

# **MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO**

JAIME ROMRO PÉREZ  
Dir. RAMON GRAU MUR  
DMN  
SEPTIEMBRE 2012

# MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO .....	1
0 INTRODUCCIÓN.....	5
1 MODELO DE GESTIÓN .....	7
1.1 NECESIDAD DEL MODELO.....	7
1.2 LOS PROCESOS.....	8
2 SEGURIDAD .....	15
2.1 ESTRATEGIA DE SEGURIDAD.....	15
2.1.1 VISIÓN DE LOS PROCESOS POR LA GESTIÓN DE LA SEGURIDAD.....	16
2.1.2 PLANIFICACIÓN .....	19
2.1.3 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS.....	21
2.1.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	23
2.1.5 REQUISITOS DE SEGURIDAD.....	26
2.1.6 MITIGACIÓN DEL RIESGO.....	27
2.1.7 MONITORIZACIÓN .....	29
2.1.8 EVIDENCIAS DE SEGURIDAD .....	30
2.1.9 REGISTRO DE INCIDENCIAS DE SEGURIDAD .....	31
2.1.10 ACEPTACIÓN Y APOBACIÓN .....	33
2.1.11 CULTURA DE LA SEGURIDAD .....	34
2.2 PLAN DE SEGURIDAD .....	36
2.2.1 ASPECTOS BÁSICOS DEL PLAN DE SEGURIDAD .....	38
2.2.2 LA SEGURIDAD EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	38
2.2.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE SEGURIDAD .....	40
2.2.4 GESTIÓN DE VERSIONES Y CAMBIOS.....	40
2.2.5 REGISTROS.....	42
3 MANTENIMIENTO COMO PROCESO INDUSTRIAL.....	45
3.1 EVOLUCIÓN DE LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO .....	45
3.2 FILOSOFÍAS DEL MANTENIMIENTO .....	47
3.2.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC).....	47
3.2.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (MPT) .....	49
3.2.3 MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL (MCM) .....	55
3.2.4 OTRAS TENDENCIAS.....	56
4 MODELO DE APLICACIÓN.....	61
4.1 PRIMERA ETAPA, PLANIFICAR.....	62
4.2 SEGUNDA ETAPA, REALIZAR.....	63
4.3 TERCERA ETAPA, COMPROBAR .....	64
4.4 CUARTA ETAPA, MEJORAR .....	65
5 CONCLUSIONES.....	67
6 BIBLIOGRAFÍA.....	69

# MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

JAIME ROMERO PÉREZ

# 0 INTRODUCCIÓN

Para la operación y explotación de una instalación, son necesarios los trabajos de mantenimiento con fin de posibilitar el normal funcionamiento de todos sus sistemas. Entendiendo que el mantenimiento se realiza sobre equipos, sistemas, etc. que se encuentran en producción, es necesario trabajar en el marco de un sistema de gestión del mantenimiento donde se defina como una serie de procesos destinados a satisfacer las necesidades de la explotación apoyado por un conjunto de actividades de soporte. La gestión de los procesos debe estar correctamente definida con registro de la actividad y sujetos a la mejora continua.

Se quiere destacar de forma especial el tema de la seguridad en el mantenimiento considerando que debe existir una estrategia de seguridad desde la fase de diseño/ montaje, durante el periodo de operación y hasta la retirada del mismo.

Dado que fallos de disponibilidad o fiabilidad pueden comportar la operación en modos degradados, aumentando de forma notable los riesgos que atentan en contra de la seguridad, todos los procesos y actividades que tengan influencia directa sobre la seguridad deben estar sujetos a criterios de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) y mantener un registro de amenazas en toda la vida útil de la instalación.

Cabe a destacar también que la organización del mantenimiento, como parte integrante de la producción y a fin de dar una consideración parecida a la que se dan a los procesos industriales, para ajustar los costes a lo que realmente supone un valor añadido resulta a su vez necesario fijar objetivos e indicadores, racionalizar stocks, optimizar el número/frecuencia de operaciones y establecer procedimientos/ protocolos de del mantenimiento.

El trabajo se estructurará en tres capítulos:

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Un modelo de gestión del mantenimiento, donde se clasifican los distintos procesos y se define una estructura común a todos ellos, en este capítulo también se tratará la descripción de actividades, asignación de responsabilidades y documentación de salida por etapa y actividad.

Seguridad, este capítulo se divide en dos apartados, la Estrategia de Seguridad donde destaca la necesidad de asegurar una adecuada gestión del riesgo para las actividades de mantenimiento y el Plan de Seguridad, que establece un proceso sistemático, para la implementación de las mejores prácticas reconocidas de control de riesgo.

En el tercer capítulo se dará un enfoque a los trabajos de mantenimiento como parte de un proceso industrial, revisando la evolución cronológica del mantenimiento y las distintas filosofías de la función del mantenimiento dentro de las organizaciones.

Finalmente, se hará un ejemplo de aplicación del modelo propuesto en el primer capítulo.

# **1 MODELO DE GESTIÓN**

## **1.1 NECESIDAD DEL MODELO**

Para la realización de los trabajos de mantenimiento, es necesario definir un modelo de gestión que permita racionalizar y estandarizar la organización de los distintos trabajos de mantenimiento que se realizan a cada uno de los sistemas a mantener.

El modelo define una serie de procesos destinados a satisfacer las necesidades del cliente, en este caso la explotación y operación apoyado por un conjunto de actividades de soporte.

La gestión de los procesos debe estar correctamente definida con registro de la actividad y sujetos a la mejora continua.

Los beneficios de trabajar en el marco de un modelo de gestión son:

Minimizar los problemas que puedan aparecer por falta de organización.

Establecer una manera de hacer las cosas, en la forma (procesos, instrucciones, formatos...), en el contenido (conocimiento y experiencia) y en una escala temporal (calendario de implementación del modelo a cada uno de los procesos).

Detectar, enfocar y actuar sobre lo que no estamos haciendo bien.

Capitalizar el trabajo realizado en modelos anteriores de planificación y programación del mantenimiento, realización de instrucciones, formación, auditorías, mejora continua...

# MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

## 1.2 LOS PROCESOS

- **Definición**

Definimos proceso de la siguiente manera:

Estructura secuenciada de actividades que generan un determinado valor añadido como resultado de satisfacer unas necesidades iniciales especificadas y valoradas por el cliente a quien se dirigen.

Para la creación del sistema de gestión del mantenimiento, en un principio identificamos y podemos enumerar una serie de procesos propios de la actividad que se realiza.

Estos procesos son:

Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Remodelaciones y puesta en marcha de Nuevos Sistemas, Objetivos e Indicadores, Presupuesto, Seguridad, Formación, Aprovisionamientos, Prevención de Riesgos Laborales, Medio Ambiente...

- **Clasificación de los procesos**

La primera distinción que hacemos de los procesos es clasificarlos en Tres Grupos, Procesos Clave, Procesos Estratégicos y Procesos de Apoyo.

### *Procesos Clave.*

Son los que caracterizan el modelo de gestión y van orientados a la satisfacción de las necesidades de la explotación y operación. Son Procesos Clave los tres primeros que se han enumerado en la anterior lista: el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Correctivo y Remodelaciones y puesta en marcha de Nuevos Sistemas.

### *Procesos Estratégicos.*

Son los que orientan y guían la gestión del mantenimiento. Consideramos Procesos Estratégicos: Los Objetivos e indicadores, El Presupuesto y la Seguridad.

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### *Procesos de Apoyo.*

Son el resto de procesos que facilitan la gestión y la definición del modelo. En este grupo identificamos procesos como: Formación, Aprovisionamientos, Prevención de Riesgos Laborales, Medio Ambiente, Gestión del Personal, Gestión Documental, Gestión de los Equipos e Instrumentación, Gestión de Contratos externos...

- **Estructura de los Procesos,**

Todos los procesos que intervienen en la gestión de mantenimiento, independientemente de la clasificación anterior, deben seguir una misma estructura.

### *Etapas del Proceso*

Las distintas actividades para cada proceso pueden agruparse en etapas, en el modelo de gestión del mantenimiento se distinguen cuatro bien diferenciadas.

Las cuatro etapas son:

Planificar.

Realizar.

Comprobar.

Mejorar.

### *Actividades del Proceso*

Para cada una de las etapas se contempla una serie de actividades, definimos clase de actividad como: Etapa del Proceso que determina una acción específica.

Estas Actividades representan el 'QUÉ' hay que hacer y reflejan el 'QUÉ' se está haciendo. A su vez cada actividad debe ser:

Guiada por un Documento que lo explique.

Gestionada por un Responsable.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

¿QUÉ?	
Actividades del proceso	
PLANIFICAR	Actividad 1
	Actividad 2
	Actividad 3
	Actividad 4
	Actividad n
REALIZAR	Actividad 1
	Actividad 2
	Actividad 3
	Actividad 4
	Actividad n
COPROBAR	Actividad 1
	Actividad 2
	Actividad 3
	Actividad 4
	Actividad n
MEJORAR	Actividad 1
	Actividad 2
	Actividad 3
	Actividad 4
	Actividad n

*Tabla 1. Etapas y actividades del proceso*

### *Entradas, instrucciones y registros.*

Una vez definidas todas las Actividades del Proceso y se encuentran agrupadas en las distintas etapas, hay que saber para cada una de las actividades el 'CÓMO' hay que hacer cada una de las actividades.

El 'CÓMO' hacer las actividades vendrá determinado por los distintos Inputs (entradas) que tenemos de cada actividad, las instrucciones y los Output (registro o evidencia de la actividad realizada)

Definimos para ello los siguientes términos:

Instrucción de trabajo: descripción de la manera de realizar una actividad del proceso o subproceso, también lo podemos considerar como procedimiento o pauta de gestión.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Formato de trabajo: plantilla de trabajo que permite evidenciar la realización de una actividad.

Registro de trabajo: documento que evidencia la realización de una actividad.

	¿CÓMO?		
	Inputs	Instrucción	Output: Registro o
Actividad 1			
Actividad 2			
Actividad 3			
Actividad 4			
Actividad n			
Actividad 1			
Actividad 2			
Actividad 3			
Actividad 4			
Actividad n			
Actividad 1			
Actividad 2			
Actividad 3			
Actividad 4			
Actividad n			
Actividad 1			
Actividad 2			
Actividad 3			
Actividad 4			
Actividad n			

Tabla 2. Entradas, instrucciones y registros.

### Asignación de Responsabilidades.

Para cada una de las actividades es necesario designar a un responsable para su ejecución.

El 'QUIÉN' vendrá dado por el perfil de cada responsable en la estructura de mantenimiento para cada una de las actividades que lo componen.

Como en una organización de mantenimiento existen distintos roles con responsabilidad en una actividad concreta, se ha utilizado el modelo RASCI para la asignación de tareas.

El método de asignación de responsabilidades (Responsability Assignment Matrix) delimita la asignación de varios roles en la realización de actividades vinculadas a proyectos o a procesos de negocio y resulta especialmente útil en la asignación de

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

responsabilidades en proyectos o procesos multidepartamentales. En el caso de un proceso en el mantenimiento como el del modelo de gestión que se está tratando, los distintos roles pueden ser de distintas unidades de mantenimiento de la organización o de una única.

