupo SNFC facturó en el 2011, 32.6 millones de euros, con un 23% de sus ingresos realizados fuera de Francia.

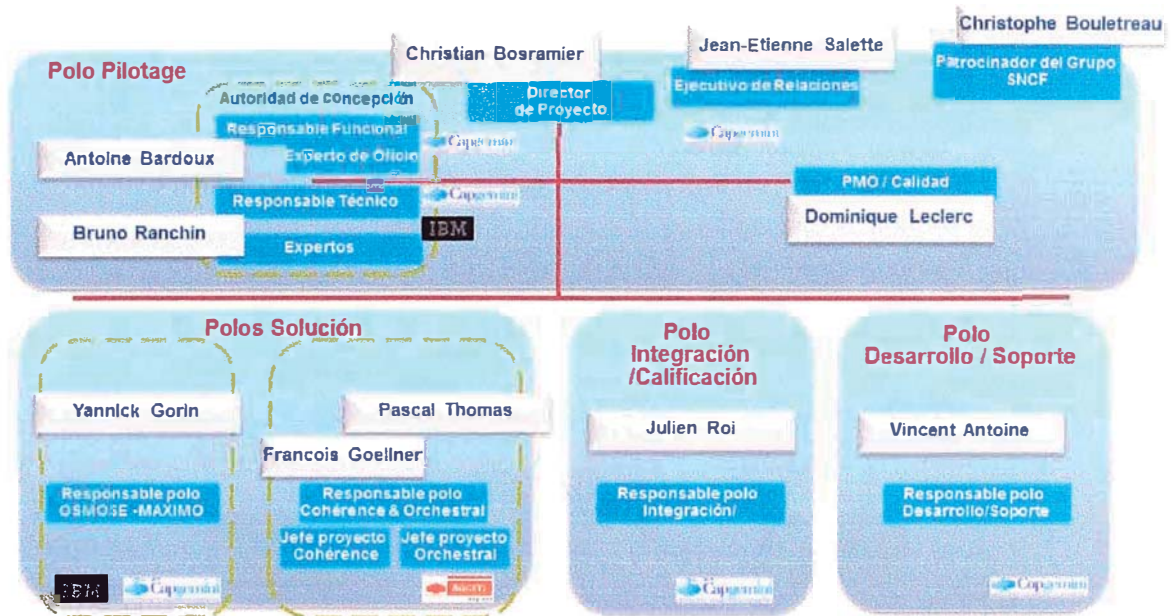
Actualmente cuenta con 245, 000 colaboradores repartidos en 120 países.

Esta empresa factura aproximadamente \$5 millones al año y tiene una activa presencia en el mercado local e internacional.

1.1.2. Organización de la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés(SNCF)

1.1.2.1. Organigrama Global de la SNCF

Figura 1: Organigrama global de la SNCF

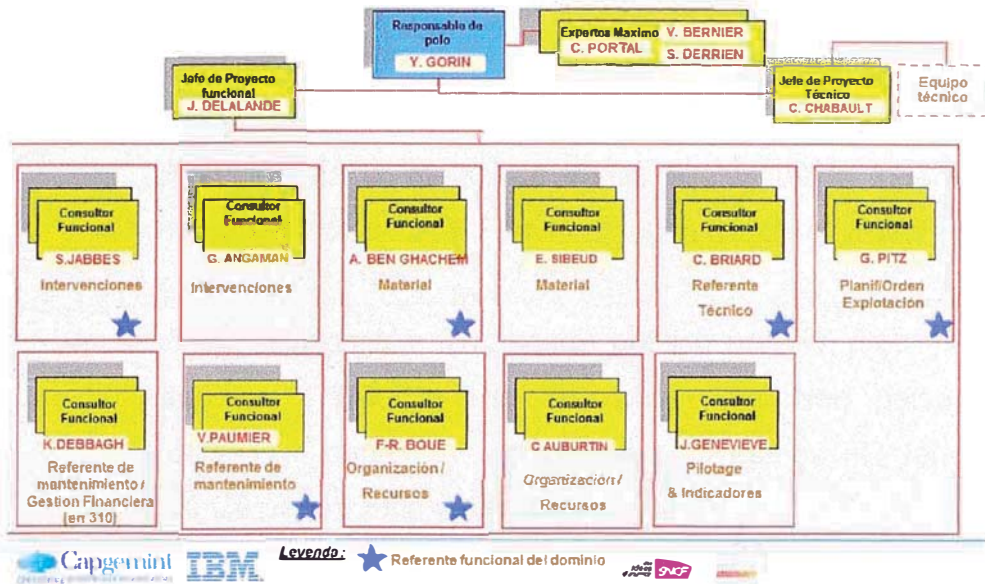


Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

1.1.2.2. Organigrama Polo Solución GMAO-OSMOSE

- Equipo funcional

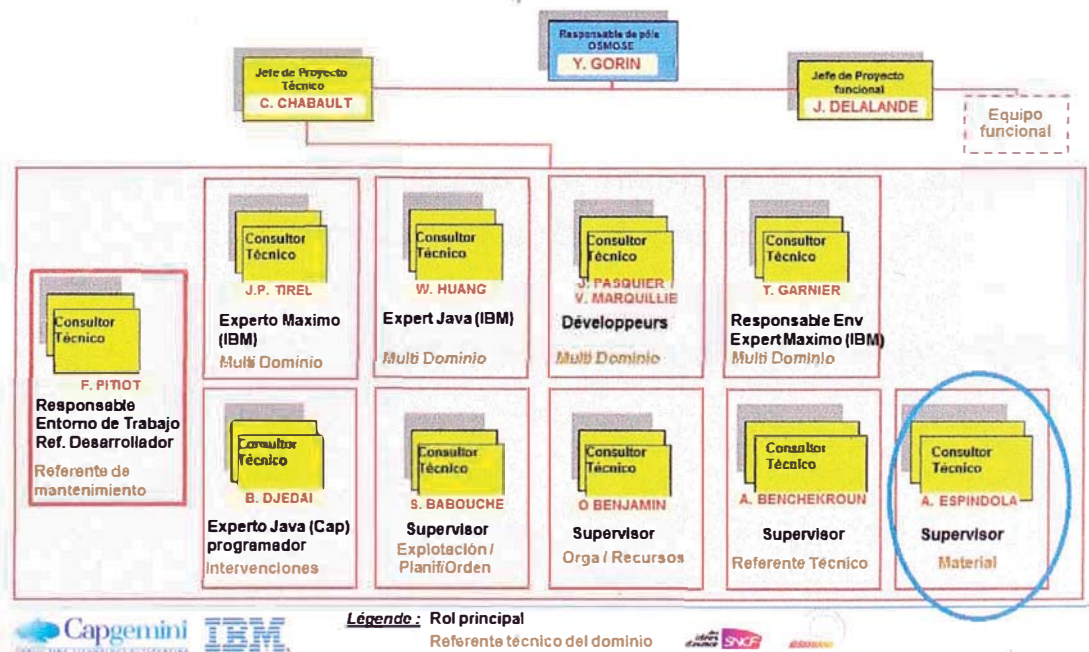
Figura 2: Organigrama Equipo Funcional GMAO – OSMOSE



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

- Equipo técnico

Figura 3: Organigrama Equipo Técnico GMAO – OSMOSE



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

1.1.3. Productos

- SNCF Infra: Mantenimiento y explotación de la infraestructura. También es la matriz de varias filiales de la ingeniería del ferrocarril, como SNCF Internacional, Systra o Inexia.
- SNCF Proximités: Transporte público urbano, metropolitano y regional (TER, Transilien, Intercités). También pertenecen a esta rama empresas como CFC (ferrocarriles de Córcega), Effia y Keolis.
- SNCF Voyages: Transporte ferroviario de pasajeros larga distancia / alta velocidad, y distribución de sus billetes. TGV-europe.es es la página web que distribuye billetes de tren con la oferta de sncf en España. Las filiales de explotación de trenes internacionales como Eurostar, Thalys o Elipsos se incluyen en esta rama. También están empresas como Voyages-SNCF.com o iDTGV.
- SNCF Geodis: Transporte y logística de mercancías. Géodis, SNCF Fret, etc.
- Gares & Connexions: Gestión y desarrollo de las estaciones.

Tabla 1: Unidades de Negocio SNCF

SNCF Infra	SNCF Proximités	SNCF Voyages	SNCF Geodis	Gares & Connexions
<p>Explotación y gestión de la infraestructura</p> <p>Dirección de la circulación ferroviaria.</p> <p>Trabajos y mantenimiento</p> <p>Ingeniería Syntra</p>	<p>TER Transporte expreso regional.</p> <p>Transilien Transporte ferroviario en Ile-de-France.</p> <p>Intercités</p> <p>Keolis</p>	<p>Transporte ferroviario de pasajeros alta velocidad</p> <p>TGV IDTGV Eurostar Thalys Liria Alleo Elipso Gala TGV Italy Westbahn NTV</p> <p>Transporte ferroviario de pasajeros larga distancia iDBUS</p> <p>Distribución www.voyages-sncf.com</p>	<p>Operador global de transporte y de logística de mercaderías</p> <p>Geodis STVA</p> <p>Transporte ferroviario de mercaderías (TFM) Fret SNCF Captrain VFLI</p> <p>Administrador de activos Ermewa Akiem</p>	<p>Gestión y desarrollo de estaciones francesas</p>

Fuente: Elaboración propia

1.1.4. Proveedores

- Adquisición de prestaciones de servicio para trabajos de mantenimiento de las vías del tren y de la construcción de inmuebles.
- Adquisición de prestaciones de servicio para la confortabilidad del cliente (Limpieza, restaurant, hoteles, centro de llamadas, servicio a bordo del tren, mantenimiento de edificios, agua, luz, etc.)
- Adquisición de materiales rodantes (locomotoras, vagones, TGV, etc.)
- Adquisición de prestaciones intelectuales (estudio de marketing, señalización, selección de personal, etc.)

Estos son algunos proveedores de la SNCF : ADETEL GROUP, ADEUNIS, RF, ADM CONCEPT, AIF, ATAB, ATELIERS ROCHE, CENTRALP, CEIPiemonte, CETIL, CIRCE GROUPE, CORONA SpA, COTTERLAZ METALIS GROUP, CRITT MDTS, CRM, CSEM, etc.

1.1.5. Clientes

- Viajeros: Transporte público en general para rutas largas o cortas.

Figura 4: Tipos de transporte SNCF



Fuente: Elaboración propia

- Empresas: Transporte de mercaderías, alquiler de vías ferroviarias, locación de tiendas de venta etc.

Figura 5: Empresas clientes de la SNCF



Fuente: Elaboración propia

1.2. DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

1.2.1. Misión

La misión de la SNCF es promover una sociedad con gran movilidad, respeto mutuo y solidaridad; haciendo de la eco-movilidad la fuerza impulsora capaz de satisfacer las preferencias de nuestros clientes.

1.2.2. Visión

Convertirse en el líder mundial de la industria de la movilidad y participar en la creación de modos de transportes más durables, facilitando los trayectos y desplazamientos para una mejor respuesta a las necesidades de nuestros clientes.

1.2.3. Objetivos Estratégicos

- Ofrecer lo mejor de la movilidad para conservar la confianza de todos, aquellos que utilizan el tren, aquellos que financian las inversiones y aquello que hacen que el tren funcione en perfectas condiciones.
- Renovar la confianza de las autoridades organizadoras de los transportes.
- Ganar la preferencia de los viajeros, escuchando sus expectativas y sus ideas.
- Reinventar la experiencia de los viajeros para hacer del tren el modo de transporte preferido por los franceses.
- Garantizar a los clientes y a todas las empresas ferroviarias un excelente rendimiento de la red, es decir seguridad, regularidad y eficacia económica.

- Compartir con los empleados los objetivos estratégicos para comprender la transformación de la sociedad SNCF, y escribir juntos el futuro.

1.2.4. Análisis FODA

1.2.4.1. Fortalezas

- La SNCF cuenta con el monopolio ferroviario francés posicionándose así como un líder en este rubro.
- La SNCF empresa pública se autofinancia en gran parte pero puede igualmente obtener subvenciones del estado.
- La imagen de marca de la SNCF proyecta seguridad y fiabilidad. Su notoriedad construida en base a su historia y sus innovaciones tecnológicas es continuamente fortalecida por la aplicación de acciones de comunicación y de gestión de marca.
- La sociedad nacional ferroviaria francesa posee una oferta diversificada y adaptada a la necesidad de cada consumidor.
- La sociedad posee vocación de desarrollo tecnológico. “La compañía tiene una historia tradicionalmente técnica” con una fuerte capacidad de innovación. SNCF es reconocida por sus investigaciones de telecomunicación de alta frecuencia implementadas en el TGV (tren a gran velocidad).
- La sociedad nacional ferroviaria francesa trabaja con un gran número de socios (GEODIS, La Fabrique Digitale, EFFIA Synergies), brindando así un servicio de calidad a sus clientes.
- La sociedad a mejorado en gran medida sus recursos comerciales y sus efectos se ven plasmados en:

Las políticas de distribución donde SNCF ocupa el primer lugar en ventas on-line en Francia. La SNCF es capaz de generar ventas de último minuto además que ha puesto a disposición del público punto de ventas localizados en las estaciones.

Las políticas de comunicación se ha visto fortalecida con un programa de fidelización a gran escala para mejorar la notoriedad de la sociedad.

Los esfuerzos de comunicación se materializan con la aparición de un nuevo logo, emisión de películas publicitarias, publicaciones en revistas y periódicos, etc.

1.2.4.2. Debilidades

- La SNCF presenta problemas internos concernientes principalmente a su estatus social y a su costosa gestión social: las cotizaciones patronales (sindicatos) son caras, más elevadas que aquellas del régimen general, provocando a la empresa un gran inconveniente frente a sus competidores indirectos.
- Las huelgas sindicales son frecuentes, causando deterioro a la imagen de la empresa y a sus ingresos de venta.
- Frecuentes retardos de los trenes en las estaciones de servicios debido a causas internas (mantenimiento) y externas (climatológicas y sociales)
- Carencia de un sistema de información unificado para la realización de la gestión del mantenimiento.

- Inadecuada planificación de disponibilidad de componentes y materiales para las operaciones de mantenimiento.

1.2.4.3. Amenazas

- Las principales amenazas conciernen a la presencia de competidores indirectos:

Las compañías aéreas, y sobre todo aquellas de bajo costo (low cost) , que pueden engendrar una guerra de precios nefasta para la rentabilidad de la empresa. Aún más nefasta sería el panorama, si estas compañías son subvencionadas por las cámaras de comercio y de la industria, generando así una competencia desleal.

Air France sin embargo no es una gran amenaza, ya que su público objetivo no es la misma que de la SNCF (Air France: clientela de negocio; SNCF: clientela familiar).

Dentro de los competidores indirectos también incluiremos a los automóviles porque también son un producto de sustitución.

- A nivel de la seguridad ciudadana existe un permanente miedo del público debido a posibles acciones terroristas que puedan atacar contra la vida de las personas.
- La crisis financiera de la zona euro ha tenido repercusiones en el transporte ferroviario de mercadería, disminuyendo los

ingresos en -4.6% en 2008, 19% en 2009 y 17% en 2010-2012 con respecto al 2007.

1.2.4.4. Oportunidades:

- Existencia de un mercado de clientes industriales dispuestos a adquirir el Know-How de “Ingeniería de Mantenimiento Tren – Soluciones” en las categorías de renovación y mantenimiento de motores, gestión de piezas reparables, procesos de mantenimiento de locomotoras; etc.
- Importante potencial de desarrollo del sector de construcción de líneas férreas. A nivel internacional existen excelentes propuestas para la construcción de líneas a gran velocidad, por ejemplo entre Tanger – Casablanca en Marroc, corredor Washington – New York – Boston, Moscú – San Petersburgo (red ferroviaria a gran velocidad para el transporte de mercadería), etc.

Figura 6: Análisis FODA

	Fortaleza	Debilidades
	<p>1. La SNCF cuenta con el monopolio ferroviario francés.</p> <p>2. Oferta diversificada de servicios adaptadas a la necesidad de cada consumidor.</p> <p>3. Amplia experiencia en la dirección, administración y mantenimiento de materiales rodantes y líneas férreas.</p> <p>4. Desarrollo tecnológico continuo.</p> <p>5. La imagen de marca de la SNCF proyecta seguridad y fiabilidad.</p> <p>6. Canales de comercialización eficaces.</p> <p>7. Buena comunicación y coordinación con los proveedores</p>	<p>1. Costosa gestión social de cotizaciones patronales (sindicatos).</p> <p>2. Huelgas sindicales frecuentes.</p> <p>3. Frecuentes retardos de los trenes en las estaciones de servicios.</p> <p>4. Carencia de un sistema de información para la realización de la gestión del mantenimiento.</p> <p>5. Inadecuada planificación de disponibilidad de componentes y materiales para las operaciones de mantenimiento.</p> <p>6. Altos niveles de stock de materiales y componentes, dispersos en diferentes talleres de mantenimiento</p>
Oportunidades	<p>1. Mercados emergentes interesados en adquirir el Know How de "Ingeniería de Mantenimiento Tren – Soluciones".</p> <p>2. Desarrollo internacional del sector de construcción de líneas férreas.</p>	<p>* Evaluar la factibilidad para la comercialización de la experiencia (know How) en ingeniería de mantenimiento de materiales rodantes.</p> <p>* Analizar la viabilidad de los proyectos internacionales de construcción de líneas férreas para incursionar como socio o como constructor.</p> <p>* Implementar un sistema integrado de información para centralizar toda la base de datos y mejorar la organización, planificación y dirección.</p> <p>* Mejorar la gestión del mantenimiento de los materiales rodantes para incrementar la disponibilidad de trenes.</p>
Amenazas	<p>1. Presencia de competidores indirectos (compañías aéreas low cost, vehículos particulares, etc.)</p> <p>2. Inseguridad ciudadana debido a posibles atentados terroristas.</p> <p>3. Contracción del transporte ferroviario de mercadería debido a la crisis financiera</p>	<p>* Fidelizar al cliente a través de programas de acumulación de bonos, sorteos, pasajes gratuitos, etc.</p> <p>* Gestionar de manera eficaz los niveles de stock y todos aquellos desperdicios que puedan perjudicar el desempeño y la rentabilidad de la empresa.</p> <p>* Mejorar la relación laboral con el sindicato para que no se vea afectado el segmento de mercado perteneciente a la empresa.</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN

Según Ralph Stair y George Reynolds¹, un sistema de información es un conjunto de elementos y componentes interrelacionados que recaban (entrada), manipulan (proceso), almacenan y distribuyen (salida) datos e información y proporciona una reacción correctiva (mecanismos de retroalimentación, si no se ha logrado cumplir un objetivo, el mecanismo de retroalimentación es el componente que ayuda a las organizaciones a cumplir sus objetivos, tales como incrementar sus ganancias o mejorar sus servicios al cliente.

Figura 7: Diagrama de Sistema de Información



¹Ralph Stair, George Reynolds. Principios de Sistemas de Información, Editorial Cengage Learning Editores. 9na Ed. México. 2010. p 10, 11.

Un sistema de información basado en computadora, es un conjunto único de hardware, software, base de datos, telecomunicaciones, personas y procedimientos configurados para recolectar, manipular, almacenar y procesar datos para convertirlos en información.

La tecnología de la información (TI) se refiere al hardware, software y base de datos.

La infraestructura tecnológica de un negocio incluye todo el hardware, software, base de datos, telecomunicaciones, personas y procedimientos que se configuran con el fin de recabar, manipular, almacenar y procesar datos para convertirlos en información. La infraestructura tecnológica es el conjunto de recursos compartidos de los sistemas de información que constituye la base de cada sistema de información basado en computadora.

2.2. MANTENIMIENTO

El mantenimiento² Comprende todas aquellas actividades necesarias para mantener los equipos e instalaciones en una condición particular o volverlos a dicha condición.

Conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con las función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de

² Raúl R. Prando. Manual Gestion de Mantenimiento a la Medida. Editorial Piedra Santa S.A. El Salvador. 1996. p 19.

acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción.

2.3. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

La gestión del mantenimiento³ implica la planeación, la organización, la coordinación, la dirección, la ejecución y el control de las actividades inherentes al mantenimiento con el fin de cumplir su misión.

La gestión del mantenimiento debe de organizar un área gerencial de mantenimiento que exija la necesidad de establecer sistemas de gestión y operación, mediante procesos, apoyándose en sistemas computarizados para manejar las actividades inherentes al mantenimiento.

Para implementar este proceso sistémico se requiere establecer una organización que permita gerenciar el sistema de mantenimiento, de tal forma que se pueda tener una planeación detallada global y específica de las rutas y actividades del mantenimiento. Instaurar metodologías que permitan el mejoramiento permanente tanto de las actividades como de la gestión. Conformar grupos interactivos de análisis y operación de mantenimiento.

Desarrollar sistemas de monitoreo de todas las actividades y del control de la gestión global, incluido sus costos, con permanentes

³Alberto Mora. Mantenimiento Planeación, Ejecución y Control Principios de Sistemas de Información. Editorial Alfaomega. 1ra Ed. Colombia. 2009. p 37, 38.

reportes de indicadores de toda índole. Indudablemente todo esto contribuye a elevar la eficiencia.

2.4. SISTEMA DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

2.4.1. Definición de gestión del mantenimiento asistido por computador (GMAO)

Las siglas GMAO corresponden a la expresión “Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador”⁴. En la práctica, se trata de un Programa Informático (Software), que permite la gestión de mantenimiento de los equipos y/o instalaciones de una o más empresas, tanto mantenimiento correctivo como preventivo, predictivo, etc.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, etc.) aunque también existen productos que enfocados a un mercado general

2.4.2. Características de la gestión de mantenimiento asistido por computador (GMAO)

⁴Vicente Macian Martine. Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO). Requerimientos y Funcionalidades. Editorial servicio de publicación de la Universidad Politécnica de Valencia. España 2011. p. 20

Los programas GMAO suelen estar compuestos de varias secciones o módulos interconectados, que permiten ejecutar y llevar un control exhaustivo de las tareas habituales en los Departamentos de Mantenimiento como:

- Órdenes de trabajo: asignación de recursos humanos, reserve de material, costes, seguimiento de información relevante como causa del problema, duración del fallo y recomendaciones para acciones futuras.
- Mantenimiento preventivo: seguimiento de las tareas de mantenimiento, creación de instrucciones paso a paso o checklists, lista de materiales necesarios y otros detalles. Normalmente los programas de gestión del mantenimiento asistido por computadora programan procesos de mantenimiento automáticamente basándose en agendas o la lectura de diferentes parámetros.
- Gestión de activos: registro referente a los equipos y propiedades de la organización, incluyendo detalles, información sobre garantías, contrato de servicio, partes de repuesto y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión. Además también pueden generar parámetros como los índices de estado de las infraestructuras
- Control de Inventarios (gestión de almacén): gestión de partes de repuesto, herramientas y otros materiales incluyendo la reserva de materiales para trabajos determinados, registro del almacenaje de los materiales, previsión de adquisición de nuevos materiales, etc.
- Seguridad: gestión de los permisos y documentación necesaria para cumplir la normativa de seguridad. Estos requisitos de

seguridad pueden incluir estas especificaciones pueden incluir accesos restringidos, riesgo eléctrico o aislamiento de productos y materiales o información sobre riesgos, entre otros.

2.4.3. Implementación de la gestión de mantenimiento asistido por computador (GMAO)

Para la implementación de un sistema GMAO en una empresa hay que pasar por diferentes etapas.