- **Modelo RASCI**

### *R Responsable (responsable de la ejecución)*

Se asigna a aquellos que realizan los trabajos para conseguir el objetivo de la tarea o actividad. Normalmente hay un único rol con esta asignación aunque hay casos en que la ejecución puede ser compartida.

### *A Accountable (responsable del proceso en conjunto)*

Aquellos que son los últimos responsables en la correcta realización de la tarea y que debe ser informado por quien la realiza. Es quien debe aprobar el trabajo realizado por el responsable de cada actividad.

### *S Support (apoyo)*

Recursos a la disposición de quien realiza las actividades. Dan soporte puntual en la realización de las tareas.

### *C Consulted (consultados)*

Aquellos roles que han de dar su opinión sobre como se realiza la actividad o que proporcionan inputs (entradas) para llevarla a cabo.

### *I Informed (informado)*

Aquellos que deben ser informados sobre el progreso de las actividades o de su finalización.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

	¿QUIÉN?				
	rol 1	rol 2	rol 3	rol 4	rol n
Actividad 1					
Actividad 2					
Actividad 3					
Actividad 4					
Actividad n					
Actividad 1					
Actividad 2					
Actividad 3					
Actividad 4					
Actividad n					
Actividad 1					
Actividad 2					
Actividad 3					
Actividad 4					
Actividad n					
Actividad 1					
Actividad 2					
Actividad 3					
Actividad 4					
Actividad n					

*Tabla 3. Asignación de responsabilidades.*

- **Programación e implementación**

Todo proceso debe tener una programación para la puesta en marcha del modelo o de las fechas en que se realizan las actividades una vez puesto en marcha, 'CÚANDO'.

Referente a la implementación del modelo, para cada una de las actividades se han definido una serie de instrucciones, formatos y registros que nos guían en su ejecución. La disposición de esa documentación ya sea por recopilación de la existente o creando instrucciones de los trabajos de cada actividad en el formato definido debe planificarse mediante planes de acción puntuales para disponer de ellas en el momento de la puesta en marcha del modelo.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

JAIME ROMERO PÉREZ

## **2 SEGURIDAD**

### **2.1 ESTRATEGIA DE SEGURIDAD**

La Estrategia de Seguridad tiene como objeto asegurar, mediante las actividades de mantenimiento, una adecuada gestión del riesgo de la instalación. Para ello se aplica un proceso a las labores de mantenimiento desde su efecto de reducción del riesgo. Esta estrategia se hace extensiva a todos los parámetros RAMS (Fiabilidad, disponibilidad mantenibilidad y seguridad) de la instalación.

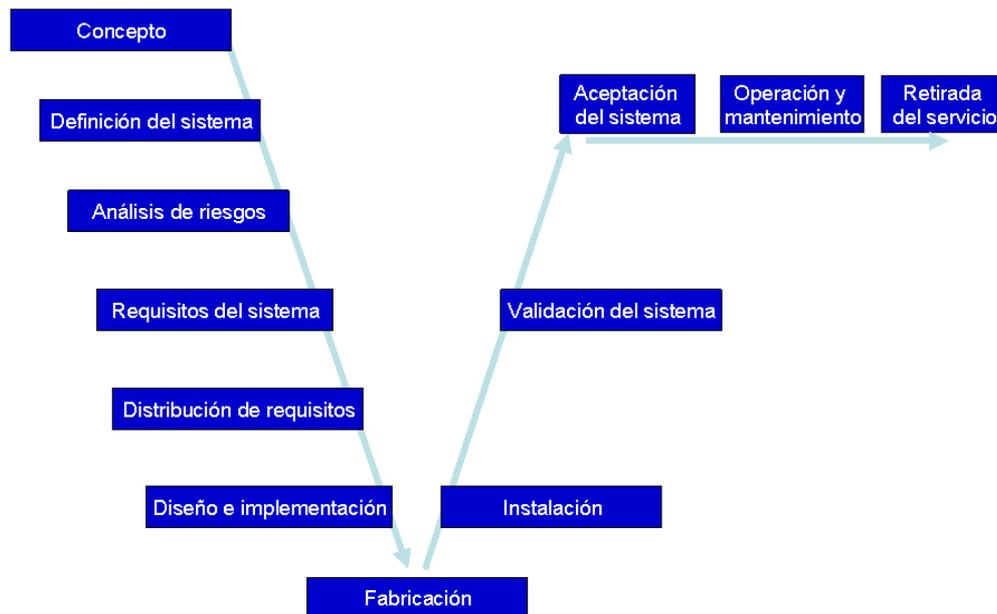
Como resultado la Estrategia de Seguridad establece que todas las actividades de mantenimiento se desarrollen según las directrices de un Plan de Seguridad basado en la aplicación sistemática de las mejores prácticas de control de riesgo. La aplicación de esta estrategia al mantenimiento implica la introducción de actividades y técnicas tales como identificación y evaluación de amenazas, creación y gestión del *Hazard Log* de Mantenimiento y validación sistemática de los Requisitos de Seguridad.

A los efectos de facilitar la labor de las auditorias de seguridad y la difusión a todos los niveles de los resultados del mantenimiento, todas las evidencias del cumplimiento de los requisitos de seguridad se plasman en el Dossier de Seguridad de Mantenimiento.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.1.1 VISIÓN DE LOS PROCESOS POR LA GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

Partiendo que para el objeto a considerar. La seguridad hay que considerarla en cada una de las fases que componen el ciclo de vida, como el mostrado en la Figura 1.



*Figura 1. Ciclo de vida*

Este ciclo de vida está orientado a gestionar el riesgo desde el principio del proyecto, condicionando todas sus decisiones a dar respuesta a las posibles situaciones de peligro identificadas desde el inicio.

Como ejemplo de esta filosofía puede observarse que la fase de “Análisis de Riesgos” es anterior a la definición de Requisitos y a la fase de Diseño y sus salidas son entradas necesarias a las fases siguientes.

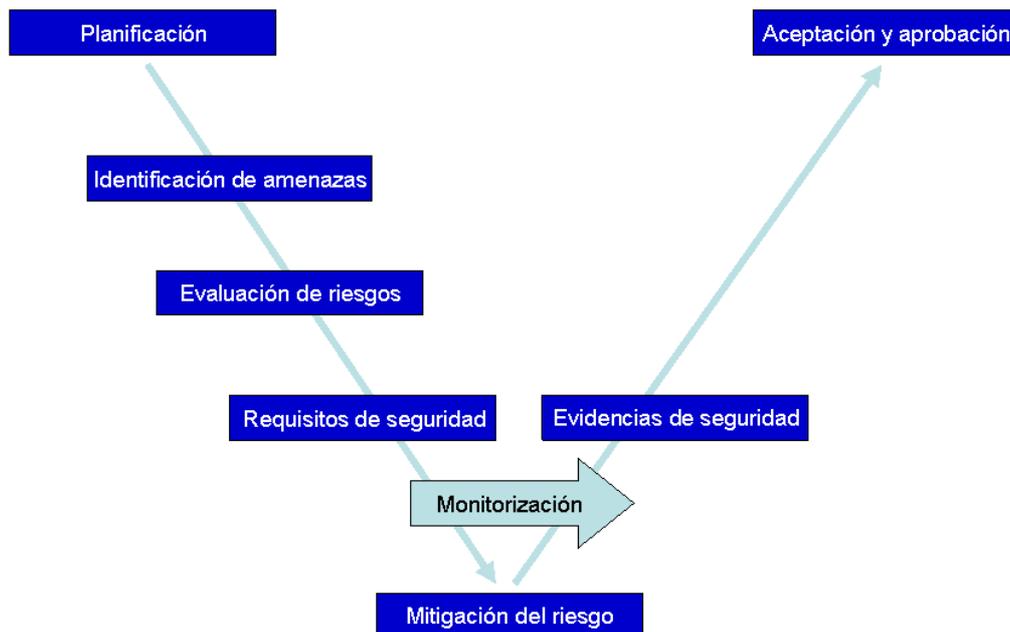
Al final del ciclo de vida, una vez cubierta la fase de Aceptación de sistema, el sistema comienza su explotación comercial. Durante esta fase es donde se desarrollan las actividades de mantenimiento que son el objeto de la presente estrategia.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Considerando el mismo principio de gestión del riesgo aplicado al ciclo de vida, las actividades de mantenimiento se deben justificar desde su efecto sobre la reducción del riesgo. Esto no significa que deban relegarse aspectos funcionales, sino que además de los tradicionalmente considerados, deben tenerse en cuenta aspectos de riesgo físico y/o material.

Al añadir los objetivos de control de riesgo a los tradicionales de disponibilidad, y plasmarlos en indicadores concretos, se dispone de criterios objetivos que permiten identificar las necesidades reales de recursos y distribuir de modo más eficiente los recursos disponibles.

En el proceso de mantenimiento debe establecerse un ciclo similar al establecido para el proyecto de instalación. Las fases de este proceso se muestran en la Figura 2.

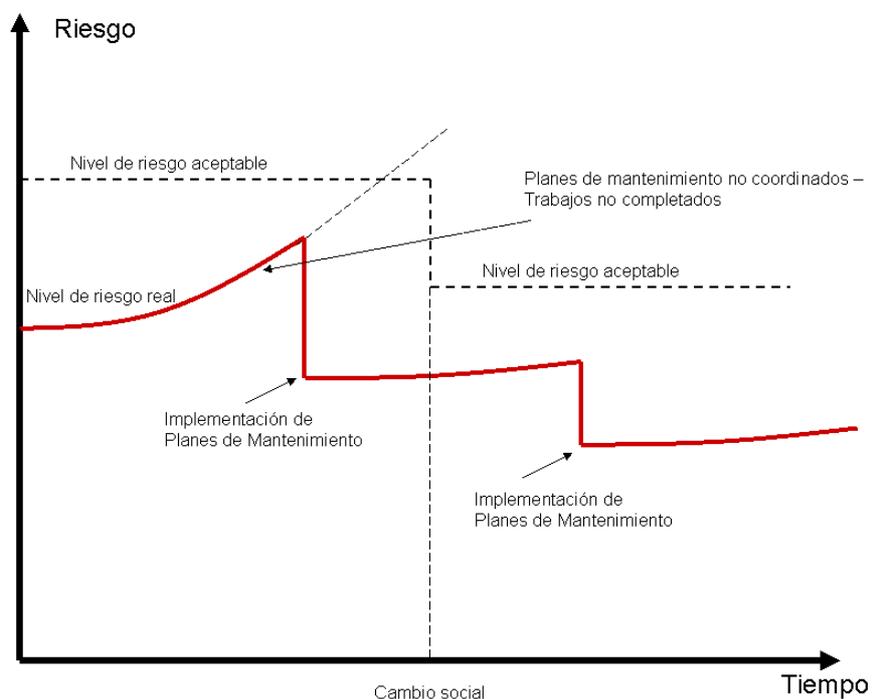


*Figura 2. Fases del proceso de mantenimiento*

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Dentro de las actividades de mantenimiento se debe establecer un mecanismo sistemático de evaluación del riesgo. Esta evaluación se basa en comparar los objetivos y criterios definidos por un sistema con los resultados obtenidos en el mantenimiento. La difusión periódica de los resultados de esta evaluación objetiva es un elemento importante para reactivar el compromiso con la seguridad de todos los miembros de la organización de mantenimiento. La sistematización de esta evaluación permite una mejora continua de los procesos de mantenimiento.