- Estudio de requerimientos

En esta primera etapa deberá aclararse que puntos piensan cubrirse con la implantación del sistema. Para ello debe conocerse perfectamente el procedimiento de trabajo en la empresa, el estado de inventariado de equipos y repuestos, el personal que utilizara el sistema y el alcance del mantenimiento a gestionar.

- Decisión

Una vez identificadas las necesidades que pretenden cubrirse con el sistema GMAO, es el momento de plantearse el sistema a instalar, tomar la decisión de realizar el desarrollo o comprar una herramienta comercial.

- Análisis detallado

Esta etapa corresponde al equipo informático encargado de la realización del sistema (esta etapa solo se dará si la decisión pasa por desarrollar una aplicación a medida), y se trata de

especificar cómo va la aplicación a resolver cada uno de los objetivos ya identificados.

- Preparación de la puesta en marcha

En esta fase de colaboración, el equipo informático realizará la implementación de los programas que forman la aplicación, mientras que el equipo de mantenimiento deberá encargarse de efectuar las modificaciones necesarias en los procedimientos de trabajo, preparar la información que servirá de base para la nueva aplicación y prever el procedimiento a seguir para la recepción del programa.

- Implantación y validación

En esta etapa se procede a una conversión de los datos recogidos en la etapa anterior. Se realiza la formación de los usuarios del mismo, desde oficiales de mantenimiento hasta responsables de planta, además de los responsables de informática si los hubiere.

Una vez llevada a cabo la carga de datos y la formación se procede a la implantación del sistema y comienza el periodo de validación o garantía durante el cual la empresa receptora del sistema comprobará el buen funcionamiento del sistema y que todas las funcionalidades pactadas estén resueltas.

- Seguimiento post-implantación

Como paso final se tiene la fase de seguimiento, para el éxito de la cual es muy importante la asistencia in situ de personas conocedoras del GMAO que asesoren durante un cierto

periodo de tiempo al personal que este en contacto con el sistema.

2.4.4. Ventajas de la gestión de mantenimiento asistido por computador (GMAO)

Los programas GMAO nos permiten disponer de gran cantidad de información, de una forma adecuada y fácil de extraer. Esto nos permite disponer de un historial de cada equipo, máquina o componente, tanto de características técnicas, como de averías, revisiones, sustituciones, fechas de las últimas incidencias o averías, personal, horas y materiales utilizados en la solución de los problemas, etc.

Al mismo tiempo, nos permitirá programar en función de los parámetros que decidamos, las revisiones preventivas y/o predictivas, generando los listados correspondientes para la tarea de los técnicos, según los plazos programados.

Muchos de los programas GMAO permiten la gestión de herramientas y/o Stocks de repuesto, avisando cuando un tenemos menos de un mínimo de piezas de un determinado repuesto, generando incluso una orden de compra. También un fichero de proveedores, fabricantes, etc.

CAPITULO III

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1.1. Descripción del problema

La empresa presenta frecuentes reclamos de parte de los usuarios del transporte ferroviario debido a los constantes retardos de los trenes en las estaciones de pasajeros.

Según una encuesta realizada en 2010 por la Confederación Francesa Democrática del Trabajo (CFDT), solo uno de cada 3 tres trenes metropolitanos en promedio llega a la hora a la estación de pasajeros. Es decir el 33% de trenes metropolitanos son puntuales, 35% tienen un retraso de entre un minuto y cinco minutos, y el 32% tiene un retraso entre seis y quince minutos.

Con respecto al Transilien (tren de cercanías), TGV (tren regional) y TER (tren de mercancía) solo el 33%, 31% y 25% respectivamente son puntuales.

Tabla 2: Porcentaje de trenes retrasado en el sistema de transporte

	Retrasos		
	0 min	1 min - 5 min	6 min - a más
Trenes Metropolitanos	33%	35%	32%
Transilien (trenes de cercanías)	33%	67%	
TGV (trenes regionales)	31%	69%	
TER (trenes de mercancías)	25%	75%	

Fuente: Confederación Francesa Democrática del Trabajo

La Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF en respuesta a esta encuesta realizada por CFDT determinó que el 60% de retrasos de los trenes son debidos a causas externas (problemas climatológicos, suministro de electricidad, protestas públicas, etc.) y el 40% debido a causas internas, problemas de mantenimiento y disponibilidad de trenes.

Tabla 3: Causas de retrasos de los trenes

Causas de retrasos en los trenes	Descripción
Externas 60%	Problemas climatológicos, suministro de electricidad, protestas públicas, etc.
Internas 40%	Problemas de mantenimiento, aprovisionamiento de componentes y disponibilidad de trenes

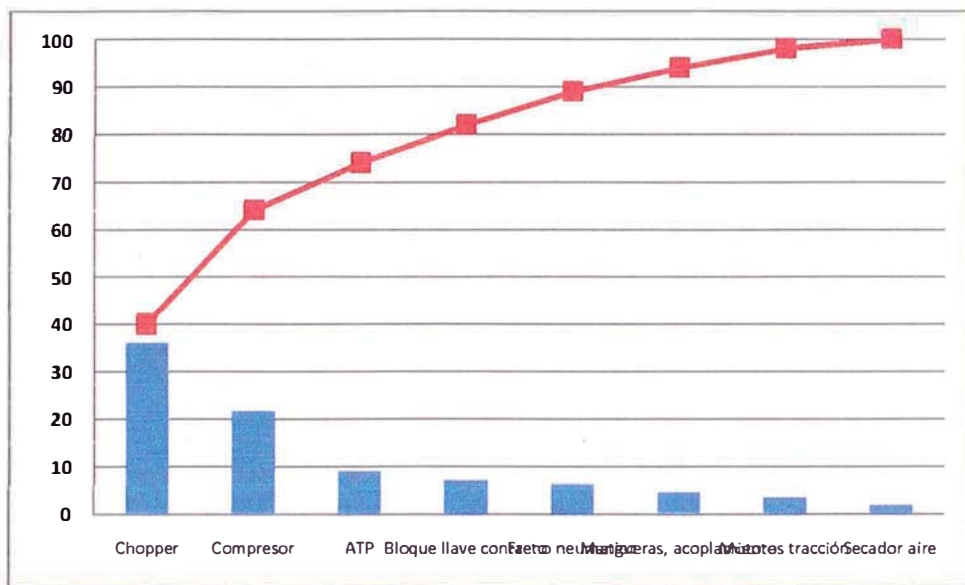
Fuente: Boletín informático anual SNCF

3.1.2. Situación actual de la gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento realizado por la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF se realiza en los tecnicentros (talleres) de mantenimiento, repartidos estratégicamente en los puntos extremos de la ciudad de París.

Los componentes de un tren que frecuentemente tienen falla a causa de una inadecuada gestión del mantenimiento se muestran en el siguiente diagrama de Pareto.

Figura 8: Diagrama de Pareto de componentes que fallan con más frecuencia



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

Las herramientas informáticas actuales utilizadas para la gestión del mantenimiento son base de datos de Excel, listas de control físicas y algunas aplicaciones informáticas como: MINERVA, LIONNE, PUMA.

3.1.3. Análisis de causas

Con respecto a los tecnicentros (talleres de trabajo de mantenimiento), sobre su actividad de mantenimiento, se han encontrado los siguientes problemas:

- Inadecuada planificación, ordenamiento y preparación de operaciones de mantenimiento.
- Una gestión ineficaz de aprovisionamiento, previsional y operacional.
- Una trazabilidad débil de operaciones de mantenimiento y su seguimiento tanto técnico como económico.
- Un pobre retorno de experiencia producto de los incidentes o operaciones de mantenimiento y la contribución a las reglas de mantenimiento.
- Una descoordinada realización de maniobras sobre los sitios de mantenimiento o para transportar los materiales desde o hacia la estación.

Con respecto al pilotaje realizado por la dirección de mantenimiento y por los tecnicentros se han encontrado las siguientes deficiencias:

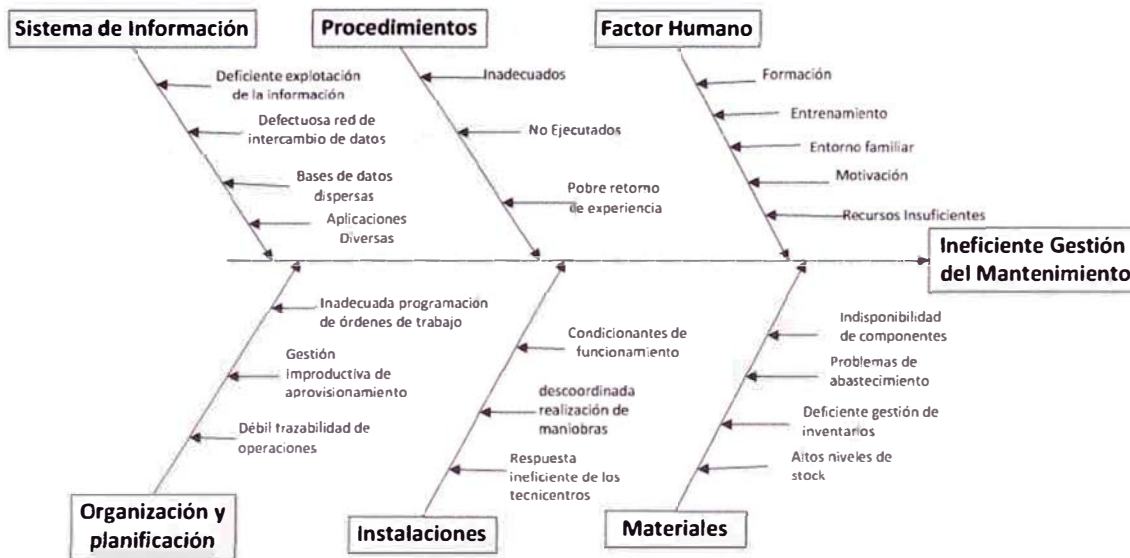
- Con frecuencia respuesta ineficiente de los tecnicentros de mantenimiento.
- Falta de coordinación entre el departamento de mantenimiento y operaciones.
- Inadecuada repartición de carga de trabajo.

- Insipiente adecuación de recursos a los estándares.
- Insuficiencia de disponibilidad de materiales rodantes en el momento deseado.

En el siguiente grafico se muestra las principales causas que generan

En el siguiente grafico se muestra las principales causas que generan el problema principal, motivos que nos llevan a mejorar la gestión del mantenimiento.

Figura 9: Diagrama de causas de la ineficiente gestión del mantenimiento



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

3.1.4. Planteamiento del Problema

En qué medida un sistema de información integrado GMAO mejorará la gestión del mantenimiento en la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF.

3.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Para dar solución al problema antes planteado, se evaluaron tres alternativas de solución que podrían ser de gran ayuda en la gestión del mantenimiento. Las alternativas de solución estaban relacionadas desde un inicio con la adquisición de un software de gestión de mantenimiento asistido por computador (GMAO).

Actualmente en el mercado existen varios editores que proponen este producto, pero entre ellos se seleccionaron los siguientes.

3.2.1. Alternativa 1: Compra del software de gestión GMAO D-MANT

El software D-MANT GMAO (gestión del mantenimiento asistido por ordenador), editado por la empresa DISC Informática, permite el control y gestión global del departamento de mantenimiento de forma simple y eficiente.

El sistema D-MANT permite el control de costes y planificación de todos los trabajos del departamento de mantenimiento (correctivos, preventivos, predictivos, o nuevas instalaciones), así como la gestión de los recambios, horas asignadas a cada trabajo (internos o externos) y la gestión documental (planos, instrucciones o manuales).

3.2.2. Alternativa 2: Compra del software de gestión GMAO GIM

GIM es una solución gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO) adaptada a cualquier tipo de arquitectura (desde el lugar único hasta las redes más sofisticadas).

La empresa propietaria de la edición de este software es TCMAN. TCMAN es una empresa con más de 20 años de experiencia

especializada en el diseño de soluciones informáticas para la gestión del mantenimiento en cualquier tipo de organización (GMAO).

GIM esta disponible en varias versiones, cada una de ellas dirigida a un sector. Su interfaz de usuario ha sido diseñada con extremado cuidado, para resultar al mismo tiempo agradable, potente y sencilla, respetando íntegramente los estándares de la gestión de activos: mantenimiento planificado (preventivo, predictivo, conductivo) y no planificado, gestión de incidencias, gestión de múltiples almacenes (pedidos, proveedores facturación, etc.); recursos humanos (propios y subcontratados), entre otros.

3.2.3. Alternativa 3: Compra del software de gestión GMAO Maximo

Las soluciones de IBM Maximo Asset Management proporciona un punto de control único para todos los tipos de activos: producción, infraestructura, instalaciones, transporte y comunicaciones, al gestionarlos desde una plataforma común. Esta plataforma permite compartir y aplicar las mejores prácticas, inventario, recursos y personal. Ahora puede optimizar el rendimiento de los activos y maximizar la rentabilidad de la inversión.

3.3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

Existen numerosos paquetes informáticos para la gestión del mantenimiento asistido por ordenador. Las prestaciones pueden variar mucho de unos a otros, así como las plataformas informáticas tanto de software como de hardware en las que se instalan. Estas

últimas van desde el PC monopuesto, hasta sistemas pensados para trabajar con muchos puestos en red.

En cuanto a las prestaciones de los sistemas, van desde el mero registro de las intervenciones, con los datos relativos a las horas y materiales empleados, hasta aquellos que conectan con la gestión de los inventarios y pedidos de repuestos, subcontratas, contabilidad, etc., permitiendo establecer políticas preventivas, correctivas y predictivas, con control de monitorización de parámetros de las instalaciones. La SNCF eligió lo que mejor se adapte a sus necesidades específicas, sin olvidar que el sistema de GMAO debe ser, como su nombre indica, una ayuda a la mejor gestión del mantenimiento, pero nunca un fin en si mismo, que se convierta en una penosa servidumbre. Debe servir para la mejora en la gestión de los limitados recursos de mantenimiento, obteniendo más servicio de las instalaciones, que es en definitiva de lo que se trata.

3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios que se evaluaron incluyen tres grandes grupos siguientes:

- Experiencia de la empresa desarrolladora.
- Compatibilidad del sistema operativo y arquitectura del hardware
- Funciones relativas a la gestión del mantenimiento
 - Equipos e instalaciones.
 - Ordenes de trabajo.

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Inventario.
- Compras.
- Mano de obra.
- Análisis.
- Otras funciones.

3.4.1. Experiencia de la empresa desarrolladora

En este punto se evaluará el tiempo que la empresa lleva desarrollando el software así como el prestigio que ha adquirido en el mercado.

3.4.2. Compatibilidad del sistema operativo y arquitectura del hardware

- Arquitectura del hardware: Características mínimas de la plataforma hardware. Como la mayoría de los equipos pueden trabajar en red, ha sido necesario describir los requisitos mínimos del servidor y de los puestos de trabajo.

Servidor: El correspondiente a la red hardware. Se han indicado las necesidades mínimas de procesador, frecuencia de reloj del mismo y memoria RAM.

Puesto: Características mínimas de la unidad hardware en la que trabajarán los operadores. Se han incluido los mismos datos que en el caso del servidor.

- Sistema operativo: Nombre del sistema operativo bajo el que puede trabajar cada uno de los paquetes informáticos. En la mayoría de los casos, como puede observarse, existen versiones para distintos sistemas operativos.
- Base de datos: Para el almacenamiento y gestión de los datos, cada paquete emplea un determinado gestor de base de datos, existiendo en seis de los casos estudiados versiones para distintos sistemas de los disponibles en el mercado. En esta fila aparecen los nombres de los sistemas de gestión de base de datos con los que puede trabajar cada uno de los paquetes en estudio.

3.4.3. Funciones relativas a la gestión del mantenimiento

- Equipos/instalaciones

Estructurada jerarquizada: Organización de las instalaciones, los equipos y sus componentes de forma jerárquica, (en forma de árbol, por ejemplo). Esto puede ser de gran utilidad a la hora de la codificación.

Información de carácter económico: Datos económicos asociados a cada equipo o instalación (costes asociados, amortización, etc.).

Control de garantías: El programa tiene en cuenta las garantías de los equipos, bien simplemente proporcionándonos información acerca de las mismas o bien haciendo un tratamiento especial para aquellos equipos con fecha anterior a la de fin de la garantía.

Control de útiles para el mantenimiento: Puede obtenerse información acerca de los útiles (herramientas, vehículos, etc.) necesarios para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento.

Control de repuestos: Asociación de repuestos a cada equipo.

- Órdenes de trabajo

Planificación: Posibilidad de planificar las tareas a realizar en un período de tiempo dado.

Presupuestos: Previsión de gastos a soportar a partir de la planificación realizada.

Medidas de seguridad: Tratamiento de las medidas de seguridad que hay que adoptar en la realización de tareas para la prevención de accidentes laborales.

- Mantenimiento preventivo

Programación de tareas: Programación de las tareas preventivas a realizar (por periodicidad de calendario, lecturas de contador, a fecha fija, etc.)

Gamas de Preventivo asociadas a una Principal:
Posibilidad de asociar a una gama u OT otras de menor rango.

Estudio de la rentabilidad de la acción preventiva:
Comprobación de si es realmente rentable o no llevar a cabo acciones preventivas sobre un determinado elemento.

Tratamiento de riesgos de fallo. Criticidad: Posibilidad de contemplar el riesgo de fallo en los equipos, teniendo en cuenta su criticidad en lo que se refiere a ese aspecto.

Lanzamiento de OT's en función del % de MTBF transcurrido: El lanzamiento de inspecciones a un % del MTBF transcurrido tiene como finalidad la localización de un posible "fallo oculto".

- Mantenimiento correctivo

Generación de OT's correctivas: Generación de órdenes correspondientes a trabajos no programados, para solucionar las incidencias que puedan ocurrir.

Diagnóstico de averías: Definición del tipo de avería a partir del análisis de la misma.

Codificación de Síntoma / Causa / Solución: Codificación del Síntoma, la Causa y la Solución asociados a cada avería. De esta forma, a partir del Síntoma pueden obtenerse la Causa y la Solución para la misma.

- Mantenimiento predictivo

Introducción manual de valores de variables: Registro de forma manual de valores de variables asociadas al Mantenimiento Predictivo de las máquinas, como pueden ser las vibraciones o la temperatura.

Monitorización: Posibilidad de efectuar monitorizaciones para capturar y registrar datos de forma automática.

Análisis de las lecturas: Emisión automática de OT's cuando las variables han sobrepasado un límite prefijado, predicción.

- Inventario

Información sobre cada artículo: Posibilidad de obtener información asociada a cada repuesto del almacén, como puede ser la máquina a la que está asociado, proveedores, ubicación, repuestos equivalentes, entradas y salidas efectuadas, stock de seguridad, etc.

Funciones de control de inventario especializadas: Se trata de funciones como LIFO, FIFO, precio medio ponderado, último precio de compra, etc.

Asistencia en el ajuste del inventario: Se facilita el ajuste entre las cantidades reales en stock y las almacenadas en el sistema.

Impresión de etiquetas para cada artículo: Impresión de etiquetas correspondientes a cada artículo del inventario, las cuales pueden contener información asociada a él, códigos de barras, etc.

Reserva de existencias para OT's: Reserva automática de los artículos en stock a partir de las tareas programadas.

- Compras

Información sobre proveedores: Posibilidad de acceder a información asociada a cada proveedor, como puede ser su dirección, población, teléfono, fax, forma de pago, artículos suministrados, precio de los mismos, plazo de suministro, etc.

Control de artículos con stock por debajo del requerido: Posibilidad de registrar el stock mínimo deseado para cada artículo del inventario, y emisión de informes por parte del sistema para aquellos que se encuentran por debajo del mismo o generación automática de solicitudes de compra.

Gestión de albaranes: Posibilidad de gestionar albaranes en referencia a las compras que se efectúen.

Peticiones de precios a los proveedores: Generación de solicitudes de ofertas a los proveedores sobre pedidos determinados.

Envío de órdenes de compra por fax: Envío de órdenes de compra vía fax directamente desde el sistema.

Gestión a través de Internet: Uso de Internet para el intercambio de información con los proveedores o de forma interna dentro de la empresa.

Tipos de cambio. Problemática Euro: Acceso a información relativa a monedas de distintos países, así como al euro.

- Mano de obra

Control de personal, trabajos, tiempos y costes: Seguimiento del personal propio y subcontratado, de los trabajos realizados o por realizar, del tiempo estimado o invertido y de los costes asociados.

Tratamiento de contratos: Acceso a la información relativa a los contratos de mantenimiento o inclusión del contrato completo mediante escáner.

- Análisis

Informes: Uso de informes para la valoración de la gestión del mantenimiento.

Gráficos: Acceso a gráficos como herramientas para el análisis de la gestión del mantenimiento.

Indicadores: Uso de índices relativos a la gestión del mantenimiento.

Funciones de Auditoría: Posibilidad de registrar las operaciones de consulta efectuadas, cambios en el histórico, etc., con la fecha de los mismos, personas que las llevaron a cabo, etc.

- Otras funciones

Aplicación del T.P.M.: Posibilidad de gestionar el T.P.M. mediante índices, instrucciones, etc.

Gestión gráfica y documental: Asociación de gráficos y documentos a equipos, OT's, etc.

Códigos de barras: Utilización de códigos de barras.

Correo electrónico: Utilización de correo electrónico.

Terminales móviles: Utilización de terminales móviles.

Escáner: Utilización de escáner.

3.5. TOMA DE DECISIONES

En el siguiente cuadro evaluaremos las tres alternativas de solución según los criterios detallados en la parte superior.

La calificación de los criterios mencionados en el punto anterior se realizará teniendo en cuenta los valores numéricos según el siguiente cuadro:

Bueno	2
Regular	1
Carece	0

Tabla 4: Comparación técnica – funcional de los GMAO D-MANT, GIM y Maximo Asset Mangement

CRITERIOS DE SELECCIÓN		ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
		D-MANT	GIM	MAXIMO ASSET
Experiencia de la empresa		1	1	2
Arquitectura del hardware	<i>Servidor</i>	2	2	2
	<i>Puesto</i>	2	2	2
Compatibilidad del sistema operativo		2	2	2
Funciones relativas a la gestión del mantenimiento				
<u>Equipos/ instalaciones</u>				
Estructura jerarquizada		2	2	2
Información de carácter económico		2	2	2
Control de garantías		0	0	2
Control de útiles para el mantenimiento		0	2	2
Control de repuestos		2	2	2
<u>Órdenes de trabajo</u>				
Planificación		2	2	2
Presupuestos		2	2	2
Medidas de seguridad		2	2	2

CRITERIOS DE SELECCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	D-MANT	GIM	MAXIMO ASSET
<u>Mantenimiento preventivo</u>			
Programación de tareas.	2	2	2
Gamas de prevención asociadas a una principal	0	0	2
Estudio de la rentabilidad de la acción preventiva	0	0	2
Tratamiento de riesgos de fallo y criticidad.	0	0	2
Lanzamiento de OT's en función del % de MTBF transcurrido	0	0	2
<u>Mantenimiento correctivo</u>			
Generación de OT's correctivas	2	2	2
Diagnóstico de averías	0	2	2
Codificación de Síntoma / Causa / Solución	2	0	2
<u>Mantenimiento predictivo</u>			
Introducción manual de valores de variables	0	0	2
Monitorización	0	0	2
Análisis de las lecturas	0	0	2
<u>Inventario</u>			
Información sobre cada artículo	2	2	2
Funciones de control de inventario especializadas	2	0	2