Un adecuado sistema de monitorización permite evitar situaciones como la mostrada en la Figura 3, donde se muestra gráficamente cómo el nivel de riesgo en una instalación aumenta al no tener implementado un Plan de Mantenimiento adecuado. Esta situación se puede ir degradando progresivamente producto de la propia explotación del sistema. Una detección precoz de la situación permite mejorar los planes de mantenimiento y mantener un nivel de riesgo dentro del Nivel Aceptable.



*Figura 3. Relación entre Mantenimiento y Riesgo*

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Un punto de gran importancia en la monitorización del riesgo es la detección del grado de aceptación social del nivel de riesgo.

Actualmente, se exige cada vez más un menor nivel de riesgo, rechazándose situaciones aceptadas como normales con anterioridad. En los caso en que se detecte una reducción del margen de seguridad debido a esta situación, deben implementarse planes de mantenimiento más complejos, de tal modo que se de una respuesta adecuada a demanda de seguridad.

La estrategia de seguridad describe las fases que componen el proceso de mantenimiento, destacando las entradas y salidas de cada una. Este proceso está planteado como un bucle que se aplica de modo sistemático a lo largo de toda la vida útil del sistema.

De este modo los resultados del proceso de mantenimiento en un ciclo, pueden ser considerados como entradas del proceso en ciclos futuros, generando nuevos requisitos o redefiniendo los criterios de aceptabilidad.

### 2.1.2 PLANIFICACIÓN

La definición del alcance es el punto de inicio del proceso de gestión del riesgo. Los datos de entrada se encuentran en la documentación disponible acerca del sistema a mantener:

- Descripción funcional del sistema
- Plan de Mantenimiento (del proveedor).
- Manual de Operación.
- Manual de instalación.
- ...

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Esta documentación inicial debe ser revisada teniendo en cuenta el conjunto de normas y regulaciones legales en vigor. Para una correcta planificación debe contarse, asimismo, con un sistema de GESTIÓN DE VERSIONES Y CAMBIOS.

El resultado de esta fase debe plasmarse en un Plan de Seguridad adecuado para el Mantenimiento y debe establecer las actividades a desarrollar para identificar y mitigar adecuadamente el riesgo mediante las actividades de mantenimiento. El Plan es una proyección de las consideraciones tomadas en materia de seguridad al inicio del ciclo de vida y debe contemplar las actividades del mantenimiento desde el principio del mismo. Así mismo es necesario para iniciar la explotación de un sistema disponer de la identificación de las actividades específicas que tienen efecto sobre la reducción el riesgo. Estas actividades son el resultado de las Condiciones de Aplicación identificadas en el Dossier de Seguridad.

En ambos planes (Plan de Mantenimiento y Plan de Seguridad) se debe establecer de modo claro un proceso de verificación y validación que garantice su cumplimiento.

- La verificación es la comprobación de que los objetivos de cada fase han sido cumplidos.
- La validación es la comprobación de que los requisitos de seguridad han sido alcanzados.

La organización de mantenimiento es responsable de:

- Elaboración del Plan de Seguridad.
- La elaboración de ambos planes (Plan de Mantenimiento y Plan de Seguridad).
- La .El consenso del Plan de Mantenimiento con las organizaciones de mantenimiento responsables de sistemas con los que se tiene alguna interfaz con las instalaciones de puerto, sistemas externos de carga....
- La revisión y actualización periódica de ambos planes en función de los resultados obtenidos.
- Su aplicación.

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.1.3 IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS

Se debe realizar una identificación periódica de las amenazas o peligros asociados al Sistema. Entendemos por amenaza o peligro (*hazard*), toda situación que pueda conducir a algún tipo de daño, ya sea físico, material o al medio ambiente. Es una buena práctica mantener un registro de amenazas (*hazard log*) a lo largo de toda la vida útil del sistema.

La lista de condiciones de aplicación (*SRACs: Safety Related Application Conditions*) o riesgos residuales exportados que debe aparecer en el *Safety Case* y en el Plan de Mantenimiento.

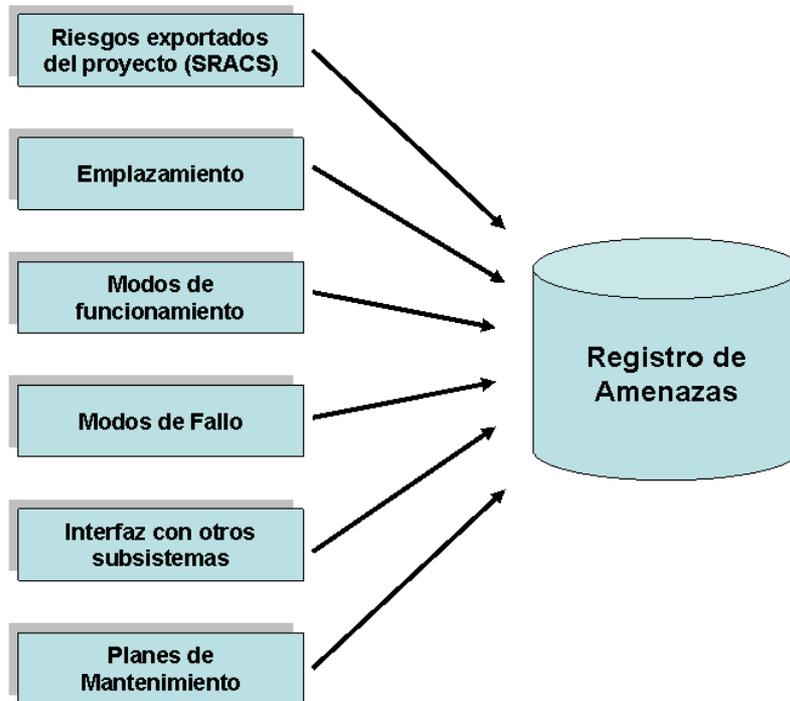
Además de las amenazas que deben ser consideradas como consecuencia de los riesgos residuales exportados, deben incluirse las procedentes del modo en que se realizará el mantenimiento. En general, las situaciones peligrosas a tener en cuenta pueden deberse a:

- Las características propias de los equipos (modos de fallo)
- Las características propias del modo en que se emplean
- El modo en que se interrelacionan con otras partes del sistema
- Las características de su emplazamiento
- El modo en que se realiza el mantenimiento

La identificación de las amenazas debe ser una tarea constante, ya que en cualquier momento pueden surgir nuevas amenazas no identificadas. Por ejemplo, un sistema que opere temporalmente en modo degradado, debido a un fallo importante, puede implicar que los equipos se empleen de un modo diferente que el previsto inicialmente. Esta situación puede implicar que las mitigaciones planificadas no sean operativas y que como resultado, el nivel de riesgo sea intolerable.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Antes de decidir cómo se realizará el mantenimiento debe tenerse en cuenta los peligros que pueden afectar al personal de mantenimiento y a otros subsistemas.



*Figura 4. Fuentes del registro de amenazas de mantenimiento*

La salida de esta fase debe ser un Registro de Amenazas (*Hazard Log*) de Mantenimiento que será la herramienta de gestión de amenazas del mantenimiento a lo largo de toda la vida útil del sistema. (figura 4).

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.1.4 EVALUACIÓN DE RIESGOS

Una vez identificadas las amenazas del Sistema, debe procederse a la evaluación de los niveles de riesgo. El nivel de riesgo es el resultado de evaluar la probabilidad de ocurrencia de un evento y la severidad de las consecuencias del mismo. Se proponen unos criterios para la evaluación de la frecuencia, severidad y riesgo de una amenaza que serán adoptados en la Estrategia de Seguridad.

Categoría	Descripción
Frecuente	Es probable que ocurra con frecuencia. El peligro se experimentará continuamente
Probable	Se dará varias veces. Puede esperarse que el peligro ocurra con frecuencia
Ocasional	Es probable que se dé 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 esperarse 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 suponerse que el peligro pueda no ocurrir

*Tabla 4. Clasificación de la frecuencia de ocurrencia de eventos peligrosos.*

Categoría	Consecuencias a personas o medio ambiente	Consecuencias al servicio
Catastrófico	Víctimas mortales y/o múltiples heridas y/o daños importantes al medio ambiente	
Crítico	Una sola víctima mortal y/o herida grave y/o daños señalados al medio ambiente	Pérdida de un sistema principal
Mínimo	Heridas menores y/o peligro señalado al medio ambiente	Daño grave a sistema o sistemas
Insignificante	Posible herida menor	Daño menor al sistema

*Tabla 5. Clasificación de la severidad de eventos peligrosos.*

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Frecuencia	Niveles de Riesgo			
	Frecuente	No deseable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	No deseable	Intolerable	Intolerable
Ocasional	Tolerable	No deseable	No deseable	Intolerable
Remoto	Insignificante	Tolerable	No deseable	No deseable
Improbable	Insignificante	Insignificante	Tolerable	Tolerable
Increíble	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Insignificante
	Insignificante	Marginal	Crítico	Catastrófico
<b>Niveles de Riesgo</b>				

*Tabla 6. Clasificación del riesgo según la frecuencia y severidad del evento peligroso.*

Categoría	Descripción
Intolerable	Debe eliminarse
No deseable	Sólo debe aceptarse cuando la reducción del riesgo sea impracticable y con el acuerdo de la autoridad o del organismo regulador de seguridad, según proceda.
Tolerable	Aceptable con un control adecuado
Insignificante	Aceptable

*Tabla 7. Criterios de aceptabilidad de riesgos.*

Una vez evaluados los riesgos, deben definirse medidas que los mitiguen a un nivel aceptable. La aceptación del riesgo debe basarse en un principio preestablecido, disminuyendo al máximo la subjetividad. El uso de índices de seguridad tales como TIRF (tolerable individual risk of fatality) o THR (tolerable hazard rate) pueden no ser suficientes como criterios de aceptabilidad, ya son de carácter estadístico (hace que sólo tengan validez al considerar grandes períodos de tiempo y muchos sistemas simultáneamente) y no cubren los errores sistemáticos.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Es un hecho frecuente que el riesgo no puede eliminarse totalmente o que las medidas necesarias para su total eliminación harían inviable el sistema. En estos casos, es práctica generalmente aceptada la aplicación de una serie de principios conocidos en el mantenimiento por sus siglas, los más conocidos son:

- **ALARP** (*As Low as Reasonable Practicable*): Es un principio de uso frecuente en los países de tradición anglosajona y se basa en reducir el riesgo hasta un nivel tal que, una mayor reducción implicaría un sobre coste en recursos o en disponibilidad que haría impracticable el sistema.
- **GAMAB** (*Globalement Au Moins Aussi Bon*). Este principio es practicado en Francia y se basa en asegurar un nivel de seguridad al menos tan bueno como lo permite el estado del arte en el momento del diseño. Es decir, aunque una amenaza determinada requeriría un mayor nivel de mitigación, se tiene en cuenta el estado del arte para decidir hasta donde es razonable exigir un mayor nivel de seguridad.
- **MEM** (*Minimum Endogenous Mortality*). Criterio de uso frecuente en Alemania y establece que el riesgo individual debido a un sistema particular no debe exceder 1/20 de la probabilidad de muerte por otras causas. Para determinar este nivel se recurre a datos estadísticos como por ejemplo los manejados por empresas de seguros.
- **MGS** (*Mindestens Gleiche Sicherheit*). Es otro principio empleado en Alemania y que establece como límite aceptable el que proporciona “al menos el mismo” nivel de seguridad del sistema anterior. Se diferencia del GAMAB en que se aplica a desviaciones de las normas y sólo debe ser empleado en unión con dichas normas o reglas establecidas.
- **NMAU** (*Nicht Mehr Als Unvermeidbar*). Es otro principio aplicado en proyectos de origen alemán y establece que ningún riesgo impuesto por las condiciones normales de operación debe ser mayor que “inevitable”. Es decir, se define la seguridad como la ausencia de riesgos evitables. Este

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

criterio, y la definición de “inevitables”, se basa en criterios propios de la legislación alemana.

Siempre que se acepte alguno o varios de estos principios, deberá estar respaldada por un análisis de seguridad independiente que lo justifique.

La organización de mantenimiento realizará de modo sistemático una evaluación del efecto de las actividades de mantenimiento sobre el riesgo asociado a los sistemas bajo su responsabilidad

### 2.1.5 REQUISITOS DE SEGURIDAD

Al final del proceso de evaluación de amenazas, deben establecerse requisitos de seguridad y las medidas necesarias para asegurar su cumplimiento. Los requisitos de seguridad no son más que las condiciones que deben asegurarse para impedir que el peligro ocurra o que, en caso de que ocurra, su efecto sea lo más limitado posible. Las medidas mitigadoras son las acciones necesarias para cumplir con los requisitos de seguridad.

Los requisitos de seguridad están íntimamente relacionados con el Plan de Seguridad y deben definir los parámetros operativos necesarios que aseguren que los equipos o subsistemas cumplen con los objetivos RAMS establecidos. Es importante definir correctamente las bandas de tolerancia aceptables en el caso de ajustes y valores a medir durante el mantenimiento. De este modo se puede decidir si el equipo o subsistema relacionado es seguro después del mantenimiento y si seguirá siéndolo hasta la próxima revisión.

Las especificaciones de mantenimiento deben definir claramente los requisitos de seguridad y las tolerancias admisibles en cada caso. Se definirán tolerancias en todas las actividades que impliquen medidas de parámetros tales como:

- Torque aplicado a tuercas y pernos
- Niveles de tensión, intensidad y frecuencia en equipos eléctricos
- Galgas de proximidad

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

- Tensión de muelles
- Velocidades
- Temporizadores
- ...

Es una buena práctica definir también la tolerancia de la frecuencia de mantenimiento de cada elemento del Sistema. De este modo se obtiene un sistema de mantenimiento flexible que pueda adaptarse a eventos imprevistos sin poner en peligro la seguridad.

Deben definirse límites de seguridad absolutos para cada elemento. Las tolerancias admisibles durante las labores de mantenimiento deben definirse de tal modo que aseguren que estos valores no sean sobrepasados en ningún momento entre dos mantenimientos sucesivos.

Estos valores pueden tomarse de las normas en vigor y/o de los manuales suministrados por los fabricantes. No obstante, es responsabilidad de la organización de mantenimiento la validación de estos valores. En los casos de nuevos sistemas, en que la práctica acumulada no sea aplicable, debe realizarse un análisis específico de cada caso. La participación del suministrador es imprescindible en dicho proceso.

Es una buena práctica aplicar técnicas de mantenimiento basadas en el riesgo. Estas técnicas comparan el efecto de los fallos en seguridad y coste con la implementación de las tareas de mantenimiento. De este modo se pueden actualizar las especificaciones de mantenimiento y la periodicidad de los trabajos en función del nivel de riesgo (alto, medio o bajo) resultante del mantenimiento. De este modo se puede gestionar de un modo más eficaz los recursos disponibles

### 2.1.6 MITIGACIÓN DEL RIESGO

La mitigación del riesgo se consigue mediante la realización de los trabajos de mantenimiento. Los procedimientos para estos trabajos estarán reflejados en los

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Manuales de Mantenimiento específicos de cada subsistema y se desarrollan según el Plan de Mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento no deben limitarse aquellos procedimientos establecidos en los Manuales de Mantenimiento entregados por los fabricantes, sino que deben incluir también los exigidos por las regulaciones técnicas y legales aplicables. También deben incorporarse todos aquellos procedimientos o tareas surgidos como resultado de la experiencia acumulada por la organización durante el desarrollo del mantenimiento propiamente dicho.

La garantía para conservar el nivel de seguridad de una instalación viene determinada por el modo de planificar, aplicar y revisar su mantenimiento.

La mitigación del riesgo debe considerarse de modo integral, incluyendo:

- Reducción del riesgo mediante las labores del mantenimiento.
- Reducción del riesgo durante los fallos del sistema.
- Reducción del riesgo asociado al personal de mantenimiento.

La reducción del riesgo mediante los trabajos de mantenimiento es el resultado del análisis de toda la información sobre riesgo acumulada durante las fases previas. Estas tareas están reflejadas en el Plan de Mantenimiento y se ejecutan mediante las Órdenes de Trabajo.

Aunque el número de fallos de los sistemas objeto del mantenimiento debe disminuir como resultado del mantenimiento, en los casos en que estos fallos se produzcan deben tomarse las decisiones que aseguren que el efecto de esos fallos sobre la seguridad se reduzca al mínimo. Al hablar de fallos del sistema deben considerarse no sólo los fallos que hacen que las funciones normales se vean afectadas, sino también los denominados fallos ocultos. Por fallo oculto se entiende aquél que sólo se pone de manifiesto al ocurrir de modo simultáneo con otro evento (por ejemplo: desajustes fuera de determinadas bandas de tolerancia o fallos en los sistemas de protección).

Es responsabilidad del área de mantenimiento detectar esos fallos ocultos y corregirlos antes de que puedan afectar la seguridad del sistema. Para ello debe diseñarse

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

un sistema de recolección de información tal que sea capaz de detectar estos fallos. El mantenimiento debe cubrir tanto el subsistema que falla como los subsistemas que pueden verse afectados o ser causantes del fallo.

Toda reparación debe ser analizada desde el punto de vista de la seguridad. En el caso de las reparaciones temporales, debe analizarse si es necesario introducir cambios en el programa de mantenimiento o imponer restricciones al servicio. Por otro lado, cuando se realiza una reparación definitiva, debe comprobarse que la seguridad se restablece a su valor inicial.

El trabajo de mantenimiento debe organizarse de tal modo que se reduzca el riesgo al que se expone el personal de mantenimiento. Todo incidente en la seguridad debe ser acompañado de un proceso de investigación que recoja información suficiente para poder averiguar su causa. El personal de mantenimiento debe estar motivado para informar de todo tipo de incidente relacionado con la seguridad, incluso aquellos semi-fallos en que la situación peligrosa o accidente no llega a producirse. El análisis a tiempo de los semi-fallos puede ayudar a implementar medidas que eviten fallos contra la seguridad en un futuro.

### 2.1.7 MONITORIZACIÓN

Entre los objetivos de la organización de seguridad se encuentra la comprobación y mejora de la gestión del riesgo. Para ello es necesario recoger toda la información relacionada con seguridad y establecer un sistema que facilite su análisis y evaluación. Este proceso debe incluir aquellos casos en que las circunstancias operativas no sean las normales (p.e. modos degradados o instalación de nuevos sistemas) y estos cambios puedan afectar la seguridad.

El objeto de la monitorización del riesgo es evaluar, de modo sistemático, si el nivel de riesgo del sistema se mantiene dentro de los niveles definidos como aceptables. No debe confundirse la monitorización del riesgo con los informes periódicos de mantenimiento. Un sistema de monitorización del riesgo implica una evaluación de cómo

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

las actividades de mantenimientos son eficaces en la labor de mantener el riesgo en un nivel aceptable.

El diseño del proceso de monitorización debe definir:

- Qué datos deben recogerse (parámetros, subsistemas, índices, etc.)
- Cómo se recolectan (informes de trabajos, auditorias, responsables de recolección, etc.)
- Dónde se almacenan (sistema informático, sistema de backup, diseño de interfaz, etc.)
- Cómo se analizan (responsables del análisis, métricas, criterios, periodicidad, etc.)
- A quiénes se les informa de los resultados (dirección, clientes, suministradores, público en general, etc.)
- Qué acciones se desarrollan con los resultados del análisis (modificación de procedimientos de trabajo, difusión de resultados, modificación de la organización de mantenimiento, definición de nuevas métricas, validación de supuestos iniciales, etc.)

El sistema de registro debe revisarse anualmente o cada vez que se produce un cambio significativo, comparándolo con los objetivos de seguridad. Esta revisión también debe realizarse cuando se produzca algún incidente que haga sospechar que se necesita alguna medida adicional.

### 2.1.8 EVIDENCIAS DE SEGURIDAD

Las evidencias de seguridad son el resultado de la actividad de monitorización del cumplimiento de los requisitos de seguridad. Su objeto es demostrar a la organización de mantenimiento y al resto de instancias interesadas que el riesgo asociado con las actividades bajo su responsabilidad ha sido controlado a un nivel aceptable. Estas

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

evidencias se soportan con argumentos objetivos que incluyen evidencias del cumplimiento de los requisitos de seguridad.

Las evidencias deben incluir, entre otros argumentos:

- Grado de completitud de las investigaciones sobre fallos
- Tendencias de fallos
- Reducción en los incidentes contra la seguridad del personal y de los semi incidentes
- Demostración del cumplimiento de normas y requerimientos legales
- Cumplimiento de los objetivos de seguridad

A los efectos de facilitar la labor de auditorias internas o externas de seguridad, todas las evidencias del cumplimiento de los requisitos de seguridad se plasman en el Dossier de Seguridad de Mantenimiento

### 2.1.9 REGISTRO DE INCIDENCIAS DE SEGURIDAD

En paralelo con el registro de las evidencias de seguridad, es necesario contar con mecanismos para registrar las posibles incidencias contra la seguridad que pudieran darse. Se considera como información mínima a considerar la siguiente:

- Datos técnicos sobre el sistema.
- Motivo del mantenimiento
- Tipo de mantenimiento
- Horas-hombre y tiempo empleado en el mantenimiento
- Número y nivel de capacitación del personal involucrado
- Repuestos utilizados
- Coste de los consumibles
- Informe y acción correctiva

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

A fin de llevar un control más exhaustivo de las incidencias relativas a la seguridad se ha de considerar un campo que permita identificar aquellas incidencias que, una vez analizadas, se han considerado como incidencias contra la seguridad. Este análisis deberá estar liderado por el equipo de seguridad y deberá considerar además de la relativa a una incidencia 'no relativa a la seguridad' y entre otras, las siguientes:

- Elemento involucrado (producto genérico, aplicación genérica o aplicación específica)
- Implicación del suministrador (si la hubiere)
- Comunicación a la autoridad de seguridad
- Revisión y actualización del *Hazard Log*

Todos los datos relativos a un determinado sistema (objeto técnico), han de estar disponibles durante la vida útil del mismo, de modo que se puedan obtener datos RAMS del mismo hasta su desmantelamiento.