CRITERIOS DE SELECCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	D-MANT	GIM	MAXIMO ASSET
Asistencia en el ajuste del inventario	2	2	2
Impresión de etiquetas para cada artículo	0	0	2
Reserva de existencias para OT's	0	2	2
<u>Compras</u>			
Información sobre proveedores	2	2	2
Control de artículos con stock por debajo del requerido	2	2	2
Gestión de albaranes	2	2	2
Peticiones de precios a los proveedores	0	0	2
Envío de órdenes de compra por fax	0	2	2
Gestión a través de Internet	0	2	2
Tipos de cambio. Problemática Euro	0	0	2
<u>Mano de obra</u>			
Control de personal, trabajos, tiempos y costes	2	2	2
Tratamiento de contratos	0	2	2
<u>Análisis</u>			
informes, gráficos e indicadores	1	2	2
Funciones de Auditoría	0	0	2
<u>Otras funciones</u>	1	2	2

Fuente: Elaboración propia

Luego de evaluar las tres alternativas de solución en base a los criterios detallados en la tabla 4 y considerando nuestros requerimientos y la necesidad de adquisición de un software que cumpla todas nuestras expectativas se seleccionó la alternativa con mayor puntuación como se muestra en la tabla de resumen:

Tabla 5: Resumen Comparativo de los GMAO D-MANT, GIM y MaximoAssetMangement

CRITERIOS DE SELECCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	D-MANT	GIM	MAXIMO ASSET
Experiencia de la empresa	1	1	2
Arquitectura del hardware	4	4	4
Compatibilidad del sistema operativo	2	2	2
Funciones relativas a la gestión del mantenimiento			
<i>Equipos/ instalaciones</i>	6	8	10
<i>Órdenes de trabajo</i>	6	6	6
<i>Mantenimiento preventivo</i>	2	2	10
<i>Mantenimiento correctivo</i>	4	4	6
<i>Mantenimiento predictivo</i>	0	0	6
<i>Inventario</i>	6	6	10
<i>Compras</i>	6	10	14
<i>Mano de obra</i>	2	4	4
<i>Análisis</i>	1	2	4
<i>Otras funciones</i>	1	2	2
Total	41	51	80

Fuente: Elaboración propia

Luego del análisis de la tabla 5 de resumen, la SNCF optó por comprar el software GMAO Maximo Asset Management, ya que esta opción tiene mayor puntuación en base a los criterios y características del software que se desea comprar.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PROGRAMA

El desarrollo del programa para la implementación del sistema de información de gestión del mantenimiento, implicó:

- Definición de los objetivos del programa.
- Desarrollo de proyectos asociados al programa, necesarios para el logro de la implementación del sistema de información.
- Determinación del perímetro de aplicación del programa.
- Fases de implementación del programa

4.1. OBJETIVOS DEL PROGRAMA

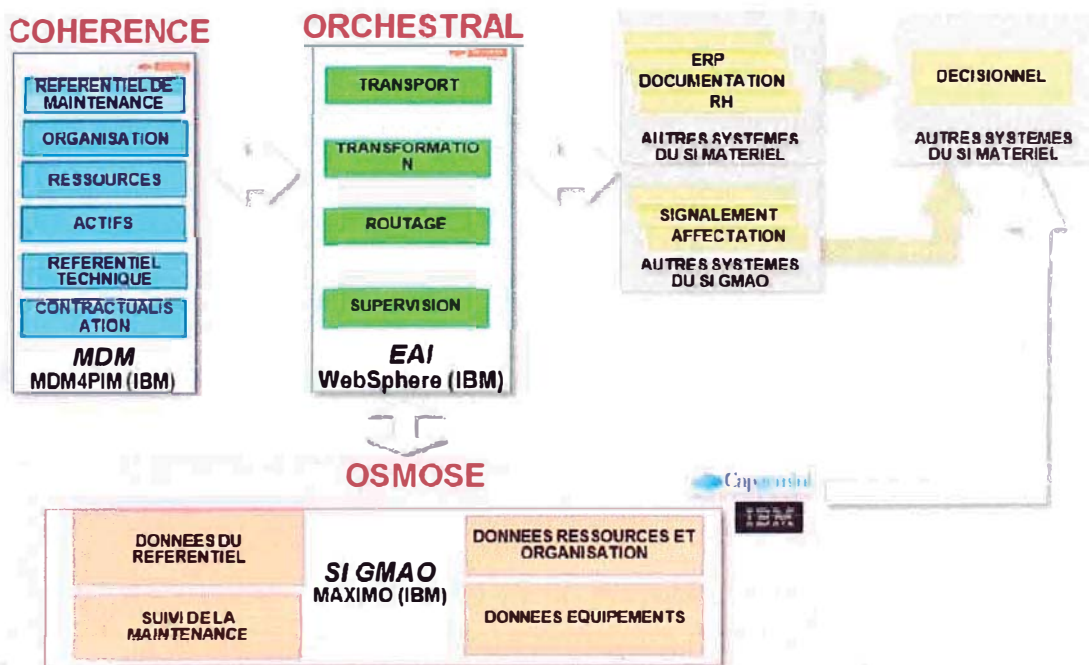
- Mejorar la efectividad industrial del conjunto de tecnicentros industriales y de mantenimiento administrados por el Dominio Material de la SNCF.
- Optimizar la gestión del mantenimiento del conjunto de materiales rodantes ferroviarios.

4.2. PRESENTACIÓN DEL PROGRAMA

El programa para la implementación del sistema de información de gestión de mantenimiento está compuesto por tres proyectos:

- El proyecto “OSMOSE” para la implementación de un software de gestión del mantenimiento.
- El proyecto “COHERENCE” para la implementación de un referencial de datos.
- El proyecto “ORCHESTRAL” para la implementación de un bus de intercambio de datos.

Figura 10: Vista Global del Programa OSMOSE y de los 3 proyectos que componen el Programa



Fuente: Documento del proyecto “Methodologie du Projet OSMOSE”

4.2.1. Proyecto “OSMOSE” para la implementación de un software de gestión del mantenimiento

La Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF inició el proyecto OSMOSE (Optimización y estandarización de métodos, organizaciones y de sistemas en establecimiento) que tiene por objetivo

- Optimizar la gestión del mantenimiento de nivel 1 a 3 del conjunto de materiales rodantes ferroviarios (motores, locomotoras, ejes rodantes, automotrices, etc.)
- Repotenciar los tecnicentros de mantenimiento sobre su actividad principal optimizando los procesos claves y el pilotaje (la eficacia de los tecnicentros de mantenimiento, la repartición de cargas, etc.)
- Racionalizar los Sistemas de Información actuales de la gestión del mantenimiento por la puesta en marcha de una aplicación GMAO único, remplazando los Sistemas de Información actuales.

4.2.2. Proyecto “COHERENCIA” para la implementación de un referencial de datos

COHERENCE (Coherencia de Datos del material alrededor de un Referencial Centralizado) es un proyecto de la puesta en marcha de un referencial de datos para el sistema de información de la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF.

Este proyecto se caracteriza por la implementación de un MDM (Master Data Management de la sociedad IBM).

Su perímetro de aplicación es el siguiente:

- Gobernar los datos compartidos dentro del Sistema de Información de la Dirección de Material.
- Gestionar la calidad de datos referenciales.
- Gestionar el almacenamiento y el flujo de los datos.

4.2.3. Proyecto “ORCHESTRAL” para la implementación de un bus de intercambio de datos

ORCHESTRAL (Orquestación del Sistema de Información Material para el Dominio de Arquitecturas y la Oferta de Servicios Transversos) es un proyecto de la puesta en marcha de un bus de intercambio de datos para los sistemas de información de la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF.

Se caracteriza por la implementación de un ESB (Entreprise Service Bus).

Su perímetro de aplicación es:

- Punto de transporte y medicación entre las aplicaciones.
- Realización y control de intercambios.
- Soporte de arquitectura técnica ESB: infraestructura de intercambio común.

4.2.4. Ubicación de los tecnicentros concernidos por el programa

Los establecimientos considerados para el programa son 30 representando casi 80 unidades operacionales, generalmente localizados en diferentes sitios geográficos.

El sistema de información para la gestión del mantenimiento permitirá compartir información en tiempo real entre los diferentes tecnicentros sobre las operaciones efectuadas a un material rodante.

Además este sistema ayudara a tener una red unificada capaz de consolidar los requerimientos, brindar soporte, hacer trabajo en conjunto entre los diferentes tecnicentros de mantenimiento repartidos en todo el territorio francés.

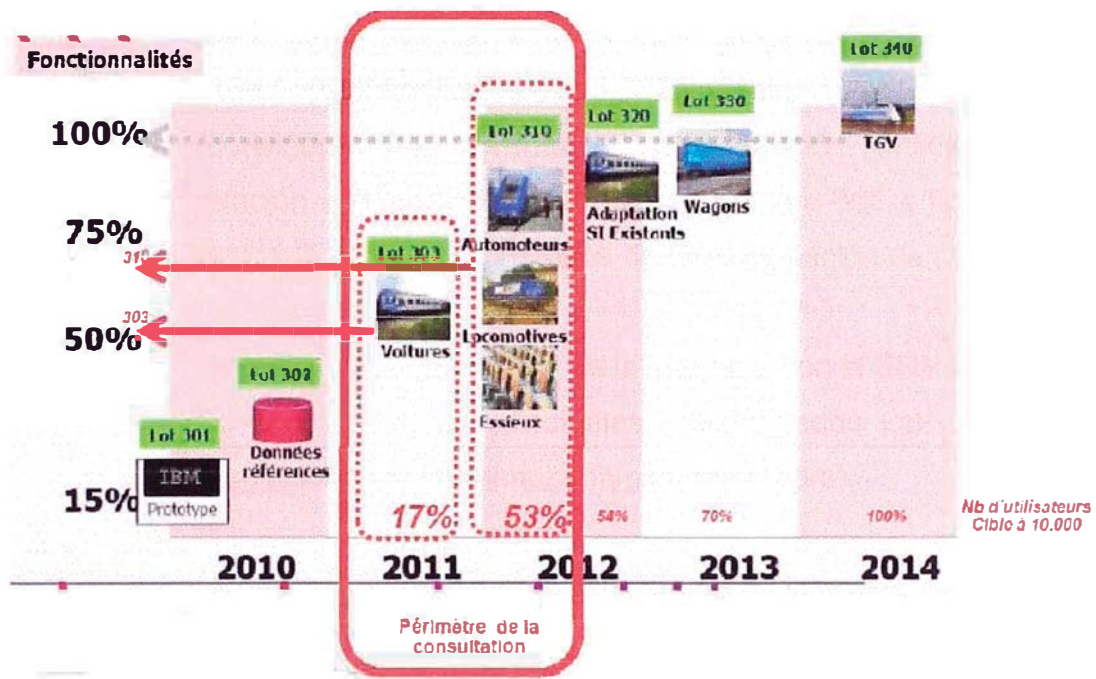
Figura 11: Ubicación de los tecnicentros donde se implementara el Proyecto OSMOSE



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

4.2.5. Proyección del programade implementación del sistema de información de gestión del mantenimiento

Figura 12: Planificación anual de la implementación del Programa OSMOSE



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

- **Proyecto OSMOSE lote 303**

Este lote tiene por objetivo poner en servicio las funcionalidades de GMAO para la gestión de vehículos con remplazo de la actual aplicación MINERVA de sus interfaces y de sus aplicaciones locales esenciales conexas a MINERVA.

Necesidad de una reprís de datos de MINERVA y una sincronización con los proyectos COHERENCIA, ORCHESTRAL, los elementos decisionales necesarios para OSMOSE así como con las aplicaciones que sirven de interface con MINERVA.

Necesita un complemento al socle referencial de datos a fin de poder efectuar la toma de datos de MINERVA y LION (considerar una eventual implementación anticipada con relación a la puesta en producción del lote 303 a fin de poder testear y validar los procesos de transformación de datos).

Necesita de la instalación de la interface con el ERP para cubrir las necesidades principales relacionados al tema de aprovisionamiento (almacenamiento/ compra).

Necesita el reforzamiento del sistema de información decisional PUMA.

- **ProyectoOSMOSE lote 310**

Este lote tiene por objetivo poner en servicio las funcionalidades de GMAO para la gestión de locomotoras con remplazo de la actual aplicación LIONNE de sus interfaces y de sus aplicaciones locales esenciales conexas a LIONNE.