El campo indicará que la actuación de mantenimiento o incidencia ha tenido una revisión para asegurar el cumplimiento de los requisitos de seguridad (*safety*), tanto en la propia instalación en las acciones llevadas a cabo por el mantenimiento como en las circunstancias de utilización de la instalación.

Este campo ha de disponer de 4 posibles valores:

1. **Sin Impacto:** Se pondrá este valor en los avisos en los que se ha efectuado una revisión de seguridad y no se ha detectado ninguna anomalía
2. **Incidencia con impacto:** Se pondrá este valor en los avisos en los que se ha efectuado una revisión de *safety* y se detecte una situación con anomalía debida al comportamiento de la instalación.
3. **Operación con impacto:** Se pondrá este valor en los avisos en los que se ha efectuado una revisión de *safety* y se detecte una situación con anomalía debida a la operación indebida de la instalación.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

4. **Mantenimiento con impacto:** Se pondrá este valor en los avisos en los que se ha efectuado una revisión de *safety* y se detecte una actuación de mantenimiento con anomalía.

### 2.1.10 ACEPTACIÓN Y APOBACIÓN

Los trabajos relacionados con la seguridad deben ser debidamente aprobados por las instancias competentes. Esta autorización debe abarcar todos los aspectos asociados al mantenimiento, incluyendo:

- Estrategia de Seguridad
- Especificaciones y Procedimientos
- Plan de Mantenimiento
- Organigrama y recursos necesarios
- Análisis de resultados y evidencias de seguridad

Esta aprobación, por tanto, es una tarea sistemática que analiza tanto los planes como los resultados de la seguridad en el mantenimiento. Como resultado de esta fase pueden desprenderse decisiones que impliquen la modificación total o parcial del alcance y/o los medios empleados para asegurar la seguridad.

Aún en el caso de evidencias positivas de la seguridad, pueden producirse cambios debidos a modificaciones en la instalación, a nuevas inversiones o a un aumento en el nivel de exigencia social en materia de seguridad. Esto hace que se recorra de nuevo todo el proceso por lo que este ciclo, aún manteniendo las dos ramas descendente (definición) y ascendente (ejecución) debe considerarse un ciclo en forma de bucle tal como se muestra en la Figura 5.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

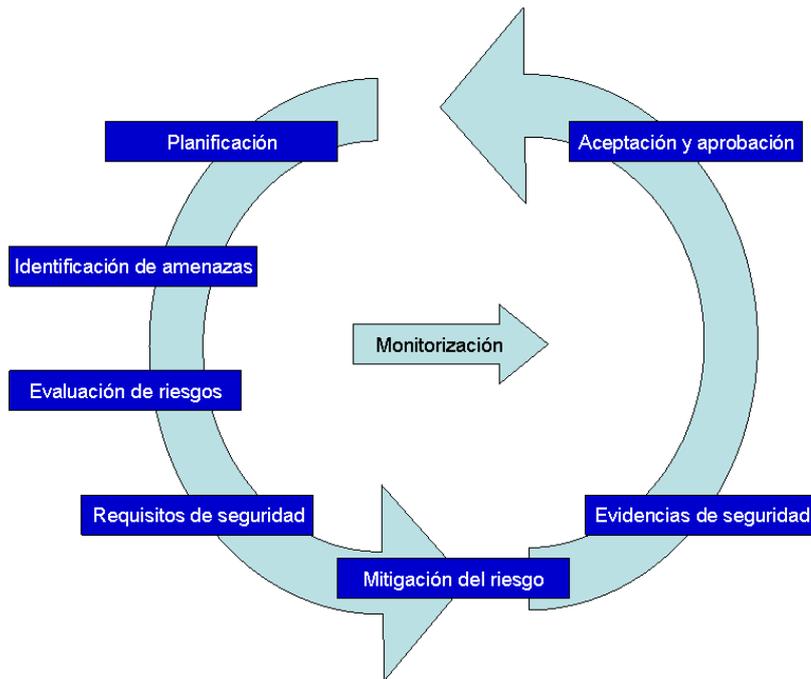


Figura 5. Ciclo de vida del proceso de control del riesgo

### 2.1.11 CULTURA DE LA SEGURIDAD

Como organización responsable del mantenimiento se debe asegurar que todo el personal entiende y actúa acorde al riesgo relacionado con sus actividades y responsabilidades, así como que trabajan en consecuencia para controlarlo. La cultura de la seguridad debe ser promovida en toda la organización de seguridad y se manifiesta en:

- **Cumplir** con estándares y procedimientos
- Hacerlo bien a la primera (*'right first time'*)
- **Rechazo** de malos estándares de trabajo
- **Entendimiento** de riesgos y objetivos
- **Aprendizaje** de incidentes y semi-incidentes para mejorar la seguridad del trabajo y la seguridad general.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

- **Compartir información** de tal modo que el equipo de mantenimiento sea los ojos y oídos necesarios para detectar lo que está mal
- **Actuar** donde se detecte algo mal

Todo el personal debe ser consciente que existe una tendencia natural a relajar la cultura de seguridad debido a la falsa sensación de seguridad que pueden transmitir los trabajos repetitivos y monótonos.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.2 PLAN DE SEGURIDAD

Toda actividad de mantenimiento en la que se vea implicada la seguridad debe realizarse según las directrices de un Plan de Seguridad. Este plan debe establecer un proceso sistemático, predefinido, que implemente las mejores prácticas reconocidas. El Plan de Seguridad debe ser revisado regularmente para su actualización y mejora. Dichas revisiones del plan de seguridad, se deben hacer coincidir con las actualizaciones y planificaciones anuales de mantenimiento.

En la Figura 6 se muestra el proceso a seguir desde la definición de los objetivos de seguridad a nivel de empresa hasta su materialización en órdenes de trabajo concretas de mantenimiento. En dicha figura se resalta el papel que representa el Plan de seguridad dentro del proceso y su influencia sobre los procedimientos de mantenimiento.

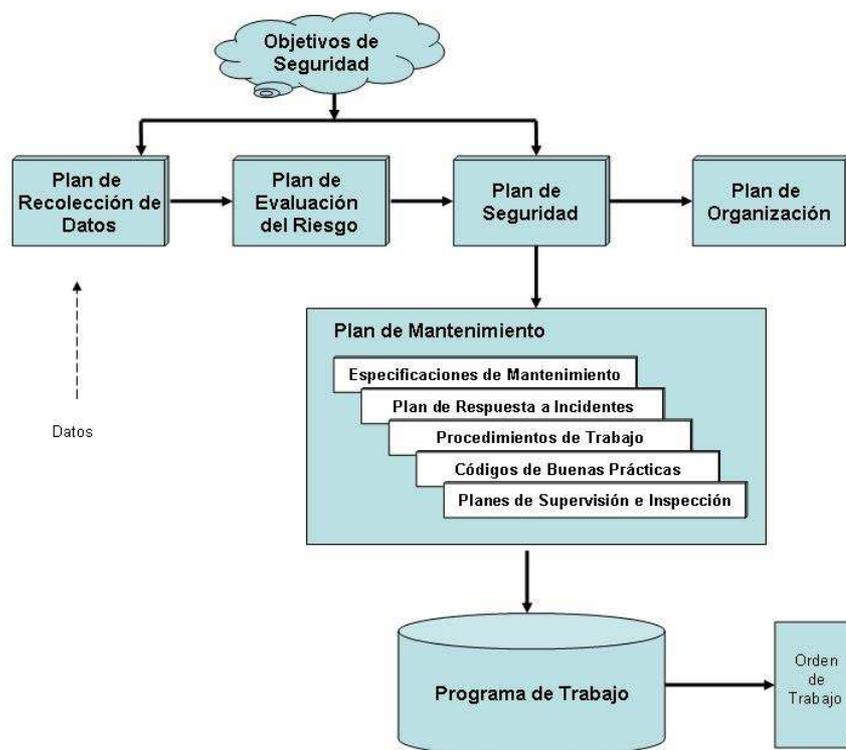


Figura 6. Proceso de planificación del Mantenimiento

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

El Plan de Seguridad para Mantenimiento es en realidad una continuación del Plan de Seguridad desarrollado para un proyecto, reforma o nueva instalación. Sin embargo, dado que frecuentemente dicho plan se limita a las actividades propias del proyecto o reforma hasta que entra en producción, debe revisarse y completarse con las actividades de mantenimiento.

El modo en que se planifique realizar el trabajo influye en el organigrama de mantenimiento.

La planificación es clave para asegurar que todos los sistemas se gestionan de modo que se garantice continuamente su seguridad y funcionamiento. La planificación de la seguridad debe realizarse a todos los niveles y debe tener en cuenta no sólo el sistema incluido en el alcance, sino también todos aquellos otros sistemas que interactúan con él y que pueden ser responsabilidad de otras organizaciones de mantenimiento (p.e. en el caso de un buque con las instalaciones de puerto, sistemas para la carga, suministros, etc.). De este modo se garantiza que no queden áreas sin cubrir por el proceso de mantenimiento.

**Especial cuidado debe tenerse en garantizar la seguridad de los sistemas trabajando en modos degradados.**

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.2.1 ASPECTOS BÁSICOS DEL PLAN DE SEGURIDAD

Un plan de seguridad, del mismo modo que un plan de mantenimiento se debe plantear y definir teniendo en cuenta los siguientes puntos básicos:

1. QUÉ. Describe los trabajos a realizar, incluyendo detalles de las tareas y los registros que deben ser completados.
2. CÓMO. Describe el método, que normalmente se referirá a una especificación o manual.
3. DÓNDE. Describe las ubicaciones donde se realiza el trabajo.
4. CUÁNDO. Describe la periodicidad de los trabajos.
5. QUIÉN. Asigna tareas a personas específicas e identifica los responsables de la comprobación.
6. CON. Describe los recursos necesarios: herramientas, materiales, esquemas, etc.
7. POR QUÉ. Describe la racionalidad del trabajo de tal modo que puedan trazarse con los objetivos de la empresa.

### 2.2.2 LA SEGURIDAD EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO

Los trabajos de mantenimiento deben estar debidamente planificados para cumplir con los objetivos RAMS establecidos y el modo de monitorizar el trabajo. Al aplicar la estrategia de seguridad en el mantenimiento, no se trata de crear un nuevo plan, sino en identificar qué acciones deben ser tenidas en cuenta en la mantenimiento del sistema del que es objeto para garantizar su seguridad.

El Plan de Mantenimiento, debería incluir:

- Especificaciones de Mantenimiento: Define los trabajos de mantenimiento para cada tipo de equipo o subsistema y su periodicidad. Puede basarse en la documentación entregada por los proveedores de los equipos, pero ésta debe ser revisada desde el punto de vista de las condiciones de aplicación y

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

operación definidas en las reglas y procedimientos generales aplicables a la operación segura de sistemas a mantener.

- Plan de actuación ante incidencias: Pasos a aplicar ante los posibles modos de fallo, incluidas las acciones para garantizar la seguridad durante los mismos. Desde el punto de vista de la seguridad, las incidencias con impacto en la seguridad quedarán registradas/tratadas a través del *Hazard Log* o registro de amenazas.
- Procedimientos: Deben definir los trabajos a realizar, los recursos necesarios para su cumplimiento, el perfil de los técnicos y las medidas para garantizar la seguridad de las interfaces (con otros sistemas, con otros trabajos de mantenimiento, con los pasajeros, etc.). Deben ser claros, concisos y acordes al nivel de competencia de los técnicos que lo realizan. Deben incluir los posibles riesgos relacionados con la prevención de riesgos laborales.
- Códigos de Mejores Prácticas: La organización de mantenimiento debe buscar y aplicar las mejores prácticas aplicadas al mantenimiento. Estas prácticas deben incluir tanto las especificaciones de mantenimiento, la planificación del mantenimiento y los métodos de comunicarlos, de modo seguro, a todo el personal implicado. La comprobación del empleo de las mejores prácticas en el trabajo diario y su actualización constante deben ser incluidos en la Planificación de la Seguridad.
- Planes de supervisión e inspección: Una vez decidido el plan de mantenimiento, es necesario asegurar que el trabajo se realiza adecuadamente y que su resultado es eficaz para controlar el riesgo identificado. Esto se puede hacer de dos modos: Supervisando al personal que realiza el trabajo o inspeccionando los trabajos hechos. Debe asegurarse que estas comprobaciones se dirigen a establecer una cultura de “trabajo bien hecho a la primera” a la vez que evitan la cultura de “trabajo corregido por la inspección”. Estas actividades de supervisión e inspección han de ser definidas por el equipo de seguridad conjuntamente a las actualizaciones del plan de mantenimiento.

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.2.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

Es importante planificar el modo de recoger la información de seguridad y disponibilidad de tal modo que se pueda evaluar constantemente si el trabajo está controlando adecuadamente el riesgo o si debe modificarse el modo en que se ha especificado y programado el trabajo de mantenimiento. Este sistema de recolección de datos debe monitorizar:

- Cumplimiento del Plan de mantenimiento.
- Efectividad de las medidas implementadas sobre el riesgo.

Es práctica común establecer registros del estado de los sistemas antes y después del mantenimiento, incluyendo datos como:

- Resultados de las operaciones de ajuste (valores fijados).
- Operaciones de reparación y sustituciones de material.
- Estados degradados encontrados.

En el sistema donde se registra la actividad del mantenimiento se deben incorporar los registros que se desprendan de la aplicación del plan de seguridad para supor parte del

### 2.2.4 GESTIÓN DE VERSIONES Y CAMBIOS

Se deben recoger las versiones y actualizaciones de todos los elementos relacionados con la seguridad o que son necesarios para demostrar la seguridad del sistema, sus versiones, sus interrelaciones y localizaciones, es uno de los elementos básicos en que se soporta el mantenimiento. Dentro de este registro deben considerarse también los documentos y ficheros necesarios para el funcionamiento de los equipos, así como los cursos de formación que deben estar acordes a la configuración real del sistema.

Se debe mantener un sistema de gestión de configuración pro-activo y sistemático. Sólo manteniendo el registro de configuración actualizado y su información disponible es posible dar una respuesta rápida ante un evento que requiera la modificación o re-

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

calibración de algún elemento. Esta política tiene un efecto directo sobre la disponibilidad del sistema en su conjunto.

Un registro de configuración debe identificar:

- Tipo de dispositivo.
- Ubicación y cantidad.
- Estado de modificaciones temporales y ajustes.
- Función.
- Uso particular de cada elemento, en particular cuando el número de operaciones depende del servicio del equipo o del régimen de reemplazo.
- Estado de configuración de los repuestos para asegurar que cuando se usen tienen el tipo y modificación correcto.
- Disponibilidad y ubicación de los repuestos (incluidos los que dependen de proveedores).
- Condiciones de aplicación relacionadas con la seguridad.

Debe tenerse una consideración especial en aquellos casos en que el riesgo asociado al uso de partes incompatibles es muy alto. En estos casos, el estado de la modificación debe ser claramente identificable y deben aplicarse medidas para evitar su conexión por error (p.e. usando un código de pines en los conectores)

El equipo de seguridad debe responsabilizarse de la distribución de la información actualizada a todo el personal que la necesite. Esta equipo debe mantener un registro de cuál es la información actualizada, su versión y localización.

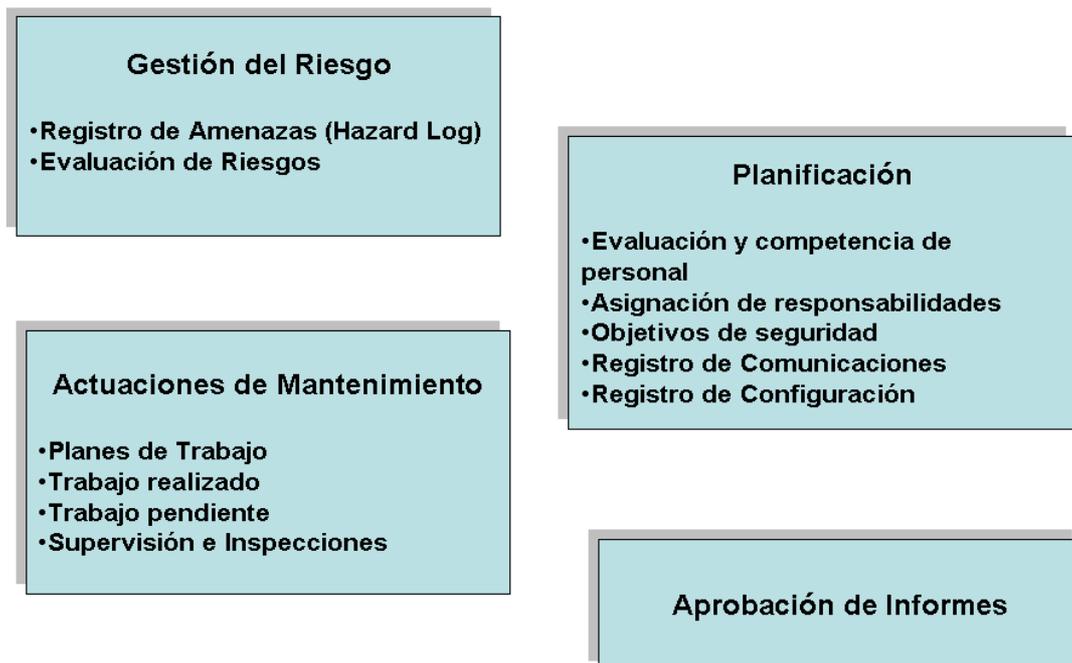
## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 2.2.5 REGISTROS

La organización de mantenimiento debe mantener registros completos y auditables de todas las actividades de mantenimiento que afecten la seguridad. Estos informes son necesarios para:

- Facilitar la toma de decisiones sobre el trabajo realizado de modo seguro y eficiente
- Ser la base para el análisis posterior del mantenimiento y la evaluación de su eficiencia
- Servir de soporte a gestiones legales

En la Figura 7 se muestran los diferentes informes o documentos que pueden implementarse en un sistema de mantenimiento seguro.



*Figura 7. Ejemplos de Informes*

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Es una buena práctica que dichos registros incluyan:

- Riesgo que debe controlarse
- Operaciones de los componentes
- Incidentes y fallos
- Descripción de la organización de mantenimiento
- El proceso de mantenimiento:
  - Tipos de mantenimiento
  - Trabajo de mantenimiento hecho
  - Recursos usados
  - Decisiones tomadas y su justificación
- Comunicaciones (internas y externas)

Los registros deben ser claros, precisos y acordes al objeto de los mismos. Previamente debe saberse qué hacer con cada uno para evitar el mantenimiento de informes innecesarios. Los informes a conservar y la forma de seleccionarlos deben estar acordes a la legislación y las normas aplicables.

Los informes deben revisarse por parte del Equipo de Seguridad para decidir si el riesgo ha sido mitigado a un nivel adecuado o si debe modificarse el modo de hacer las cosas para mejorarlo. Todas las decisiones (ya sean de modificación o no) deben quedar registradas junto con los elementos considerados en su gestión.

Los registros deben estar accesibles en los lugares donde se les necesite y en el formato adecuado. Deben mantenerse copias de seguridad de tal modo que se proteja la información de pérdidas accidentales.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

JAIME ROMERO PÉREZ

### **3 MANTENIMIENTO COMO PROCESO INDUSTRIAL**

#### **3.1 EVOLUCIÓN DE LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO**

El proceso evolutivo del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica para cada una de ellas. En los últimos cincuenta años, el mantenimiento ha sufrido una serie de transformaciones en su filosofía, a principios de la década de los cincuenta, se conocía sólo la práctica de mantenimiento correctivo donde el estándar consistía en reparar los equipos una vez que fallaban. A finales de los 50's los fabricantes introducen recomendaciones de mantenimiento para alargar la vida útil de los equipos, introduciendo con ello el concepto de mantenimiento preventivo.

En los años sesenta, los esfuerzos se orientan a obtener la máxima eficiencia de las maquinas y el mantenimiento se focaliza en extender la vida útil de los equipos y el óptimo de utilización de la capacidad nominal.

En las décadas de los setenta y ochenta, nace en Japón, orientado a las nuevas filosofías de calidad total, el mantenimiento productivo total que se basa en cinco principios fundamentales:

- Incrementar la fiabilidad de los equipos buscando cero fallas (equipos libres de mantenimiento).
- Mantenimiento autónomo, basado en que el operador debe efectuar parte del mantenimiento.
- Prevención del mantenimiento, que implica equipos de trabajo entre las gerencias de ingeniería, proyectos y mantenimiento para prevenir fallas desde el diseño.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

- Adiestramiento centrado en formar mantenedores polivalentes y aplicación de programas de motivación personal.
- Trabajo basado en pequeños grupos, integrados por operadores y mantenedores en la búsqueda de la causa raíz de las fallas de los equipos.

En los años 90 los elementos principales de las filosofías o tendencias como MPT (mantenimiento productivo total), MCC (mantenimiento centrado en fiabilidad) para constituir una filosofía llamada mantenimiento clase mundial (MCM), que sirve como referencia para determinar el nivel de excelencia de las empresas dentro de la disciplina o área de mercado donde se desenvuelve.

### 3.2 FILOSOFÍAS DEL MANTENIMIENTO

A partir de la década de los setenta empezaron a surgir filosofías para la implantación de la función mantenimiento dentro de cualquier organización, es así como en la cultura oriental surge el mantenimiento productivo total y por parte de la cultura occidental nace el mantenimiento centrado en confiabilidad. A continuación se describen algunos de los aspectos asociados a estas dos filosofías.