Necesidad de una toma de datos de LIONNE y una sincronización con los proyectos COHERENCIA,

ORCHESTRAL, los elementos decisionales necesarios para OSMOSE así como con las aplicaciones que actualmentet sirven de interface con LIONNE, ESLOCO y GRIFFER.

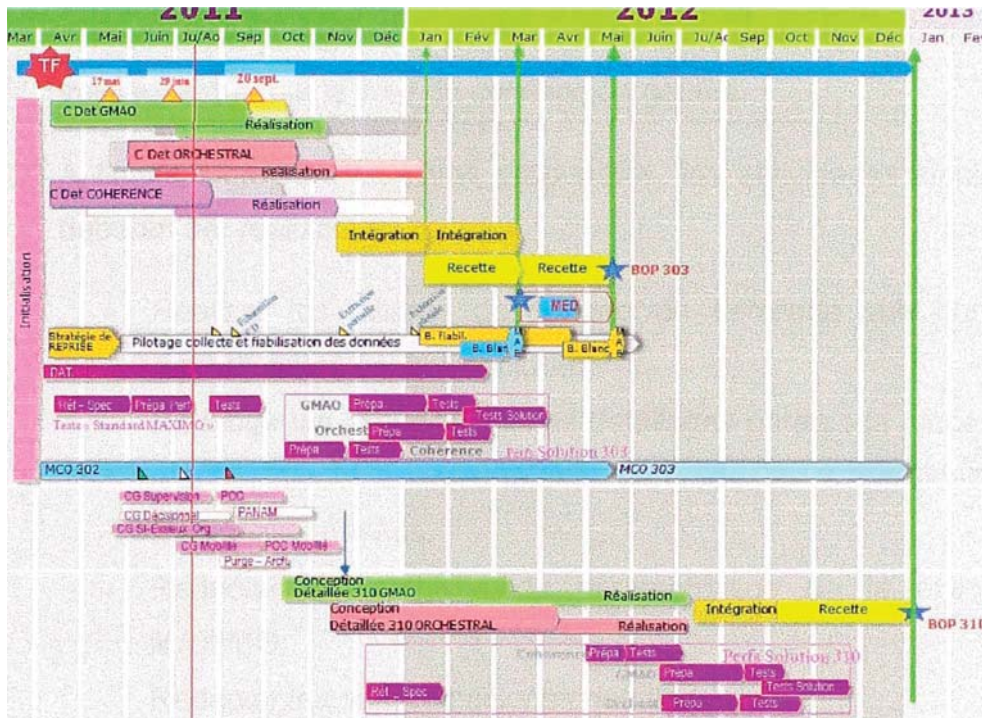
Necesita la sincronización con los eventuales módulos complementarios de GMAO (ejemplo: planificación, gestion de ejes rodantes, monitoreo, etc.) actualmente no cubiertos por MAXIMO, integrar la deformación de las aplicaciones ESLOCO y GRIFFE sobre sus perímetros funcionales.

Necesita el reforzamiento del sistema de información decisional PUMA.

4.2.6. Plan del programa de implementación del sistema de información

En el siguiente grafico se muestra el plan general del programa para los lotes 303 y 310.

Figura 13: Planificación de ejecución de los Lotes 303 y 310



Fuente: Documento técnico del proyecto “Methodologie Technique du Projet OSMOSE”

4.3. DESARROLLO DEL PROYECTO “OSMOSE” PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

4.3.1. Fase de concepción detallada

La fase de concepción detallada de la solución esta descrita dentro de la continuidad de la concepción general de la solución. Es la última etapa de construcción de la solución con los representantes de los utilizadores antes de la elaboración técnica de la solución durante la fase de realización.

Los principales objetivos de la fase de concepción detallada son de describir la solución funcional objetiva y definir de manera detallada las funciones y exigencias a implementar considerando las exigencias validadas durante la fase de concepción general.

A fin de lograr los objetivos propuestos, las actividades siguientes deberán ser realizadas.

Realizar los talleres de concepción detallada que permiten reproducir las especificaciones.

Redactar las especificaciones detalladas para cada proceso de mantenimiento en MAXIMO a partir de las especificaciones funcionales previas.

Redactar los archivos de parametrizaje de la aplicación MAXIMO.

Redactar las especificaciones detalladas.

Redactar la documentación relacionada a las interfaces los cuales comprenden las reglas de transformación.

Redactar los reportes.

Realizar el flujo de trabajo.

Realizar las especificaciones.

Redactar las especificaciones detalladas para la deformación de los sistemas de información existentes.

Redactar las especificaciones detalladas de las aplicaciones conexas a la GMAO.

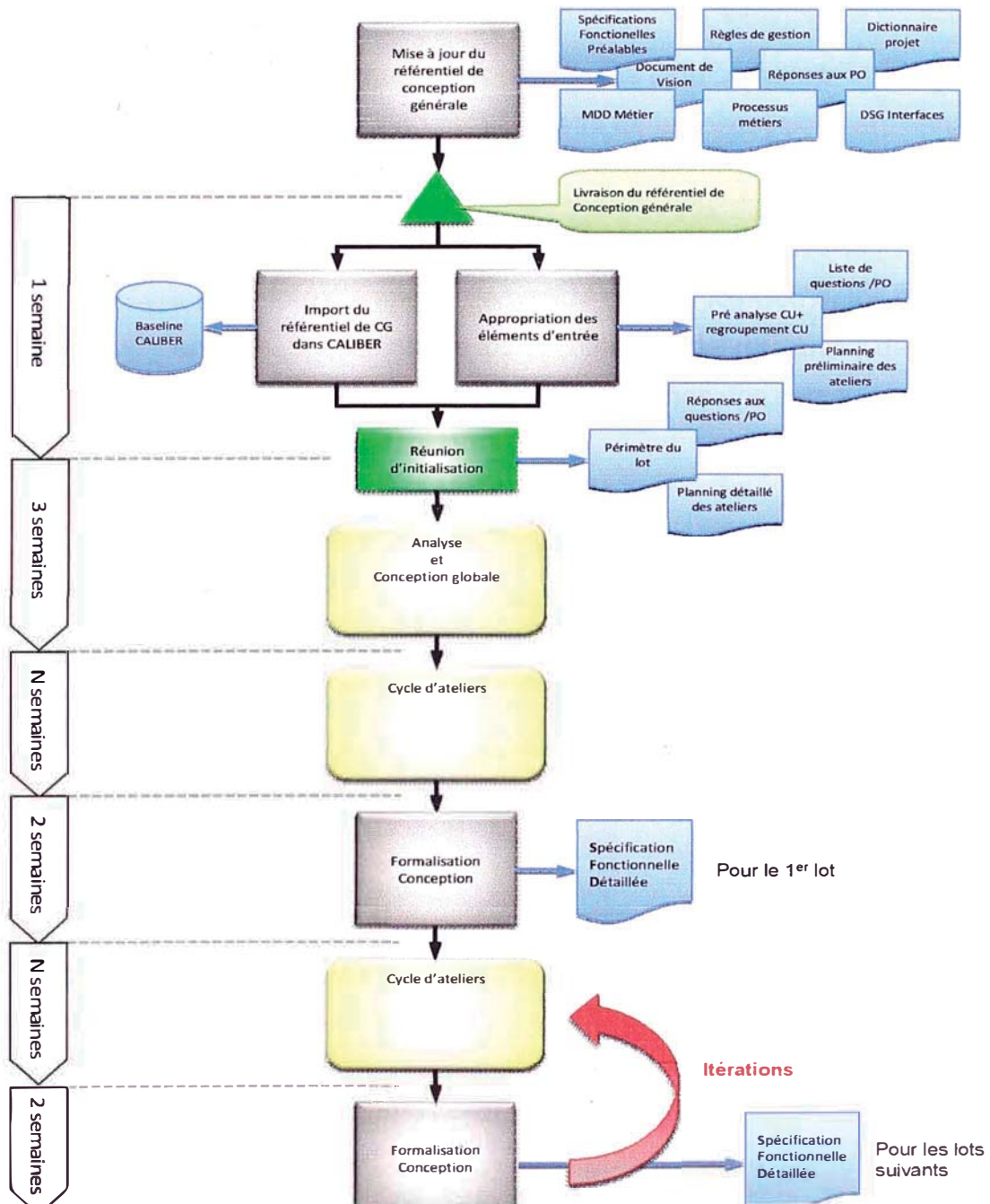
Asegurar la cobertura por la trazabilidad.

Definir el plan de test de la solución.

4.3.1.1. Vista general del desarrollo de la fase concepción detallada

El esquema da la visión global de la concepción detallada. Las diferentes etapas son detalladas a continuación.

Figura 14: Vista Global de La Concepción Detallada del Proyecto OSMOSE



Fuente: Documento técnico del proyecto "Methodologie Technique du Projet OSMOSE"

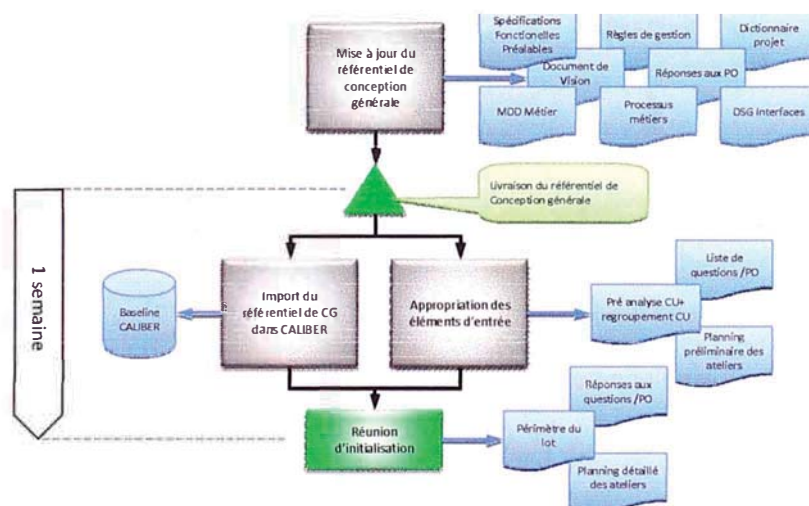
4.3.1.2. Reunión de inicialización de la concepción detallada

La concepción detallada comienza con una reunión de inicialización, cuyo objetivo es de asegurar:

- La buena comprensión de documentos del referencial de concepción general.
- La información proporcionada este completa.
- La validación del perímetro de la concepción para cada uno de los lotes.

Para que la reunión sea eficaz, es necesario que la MOE y los integradores tengan el tiempo de obtener los elementos de entrada. El conjunto de los documentos del referencial de concepción deber ser entregada al menos una semana antes de la reunión de inicialización.

Figura 15: Reunión de inicialización de la Concepción Detallada



Fuente: Documento técnico del proyecto "Methodologie Technique du Projet OSMOSE"

4.3.1.3. Análisis de la fase concepción detallada

Como resultado de la reunión de inicialización, un periodo de tres semanas es necesario a los consultores funcionales para:

Analizar los documentos recibidos.

Inicializar la concepción detallada (visión global).

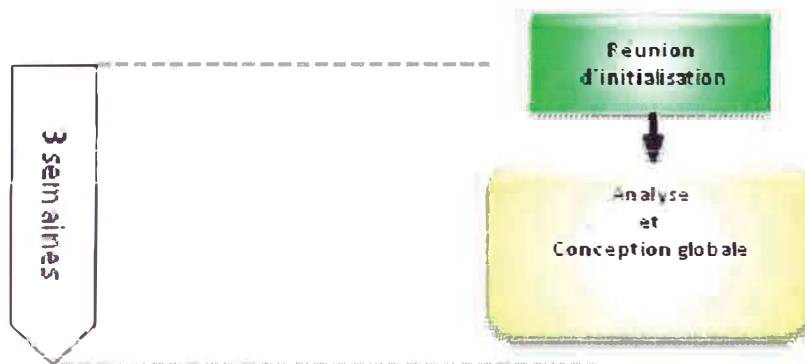
Intercambiar ideas, opiniones con los desarrolladores de la concepción de oficio, a fin de remontar preguntas a través de puntos de sincronización.