#### 3.2.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (MCC)

El mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) es una técnica que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias.

A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables. Se puede afirmar que el objetivo del MCC es mejorar la fiabilidad, disponibilidad y productividad de la unidad de procesos, a través de la optimización del esfuerzo y los costos de mantenimiento, disminuyendo las tareas de mantenimiento correctivo y aumentando las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo.

**El mantenimiento centrado en la fiabilidad asegura que se emprendan las acciones correctas de mantenimiento preventivo o predictivo y elimina aquellas tareas que no producen ningún impacto en la frecuencia de fallas.**

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### ▪ Características del MCC

En línea general se pueden listar los siguientes aspectos como características principales del MCC:

- Los sistemas son analizados al detalle
- Se basa en gerencia de equipos
- Las fallas son analizadas desde el punto de vista Causa-Raíz (causa de fallas y su frecuencia)
- Se aplica mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Da alto grado de importancia a la protección integral de las personas, equipos y medio ambiente
- Proporciona relevancia al contexto operativo de los equipos
- No considera al recurso humano como prioritario
- Analiza detalladamente los elementos funcionales de los equipos.

Razones para aplicar el MCC Las siguientes razones impulsan la aplicación del MCC:

- Incremento de la disponibilidad de los activos a bajo costo
- Distribuye efectivamente los recursos asignados tomando en cuenta la importancia de los activos dentro del contexto operacional.
- Estudia los posibles efectos o consecuencias de los modos de falla de los activos, sobre la seguridad, el ambiente y las operaciones.
- Sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes.
- Es flexible porque se adapta a las necesidades reales del mantenimiento de la organización tomando en cuenta la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo-beneficio.

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

- **Pasos para la implantación del MCC.**

Esta metodología hace uso de la herramienta del análisis de modo de falla, efecto y grado crítico que sigue una serie de pasos:

1. Seleccione los sistemas del equipo que sean más importantes para la planta, la instalación, la flotilla o algún otro equipo.
2. Defina el rendimiento o función esperada de este equipo y, por lo tanto, lo que constituye una falla funcional.
3. Identifique las causas fundamentales de la falla funcional.
4. Determine el efecto, para estas causas, en una secuencia de eventos en términos de seguridad, ambiente, producción.
5. Calcular el grado crítico del efecto de dicha función.
6. Emplear un diagrama lógico, para seleccionar la táctica de mantenimiento más apropiada para prevenir la falla.
7. Determinar la acción específica que prevenga la falla funcional y su frecuencia de programación, con base en un análisis de la historia del equipo o mediante la experiencia de expertos apropiados.
8. Si no existe una tarea preventiva que sea apropiada, determine si puede operarse hasta que se presente la falla, si se justifica un rediseño, o si existe una prueba que pueda realizarse para determinar la falla.

### 3.2.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (MPT)

El mantenimiento productivo total es un método que se desarrolló en el sector manufacturero Japonés, comenzando con la aplicación del mantenimiento preventivo al estilo norteamericano y europeo y avanzando hasta la aplicación de los conceptos de la administración de la calidad total y la manufactura justo a tiempo al campo de mantenimiento de los equipos.

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

**Es un enfoque gerencial para el mantenimiento que se centra en la participación de todos los empleados de una organización en la mejora del equipo.**

El Instituto Japonés de Ingenieros de Planta definió el MPT en 1971 con cinco metas claves:

1. Maximizar la eficiencia global de equipo, que incluye disponibilidad, eficiencia del proceso y calidad del producto.
2. Aplicar un enfoque sistemático para la confiabilidad, la factibilidad del mantenimiento y los costos del ciclo de vida
3. Hacer participar a operaciones, administración de materiales, mantenimiento, ingeniería y administración en el control del equipo.
4. Involucrar a todos los niveles gerenciales y a los trabajadores
5. Mejorar el rendimiento del equipo mediante actividades de grupos pequeños y el desempeño del equipo de trabajadores.

La aplicación del MPT garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

- Entre los objetivos principales y fundamentales del MPT se tienen:
- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### ▪ Pasos para implantar la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (MPT)

1. Anunciar la decisión de la alta dirección de introducir el MPT
2. Lanzar una campaña educativa para introducir el MPT.
3. Crear organizaciones para promover el MPT
4. Establecer políticas básicas de MPT
5. Formular un plan maestro para el desarrollo del MPT
6. Mantener el impulso del MPT
7. Mejorar la eficacia de cada equipo
8. Desarrollar un programa autónomo de mantenimiento
9. Desarrollar un programa de mantenimiento programado para el departamento de mantenimiento.
10. Llevar a cabo una capacitación para mejorar las destrezas en operaciones y mantenimiento.
11. Desarrollar un programa eficaz de administración.
12. Perfeccionar la implantación del MPT y elevar sus niveles.

### ▪ Pilares del MPT

Los pilares o procesos fundamentales del MPT sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva.

#### *Pilar 1: Mejoras Enfocadas (Kaizen)*

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global del equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinares, empleando metodología específica y

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

### *Pilar 2: Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)*

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

### *Pilar 3: Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen)*

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

### *Pilar 4: Educación y Formación*

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares MPT y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

### *Pilar 5: Mantenimiento Temprano*

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, Mass Customization o manufactura versátil, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

de fallos, son factores extremadamente críticos. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.

### *Pilar 6: Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)*

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

### *Pilar 7: Mantenimiento en Áreas Administrativas*

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción. El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5'S, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo.

### *Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente*

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### *Pilar 9: Especiales (Monotsukuri)*

Este pilar tiene como propósito mejorar la flexibilidad de la planta, implantar tecnología de aplazamiento, nivelar flujo, aplicar justo a tiempo y otras tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

Beneficios del MPT, los resultados que obtiene una empresa al aplicar el MPT son la excelencia en:

- **Productividad de los equipos:** El MPT busca como meta la reducción a cero de las averías de los equipos, los defectos y los accidentes, esto conduce a un incremento notable en la productividad y la calidad, reduce costos y mejora la rentabilidad.
- **Mejoras corporativas:** La dirección debe incentivar la participación de los trabajadores mediante actividades de mejora en pequeños grupos donde la responsabilidad, el respeto mutuo del grupo y el de la organización sean promovidos, estimulando el compromiso y la colaboración. El MPT promueve un cambio en la organización y en las personas ya que propicia un cambio de mentalidad o cultura hacia una gerencia participativa.
- **Preparación del personal:** La aplicación del MPT requiere de personal con un grado de formación elevado para asumir mayores responsabilidades, por lo que se invierte esfuerzos en elevar los conocimientos y habilidades de los trabajadores para que sean capaces de mantener y mejorar el equipo del que son responsables.
- **Transformación del puesto de trabajo:** Una de las metas del MPT es la de crear un entorno de trabajo sano y agradable. La gestión de la seguridad es una de las piezas claves, el empeño por lograr cero averías y cero defectos evita equipos defectuosos que son fuente común de riesgos. Esto se logra por un lado con el entrenamiento y capacitación del personal y por otro con la aplicación de los principios de las "5S".

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 3.2.3 MANTENIMIENTO DE CLASE MUNDIAL (MCM)

El mantenimiento en este nuevo siglo, continua con la orientación alcanzada en la década de los años noventa, conocida con el nombre de mantenimiento de clase mundial, filosofía que agrupó una serie de tendencias desde el mantenimiento productivo total, pasando por mantenimiento centrado en confiabilidad y finalmente conceptos de gerencia del riesgo, fundamentándose en darle la importancia e incidencia del mantenimiento dentro de las estrategias del negocio, elevándolo a un nuevo concepto que toma en cuenta la siguiente orientación: Valor, enfoque de calidad, cambio Cultural y gerencia de la Incertidumbre.

- En el primer aspecto mencionado, destaca un cambio en el manejo presupuestario y financiero, y refiere que el mantenimiento debe ser visto aportando valor a la corporación y no solamente como un costo variable, sino contribuyendo a los ingresos mediante la optimización de los activos.
- El segundo aspecto se refiere a los focos de calidad, destacando la importancia de ver el mantenimiento, no sólo para organizar y mantener el proceso, sino para asegurar la calidad del mismo dentro de sus políticas, alineando a los suplidores en la misma orientación.
- El tercer aspecto señala la necesidad de involucrar a los empleados del proceso en las decisiones a través de la integración de equipos naturales de trabajo, estableciendo los objetivos de éstos con los de la corporación. Destaca adicionalmente, que el mantenimiento básico sea efectuado por el operador, logrando dentro de la organización cambios culturales.
- El cuarto aspecto se maneja la evaluación de políticas relacionadas con mantenimiento, frecuencias o ciclos, niveles de inventario mediante los conceptos de gerencia de riesgo e incertidumbre.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

La definición de mantenimiento de clase mundial ha venido evolucionando con el tiempo siendo la más acertada:

### **Mantenimiento sin desperdicio**

El mantenimiento de clase mundial puede lograrse mediante la adaptación a las circunstancias de las mejores prácticas en todas las áreas y mediante la aplicación de los factores clave de éxito de una operación individual.

Este razonamiento enfoca a ver el mantenimiento como un proceso de negocios, más que como una función o departamento, donde el personal del mantenimiento tiene un papel importante, pero de igual manera también el operador, el empleado del almacén y el ingeniero. El aspecto principal de esta filosofía es el cambio cultural de las organizaciones que lleva a aumentar la autoestima del personal de mantenimiento al establecer la conexión cierta con elementos que generan valor al negocio, y el conocimiento del nivel del impacto de las decisiones en el mismo, adicional a la comprensión y entendimiento de la importancia que tiene. Una vía para asegurar esto consiste en involucrar a los operadores de producción en el diseño de los planes de mantenimiento a objeto de asegurar la alineación de factores en conflicto vinculados con los objetivos de producción, versus el efecto generado por los tiempos de parada para acometer las acciones de mantenimiento.

### **3.2.4 OTRAS TENDENCIAS**

- **Las 5 “S”**

El método de las 5 “S”, así denominado por la primera letra (en japonés) de cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

- Seiri: Organización. Separar innecesarios: Es la primera de las cinco (5) fases, consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.
- Seiton: Orden. Situar necesarios: Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos. En esta etapa se pretende organizar el espacio de trabajo con objeto de evitar tanto las pérdidas de tiempo como de energía.
- Seisō: Limpieza. Suprimir suciedad: Una vez el espacio de trabajo está despejado (Seiri) y ordenado (Seiton), es mucho más fácil limpiarlo (Seisō). Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo. El incumplimiento de la limpieza puede tener muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el mal funcionamiento de la maquinaria.
- Seiketsu: Mantener la limpieza, estandarización o señalar anomalías: Consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos. A menudo el sistema de las 5" S" se aplica sólo puntualmente. Seiketsu recuerda que el orden y la limpieza deben mantenerse cada día. Para lograrlo es importante crear estándares.
- Shitsuke: Disciplina o seguir mejorando: Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas. Esta etapa contiene la calidad en la aplicación del sistema 5S. Si se aplica sin el rigor necesario, éste pierde toda su eficacia. Es también una etapa de control riguroso de la aplicación del sistema: los motores de esta etapa son una comprobación continua y fiable de la aplicación del sistema 5S (las 4 primeras 'S' en este caso) y el apoyo del personal implicado.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### ▪ EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE)

Persigue mejorar la eficacia con la que operan los equipos de producción y en consecuencia esto incrementa la eficiencia del sistema de producción. Las posibles mejoras estarán basadas en la eliminación o disminución de las pérdidas, para lo cual deberán implementarse medidas que potencien el rendimiento de los equipos. Una medida útil para determinar si se está en el camino hacia la eliminación de las pérdidas es conocer la eficiencia global con que los equipos trabajan, este indicador es llamado OEE por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness).

La ventaja del OEE es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Se dice que engloba todos los parámetros fundamentales, porque del análisis de los tres factores que forman el OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas).

Hoy en día se ha convertido en un estándar internacional, el OEE resulta de multiplicar los factores: disponibilidad, eficiencia y calidad:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

La OEE considera 6 grandes pérdidas:

1. Por paradas/averías
2. Por configuración y ajustes
3. Por paradas cortas
4. reducción de velocidad
5. Rechazos por puesta en marcha
6. Rechazos de producción

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

Cada una de estas pérdidas producen tres tipos de efecto: tiempos muertos, caídas de velocidad y defectos. Las dos primeras grandes pérdidas, paradas/averías y ajustes, afectan a la Disponibilidad. Las dos siguientes grandes pérdidas; paradas cortas y reducción de velocidad, afectan al Rendimiento y las dos últimas grandes pérdidas afectan a la Calidad. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

JAIME ROMERO PÉREZ

## **4 MODELO DE APLICACIÓN**

La aplicación del modelo de gestión del mantenimiento propuesto en este trabajo, consiste en desplegar para uno de los procesos identificados como clave las diferentes actividades, documentación, instrucciones etc. en cada una de las etapas del proceso.

Todas las tareas de mantenimiento de un mismo servicio, departamento... así como con el resto de unidades de la organización que son responsables del mantenimiento, deben seguir la misma estructura ya que uno de los principales objetivos del modelo es la estandarización en la forma de trabajar.

Como ejemplo de aplicación se estudiará el desarrollo del modelo para el Mantenimiento Preventivo.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 4.1 PRIMERA ETAPA, PLANIFICAR

Según el modelo, en esta etapa se deben identificar las actividades, definir las entradas instrucciones, registros y asignar responsabilidades.

¿QUÉ?		¿CÓMO?			¿QUIÉN?				
Actividades del proceso	Inputs	Instrucción	Output: Registro o evidencia de la actividad realizada	Dtor. Mantenimiento	Responsable de Unidad	Oficina Técnica	Mandos de Turno	Técnicos / Operarios	
PLANIFICAR	Definición del plan de mantenimiento preventivo anual	Instrucciones del fabricante Recomendaciones de los proveedores Experiencia Riesgos Exportados Safety Case Normativa legal-PRL		Formato del plan de mantenimiento en curso	A	R	S	S	
	Planificación anual de las actividades Planificación del Plan de Calidad	Criterios de Programación Cuadro de cobertura del personal Formato del plan de mantenimiento en curso	Pauta del Plan de Calidad	Formato Carga del Plan	I	A	R	S	C
	Programación del Plan de Mantenimiento Generar OT Actualizar Hojas de Ruta Gestión de incompatibilidades	Formato Carga del Plan		Formato Plan de Mantenimiento	I	A	R		

*Tabla 8. Actividades de planificación.*

Partiendo de la documentación inicial de los sistemas a mantener, junto con al conocimiento que nos aporta la experiencia en mantenimiento y las consideraciones del dossier de seguridad del sistema, se elabora el documento del plan de mantenimiento.

Este documento debe considerar los distintos sistemas a mantener, para cada uno de ellos incluirá la lista de operaciones del preventivo y las periodicidades.

En cuanto a la pauta del plan de calidad, para cada sistema a mantener se debe asignar un nivel de control de calidad, estos niveles son: revisión de datos, muestreo, visita guiada y auditoria de calidad. Cada uno de estos niveles requieren de una hoja de ruta con las operaciones a realizar en el control y una programación de las revisiones.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 4.2 SEGUNDA ETAPA, REALIZAR

¿QUÉ?		¿CÓMO?		¿QUIÉN?			
Actividades del proceso	Inputs	Instrucción	Output: Registro o evidencia de la actividad realizada	Dor. Mantenimiento Responsable de Unidad	Oficina Técnica	Mandos de Turno	Técnicos / Operarios
REALIZAR	Asignación de actividades	Ordenes de Trabajo	Registro OT Preventivo asignada	I	S	R	A
	Ejecución del Plan de Man según las OT	Registro OT Preventivo asignada	Instrucciones operativas de mantenimiento Hoja de Revisión Notificación de operaciones		I	C	A R
	Ejecución del control de calidad	Notificación de Operaciones en OT	Pauta Plan de Calidad Registro del Control de Ccaliad	I	A	R	S

Tabla 9. Actividades de realización.

En esta etapa, para la realización de las revisiones de mantenimiento necesitamos los órdenes de trabajo con la fecha fijada. De la asignación de OT hay que mantener un registro así como de las hojas de revisión y la notificación de las operaciones realizadas.

Hay que disponer de lo mismo para el control de calidad las revisiones de mantenimiento preventivo.

Es necesario disponer de instrucciones operativas de mantenimiento donde se describan las operaciones, medidas y ajustes a realizar en la revisión preventiva. El formato de estas instrucciones debe estar estandarizado para todos los sistemas.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 4.3 TERCERA ETAPA, COMPROBAR

¿QUÉ?		¿CÓMO?		¿QUIÉN?				
Actividades del proceso	Inputs	Instrucción	Output: Registro o evidencia de la actividad realizada	Dtor. Mantenimiento	Responsable de Unidad	Oficina Técnica	Mandos de Turno	
COPROBAR	Seguimiento de planificación	Formato de Plan de Mantenimiento		Tabla Resumen de actividad preventiva realizada	I	A	R	S
	Seguimiento de planificación del Plan de Calidad	Formato de Plan de Calidad		Tabla Resumen de Control de Calidad	I	A	R	S
	Análisis Mensual	Tablas de actividad reventiva Tablas de control de calidad Correctivo		Informe mensual del mantenimiento	I	R	S	
	Análisis de resultados globales	Tablas de actividad reventiva Tablas de control de calidad Recursos (absentismo) Resultados i ratios de correctivo		Informe trimestral del mantenimiento	A	R	S	

*Tabla 10 . Actividades para la comprobación.*

Partiendo de la programación del mantenimiento preventivo y los controles de calidad, obtenemos tablas de controles realizados frente a los programados.

Con los datos de preventivo, control de calidad, se realizan los informes periódicos.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

### 4.4 CUARTA ETAPA, MEJORAR

¿QUÉ?		¿CÓMO?			¿QUIÉN?				
Actividades del proceso	Inputs	Instrucción	Output: Registro o evidencia de la actividad realizada	Dtor. Mantenimiento	Responsable de Unidad	Oficina Técnica	Mandos de Turno	Técnicos / Operarios	
MEJORAR	Mejorar el Plan	Informe Trimestral Plan de mantenimiento Modificaciones tecnológicas		Plan de Acciones	I	A	R	S	S
	Modificación del Plan	Formato de Plan de Mantenimiento		Formato Plan modificado	A	R	S	S	S
	Comunicación de las modificaciones	Formato Plan modificado		Actas de reuniones de Seguimiento			I	R	A

*Tabla 11. Actividades de mejora..*

Según los resultados de los Informes i los ratios de cumplimiento del preventivo y de de correctivo, se propone un plan de acciones.

El objeto del plan de acciones es modificar el Plan de Mantenimiento actual.

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

JAIME ROMERO PÉREZ

### **5 CONCLUSIONES**

El despliegue del modelo presentado en este trabajo para una organización de mantenimiento, además de servir de punto de partida para estandarizar la forma de la que se quiere trabajar, sirve para hacer un ejercicio de estudio de qué trabajos se están haciendo y si esta resulta la más conveniente según los objetivos de eficiencia y aportación de valor añadido requeridos.

En ocasiones, tanto las acciones como las periodicidades en la que estas se realizan son consecuencia de modelos antiguos de organización sin considerar con las necesidades de explotación actuales de la instalación.

Más común es no considerar al mantenimiento como un conjunto de procesos, que deben estar necesariamente interrelacionados entre si, tanto los propios del mantenimiento que se han definido como clave por su naturaleza, como de los definidos como estratégicos o de apoyo. El problema de no tener esta visión de conjunto, lleva muchas veces a considerar las necesidades de planificación del presupuesto, cumplimiento de normativa en materia de PRL, requisitos de seguridad, etc. como temas ajenos al mantenimiento que entorpecen la ejecución de los trabajos en lugar de tomarlos como referencia guía o apoyo. La visión matricial del conjunto de procesos que propone el trabajo sirve para reflexionar sobre la necesidad de interacción de todos ellos.

Analizando las distintas actividades del modelo de gestión en el ejemplo de proceso desplegado, se observa que raramente se están incluyendo nuevas tareas a realizar ya que todas las entradas y salidas del proceso corresponden a los trabajos comunes en cualquier departamento de mantenimiento, básicamente se propone un formato pautado para la documentación disponible tanto de inicio como en la presentación de informes. La secuencia de actividades agrupada en etapas y programadas en un calendario facilita la posibilidad de analizar y aplicar las mejoras que se consideren de cada proceso.

JAIME ROMERO PÉREZ

## MODELO DE GESTIÓN Y SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO

En cuanto a la gestión de la seguridad, los dos apartados del capítulo, destacan la importancia que tienen los temas que intervienen en materia de seguridad como fuente para la elaboración de las actuaciones de mantenimiento ya sea en las instrucciones de correctivo como en la elaboración de los planes de preventivo, tanto en la lista de operaciones a realizar como en las periodicidades.

Por todo ello, las acciones de mitigación de riesgos asociados a los fallos contra la seguridad como consecuencia de los riesgos exportados de un proyecto o como resultado de una auditoría en materia de seguridad deben comunicarse a mantenimiento.

En la consideración del mantenimiento como proceso industrial, destaca la evolución de los modelos que se aplican ya que el mantenimiento dentro de la actividad empresarial es una unidad más de negocio por lo que también está sujeto a los criterios de objetivos, productividad y seguridad de la empresa.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

[www.yellowbook-rail.org.uk](http://www.yellowbook-rail.org.uk) (marzo 2012)

CRESPO, ADOLFO; MOREU, PEDRO; SANCHEZ, ANTONIO. *Ingeniería de mantenimiento: Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos*. 2004

CRESPO, ADOLFO. *The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintained*. Springer series in reliability engineers. 2007

GONZALEZ, FRANCISCO JAVIER. *Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión*. Ed. Fundación Confemetal Madrid. 2010.

REY, FRANCISCO. *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Fundación Confemetal. Madrid. 2001