Realizar el plan detallado de los talleres.

Preparar los primeros talleres de concepción.

Validar el contenido de los lotes (repartición definitiva de los CUs por lotes)

Figura 16: Análisis de la Concepción Detallada



Fuente: Documento técnico del proyecto "Methodologie Technique du Projet OSMOSE"

4.3.1.4. Ciclo de talleres de la fase de concepción detallada

Los talleres de concepción deben permitir llegar a la definición detallada de la solución que será elaborada durante la fase de realización.

La planificación y el ritmo de los talleres de concepción deberán considerar:

La madurez de las necesidades.

El aprendizaje.

Los ciclos de validación.

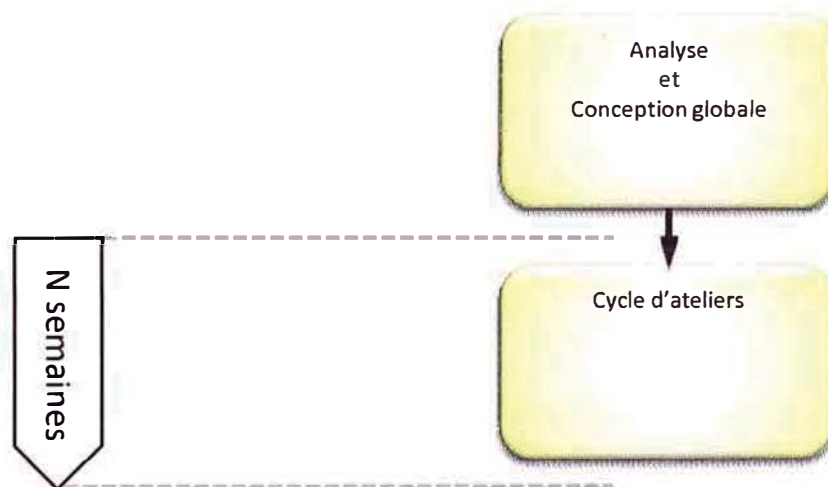
Las evoluciones esperadas del software MAXIMO.

En consecuencia, diferentes tipos de talleres serán planificados en función de dos criterios:

La madurez.

La complejidad.

Figura 17: Ciclo de talleres de Concepción Detallada



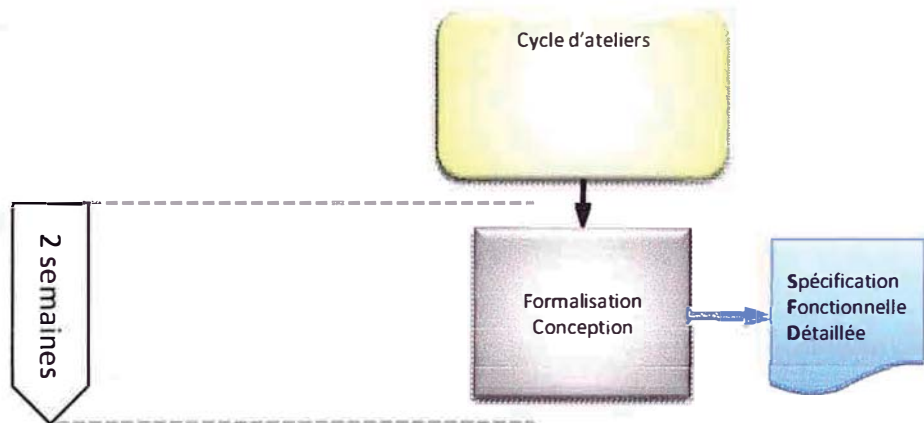
Fuente: Documento técnico del proyecto "Methodologie Technique du Projet OSMOSE"

4.3.1.5. Formalización de la fase de concepción detallada

Luego de los talleres, la concepción detallada es formalizada a través de especificaciones detalladas. Estos deben ser enviados durante toda la fase de concepción detallada.

Luego del ciclo de talleres un periodo mínimo de 2 semanas es necesario para el integrador para finalizar la concepción y reproducir las versiones finales de sus especificaciones.

Figura 18: Formalización de Concepción Detallada



Fuente: Documento técnico del proyecto "Methodologie Technique du Projet OSMOSE"

4.3.2. Fase de realización

4.3.2.1. Etapa de Desarrollo

Pre-Requisitos

- Tener conocimiento de la lista de desarrollos a efectuar.

- Tener una visión sobre dos semanas de desarrollo a venir.
- Tomar en cuenta las evoluciones de otros desarrolladores en los envíos precedentes antes de comenzar a trabajar/desarrollar. Para hacer lo mencionado, recuperar el dump del día del entorno de referencia o la nueva máquina virtual correspondiente al entorno de referencia (dump + EAR el día).
- Tener las fichas de configuración de objetos y atributos (MDD)& “configuración técnica” actualización que corresponde al entorno de referencia.

Desarrollo

- Comprender las necesidades indicadas por los consultores funcionales.
- Realizar los desarrollos necesarios.
- Actualizar las fichas de configuración de objetos y atributos (MDD), DSL, etc.
- Cada desarrollador debe enviar al final de la fase de desarrollo, sus fichas “configuración de objetos y atributos (MDD)” & “configuración técnica” actualizada.
- La acción anterior esta a cargo por los desarrolladores.

- Modificar la configuración de objetos y atributos (MDD) para hacer figurar los objetos que los desarrolladores han modificado y añadido.
- Si un desarrollador modifica un objeto existente, debe contactar a la última persona que a tocado este objeto a fin de verificar que sus objetos no son incoherentes o lo inverso.
- Modificación complementaria de la configuración de objetos y atributos (MDD) (ultimas columnas).
- Llenar la columna del estatus del desarrollo del objeto, esto indica si este objeto esta finalizado dentro del alcance de desarrollo demandado).
- Llenar la columna referencia de desarrollo, añadiendo al final la referencia del desarrollo que el desarrollador a hecho modificar este objeto.
- Transmitir el documento de configuración de objetos y atributos (MDD) relleno al responsable del entorno de referencia para que este fusione los documentos de los diferentes desarrolladores.

Test Unitario

Los test unitarios están a cargo de los desarrolladores. Estos son hechos al momento de terminar una aplicación y luego elaborar un reporte de test.

Validación

El responsable del entorno de referencia debe:

- Recuperar los documentos de configuración de objetos y atributos (MDD) de los diferentes desarrolladores.
- Verificar que todos los desarrolladores han enviado sus fichas.
- Verificar que las fichas enviadas estén bien llenadas, teniendo en cuenta la última versión del ciclo.
- Identificar los objetos modificados por varias personas dentro de los diferentes documentos de configuración de objetos y atributos (MDD).
- Contactar a los desarrolladores concernidos y indicarles la lista de objetos en común.
- Recrear un documento de configuración de objetos y atributos (MDD) único que tome en cuenta los retornos/ decisiones finales de los desarrolladores.

Creación de un paquete y test de integración en la máquina virtual

- Esta acción esta totalmente a cargo de los desarrolladores.
- Lanzar el procedimiento de extracción filtrada sobre los objetos y atributos (MDD) configurados.

- Lanzar el “script” creado en el MDD dentro de SQL developer ligado a la máquina virtual.
- Crear un paquete dentro del archivo común.
- Verificar que los paquetes son coherentes: Un entorno de trabajo estará puesto a disposición para testear los paquetes sobre una copia de la máquina virtual del entorno de referencia.
- Enviar el paquete al responsable del entorno de referencia dentro del plazo previsto.

Migración de los paquetes sobre el entorno de referencia

- Esta fase está enteramente a cargo del responsable del entorno.
- Verificar que cada desarrollador a hecho llegar sus paquetes.
- Realizar un dump del entorno de referencia antes de integrar los paquetes.
- Integrar los paquetes dentro del entorno de referencia e indicar una duración de procesamiento por cada paquete.
- Todo paquete que no funciona será automáticamente desechado del lote o ciclo de trabajo.

Resetear el entorno de referencia

Esta etapa consiste a regenerar los elementos necesarios para que los desarrolladores puedan recargar la situación del entorno de referencia sobre las máquinas virtuales.

- Creación de un dump del entorno de referencia y puesta a disposición en el repertorio compartido en la red local.
- Creación del MDD conforme a la situación del entorno de referencia del ultimo ciclo sobre SVN.

4.3.3. Fase de Implementación

Las etapas de un proceso de implantación correctamente dirigido son las siguientes:

- Codificación de los equipos. Creación de la estructura arbórea que contiene todos los activos de la planta y las relaciones de dependencia entre ellos.
- Introducción de los equipos en el sistema. Carga de los equipos en el sistema informático, junto con las características más importantes de éstos.
- Introducción del personal en el sistema. Carga de las fichas de personal en el sistema, incluyendo todos los datos relevantes para mantenimiento.

- Codificación de tareas. Las tareas, sobre todo las tareas de mantenimiento programado de carácter periódico deben estar codificadas, para facilitar (en algunos casos posibilitar) su planificación o programación en el tiempo. Debe diseñarse en esta fase el tipo código que deben tener las tareas.
- Introducción de las tareas en el sistema.
- Codificación del repuesto. Hay que definir el sistema de codificación del material de repuesto que permita su introducción en el sistema. Hay que diseñar el tipo de código para los tres tipos de materiales habituales en mantenimiento (consumibles, repuesto específico y repuesto genérico).
- Introducción del inventario de repuesto en el sistema. Realizada la codificación, hay que introducir lo que se tiene en el almacén en el momento de la puesta en marcha del sistema.
- Definición del Plan de Mantenimiento Programado. Una de las partes más importantes de la implantación es la definición del plan de mantenimiento, que debe ser anterior a la puesta en marcha del sistema información o parametrización del sistema de GMAO. Aunque

parezca obvio, es necesario recordar que el sistema informático no genera un plan de mantenimiento, sino que gestiona un plan de mantenimiento previamente diseñado por el personal de mantenimiento.

- Introducción del Plan en el Sistema
- Definición de determinadas formas de funcionamiento:

Apertura y cierre de órdenes de trabajo.

Entradas y salidas del almacén.

Gestión de compras.

- Creación de documentos personalizados:

Orden de trabajo.

Formato de Gama de mantenimiento programado.

Formato de informe de intervención.

Formato de propuesta de mejora.

- Diseño de los informes que debe generar el sistema. Es, evidentemente, la parte más importante de la implantación. A menudo olvidada o deficientemente tratada, la información que devuelve el sistema con todos los datos introducidos y que permite tomar las decisiones adecuadas es la parte más importante del proceso y el objetivo último de éste. Antes de

adquirir un sistema GMAO y desde luego, antes de implantarlo, debe estar muy claro cuál es la información que se pretende obtener de él y que justifica tanto esfuerzo y la fuerte inversión.

La lista de tareas que es conveniente preparar en paralelo a la implantación del programa para que estén listos en el momento preciso en que se necesiten sería la siguiente:

- Definir el plan de mantenimiento preventivo
- Tener inventariado el repuesto
- Lista del personal y su organigrama
- Definir el flujo de una orden de trabajo
- Definir el sistema de entradas y salidas del almacén
- Definir el sistema a seguir para realizar las compras
- Definir los informes que se necesitarán.

4.3.4. Fase de Evaluación

Para evaluar el desempeño futuro de la gestión del mantenimiento y del sistema de información se utilizarán indicadores económicos, de producción y de resultado o técnicos.

- Indicadores económicos: el indicador básico es el grado de cumplimiento del presupuesto de explotación previsto para el año en curso; también, es importante conocer el monto global de la inversión realizada y su distribución en partidas como:

obra nueva, es decir nuevos activos necesarios para nuevos servicios y su rentabilidad asociada a corto y medio plazo; reposición de los activos obsoletos; rehabilitación de los activos que han estado funcionando en cierto tiempo; trabajos de mejorar de la fiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad.

- Indicadores de producción: para el mantenimiento, la producción es el número de actividades realizadas, tanto de mantenimiento preventivo como de correctivo o de mejoras, así como las horas empleadas en las mismas. El indicador será nuevamente el grado de cumplimiento, especialmente de las actividades programadas, mientras que para las no programadas, se determinara el grado de cumplimiento a nivel global y si es necesario para las tareas más relevantes.
- Indicadores de resultados o técnicos: Son los indicadores básicos de mantenimiento, ya que mediante los mismos pueden conocerse rápidamente la eficacia de su gestión: se trata evidentemente de la fiabilidad, la mantenibilidad y/o la disponibilidad de cada equipo o grupo de equipos (trenes, locomotoras, motores, etc.) que se confrontaran con los valores objetivos fijados de antemano.

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

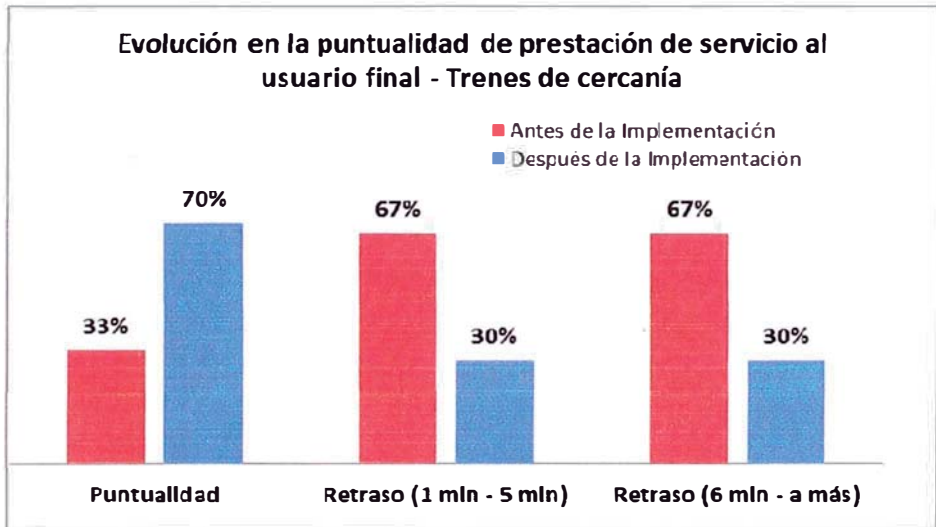
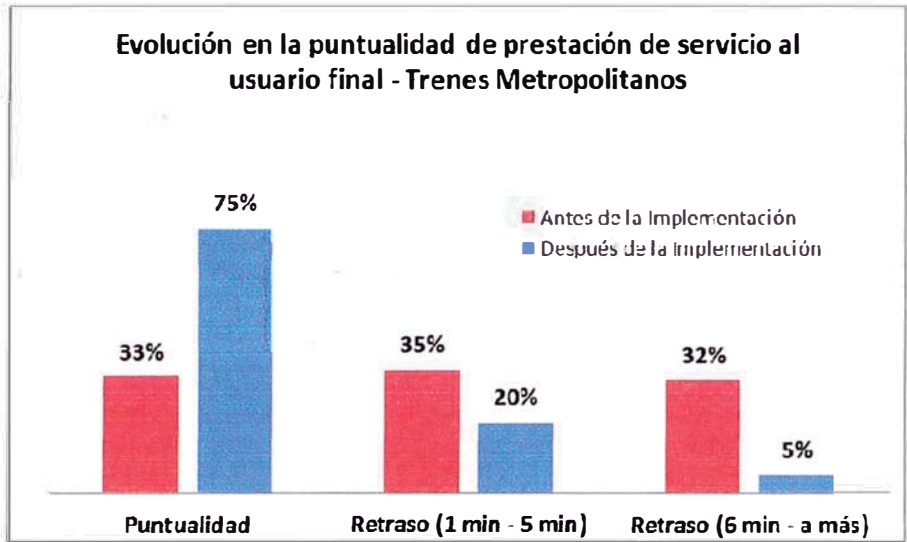
5.1. RESULTADOS DE LA SOLUCIÓN PLANTEADA

5.1.1. Mejora en la puntualidad de prestación de servicios

Tabla 6: Mejora en la puntualidad de prestación de servicio al usuario final

	Antes de la implementación del software GMAO			Después de la implementación del software GMAO		
	Retrasos			Retrasos		
	0 min	1 min - 5 min	6 min - a más	0 min	1 min - 5 min	6 min - a más
Trenes Metropolitanos	33%	35%	32%	75%	20%	5%
Transiliana (trenes de cercanías)	33%	67%		70%	30%	

Fuente: Confederación Francesa Democrática del Trabajo



5.1.2. Disminución de los costos de reparación de componentes

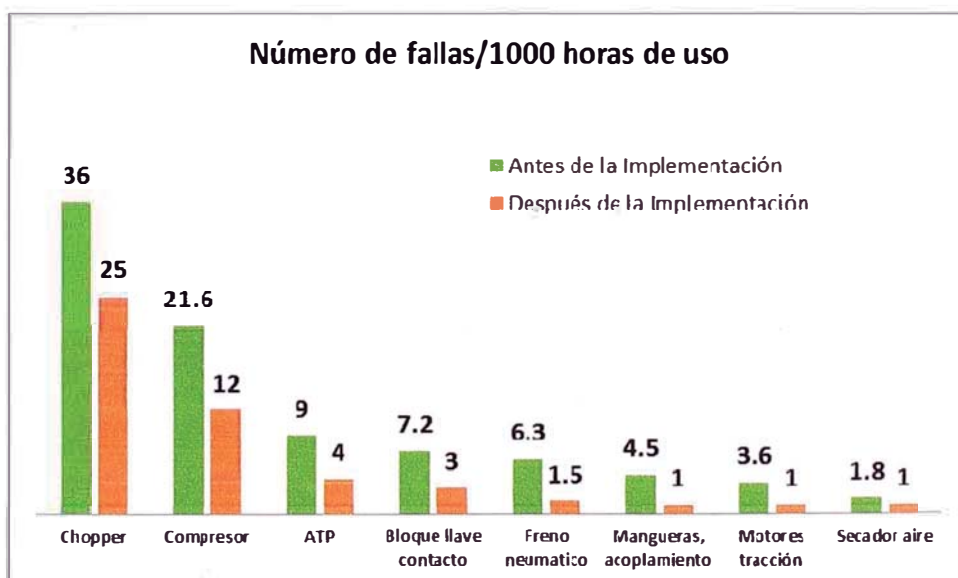
Tabla 7: Ahorros realizados en la reparación de componentes

Componente	Antes de la implementación del software GMAO				Después de la implementación del software GMAO			
	Nº de Fallas/1000 horas de uso	% del Total	Costo por reparación	Costo total de reparación	Nº de Fallas/1000 horas de uso	% del Total	Costo por reparación	Costo total de reparación
Chopper	36	40%	1,800 €	64,800 €	25	52%	1,800 €	45,000 €
Compresor	21.6	24%	2,000 €	43,200 €	12	25%	2,000 €	24,000 €
ATP	9	10%	1,200 €	10,800 €	4	8%	1,200 €	4,800 €
Bloque llave contacto	7.2	8%	800 €	5,760 €	3	6%	800 €	2,400 €
Freno neumático	6.3	7%	760 €	4,788 €	1.5	3%	760 €	1,140 €
Mangueras, acoplamiento	4.5	5%	550 €	2,475 €	1	2%	550 €	550 €
Motores tracción	3.6	4%	3,000 €	10,800 €	1	2%	3,000 €	3,000 €
Secador aire	1.8	2%	1,110 €	1,998 €	1	2%	1,110 €	1,110 €
				144,621 €				82,000 €

Ahorro= 62,621 €

Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

Figura 19: Evolución del numero de fallas de los componentes



Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

5.1.3. Ahorros globales realizados

Tabla 8: Ahorros realizados producto de la implementación de MaximoAssetMangement

Ahorros	
Mejor Utilización de la Mano de Obra	10-20%
Mejor Utilización del Activo	3-5%
Incrementar los mantenimientos planeados	50-80%
Reducción en la compra de nuevos equipos	3-5%
Mayor ahorro por recuperaciones por garantías	10-50%
Reducir partes de emergencia en inventario	20-30%
Reducir costo de mantener el inventario	5 - 20%
Reducción de costos en materiales	5-10%
Reducir trabajo de compra	10-50%
Mejor Utilización de la Mano de Obra	10-20%

Fuente: Documento del proyecto "Methodologie du Projet OSMOSE"

5.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Tabla 9: Flujo de caja para la solución planteada

Criterios	Años															
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Implementación del Sistema de Información (Miles de EUR)	-4,000	-10,000	-7,000	-5,000												
Ahorros (Miles de EUR)		3,500	4,500	4,500	4,500	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
Mantenimiento del Sistema de Información (Miles de EUR)				-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
Total (Miles de EUR)	-4,000	-6,500	-2,500	-650	4,350	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850

Fuente: Elaboración propia

Tasa de interés: 10%

Valor Presente Neto (VPN) = € 12, 023,185

Tasa Interna de Retorno (TIR) = 21%

Luego del resultado obtenido podemos observar que el proyecto realizado es rentable; pues luego de un periodo de 15 años el VPN es positivo. Este resultado es respaldado con el cálculo de la tasa interna de retorno que al ser mayor que la tasa de interés del 10% es un resultado aceptable.

CONCLUSIONES

La implementación del sistema de información para la gestión del mantenimiento de la Sociedad Nacional de Caminos Ferroviarios Francés SNCF ha permitido:

- Mejorar la puntualidad de los trenes metropolitanos en 42% y de los trenes de cercanías en 37%.
- Reducir el número de fallas de los componentes hasta en un 69% por cada mil horas de uso.
- Realizar ahorros de hasta 62,621 € por el concepto de costos de reparación de componentes por cada mil horas de uso.
- Consolidar la información de los diferentes talleres de mantenimiento en una única plataforma.
- Incrementar los mantenimientos planeados entre un 50% - 80%.
- Disponer de información más completa del desempeño de los activos estratégicos.
- Mejorar los ingresos, incrementando la disponibilidad de los activos, su fiabilidad y su tiempo de funcionamiento para mejorar el rendimiento en el negocio.

RECOMENDACIONES

- Realizar el mantenimiento periódico del sistema informático con la finalidad de conseguir que los equipos sean operativos el mayor tiempo posible y que, durante ese tiempo, funcionen sin fallos.
- Invertir en la mejorar continua del sistema de información de gestión del mantenimiento con la finalidad de incorporar nuevos módulos y aplicaciones adaptadas a las necesidades de los usuarios.
- Capacitar constantemente a los usuarios para uso correcto y eficaz del sistema de información.

BIBLIOGRAFÍA

- Luciano Furlanetto. Manual De Gestión De Activos y Mantenimiento. Madrid: RII Editores.
- Raul R. Prando. Manual De Gestión Del Mantenimiento a la Medida. Uruguay: Editorial Piedra Santa S.A.
- Ralph Stair, George Reynolds. Principios de Sistemas de Información 9na ed. México: Editorial Cengage Learning Editores; 2010.
- Raúl R. Prando. Manual Gestion de Mantenimiento a la Medida. El Salvador: Editorial Piedra Santa S.A; 1996. p 19.
- Marc Frédérick. Metrre Oeuvre une GMAO. Francia: Editorial Dunod; 2011.
- Vicente Macian Martine. Sistemas de Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador (GMAO). España: Editorial Servicio de publicación de la Universidad Politecnica de Valencia; 2011.
- IBM - Maximo Asset Management, [Fecha de acceso 6 de abril de 2013]. URL disponible en: <http://www-42.ibm.com/software/products/es/es/maximoassetmanagement/>
- **GMAO GIM**, TCMAN. [Fecha de acceso 2 de febrero de 2013]. URL disponible en: http://tcmán.com/es/gmao_gim