

SEMINARIO PRESENCIAL

PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

CASOS DE APLICACION

ING. ROBERT CASTILLO



▶▶ WWW.GICAINGENIEROS.COM

GICA
INGENIEROS



SEMINARIO

PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Casos de aplicación para industria y minería

3.- BALANCED SCORECARD E INDICADORES EN MANTENIMIENTO



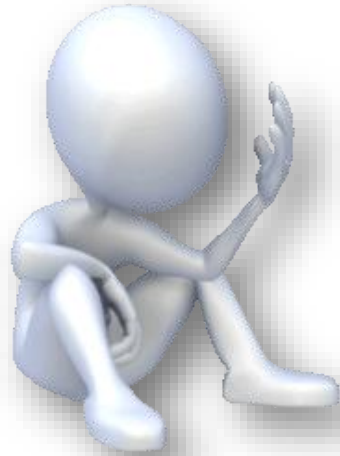


CONTENIDO:

3.- BALANCED SCORECARD E INDICADORES EN MANTENIMIENTO

- 3.1.- BENCHMARKING en Mantenimiento
- 3.2.- Mapa Estratégico en Mantenimiento
- 3.3.- Balanced Scorecard en Mantenimiento
- 3.4.- Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341
- 3.5.- Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales
- 3.6.- Calculo tiempo medio para reparar - MTTR
- 3.7.- Calculo tiempo medio entre fallas - MTBF

¿Qué es un indicador?



* Al ser comparada con algún nivel de referencia, puede señalar alguna desviación para tomar las acciones correspondientes.

DISPONIBILIDAD FÍSICA:

$$D = \left(\frac{\text{Horas Calendario Total} - \text{Horas de Detención Total}}{\text{Horas Calendario Total}} \right) \times 100$$

DISPONIBILIDAD MECÁNICA:

$$D = \left(\frac{\text{Horas Calendario Total} - \text{Horas de Detención Mecánicas}}{\text{Horas Calendario Total}} \right) \times 100$$

DISPONIBILIDAD CONTRACTUAL:

$$D = \left(\frac{\text{Horas Calendario Total} - \text{Horas de Detención Contractual}}{\text{Horas Calendario Total}} \right) \times 100$$

UTILIZACIÓN (U%)

$$U (\%) = \left(\frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Horas Calendario Total}} \right) \times 100$$



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

¿QUE ES EL BENCHMARKING?

TIEMPO MEDIO ENTRE DETENCIONES (MTBS)

$$\text{MTBS (horas)} = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Número de Detenciones}}$$

Máquina/Modelo	MTBS
785/793 LOHT	60 - 80 hrs
D10/D11 TTT's	55 - 75 hrs
992/994 WK	55 - 75 hrs
24 MG	55 - 75 hrs
16 MG	95 - 105 hrs
5000 HEX	55 - 75 hrs
769/777 OHT	65 - 78 hrs
797 OHT	45 - 54 hrs

Tabla. Directrices para máquinas de minería



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

TIEMPO MEDIO ENTRE DETENCIONES (MTBS)

MTBS	Evaluación / Características
50 - 60 hrs	Excelente alto % de tiempo de inactividad programado. Organización de gestión del equipo proactivo
40 - 50 hrs	Aceptable. La mayoría del tiempo de inactividad está programado. Énfasis sustancial en la gestión de equipos.
30 - 40 hrs	Marginal. Aproximadamente la mitad del tiempo de inactividad está programado, Gestión de equipos no es totalmente funcional.
20 - 30 hrs	Regular. < 40 de la inactividad está programada. Gestión de equipos es mínima.
< 20 hrs	Pobres. Sólo las PM están programadas. Gestión de Equipos es puramente reactiva.

Tabla. Rendimiento del sitio a través de los rangos de MTBS



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (MTTR)

$$\text{MTTR (horas)} = \frac{\text{Total horas de detención}}{\text{Número de Detenciones}}$$

Máquina/Modelo	MTTR
785/793 LOHT	3 - 6 hrs
769/777 OHT	2.7 - 5.4 hrs
797 OHT	3.3 - 6.6 hrs
24 MG	3.9 - 7.8 hrs
5000 HEX	4.2 - 7.8 hrs



Tabla. Directrices para máquinas de minería



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD (A%)

$$A (\%) = \left(\frac{MTBS}{MTBS+MTTR} \right) \times 100$$

Máquina/Modelo	Índice de Disponibilidad (A)
785/793 LOHT	92% (flota nueva) - 88% (flota madura)
769/777 OHT	94% (flota nueva) - 90% (flota madura)
797 OHT	90% (flota nueva) - 86% (flota madura)
24 MG	88% (flota nueva) - 84% (flota madura)
16 MG	94% (flota nueva) - 90% (flota madura)
5000 HEX	88% (flota nueva) - 84% (flota madura)

Tabla. Benchmarking Índice de Disponibilidad



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

PORCENTAJE TIEMPO DETENCIONES PROGRAMADAS (STW)

$$STW (\%) = \left(\frac{\text{Horas programadas de detención}}{\text{Total horas de detenciones}} \right) \times 100$$

Máquina/Modelo	Porcentaje Tiempo Detenciones Programadas (STW)
785/793 LOHT	80%



Tabla. Directrices para equipos de minería



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

RELACIÓN DE MANTENIMIENTO (RM)

$$RM = \left(\frac{\text{Horas hombre, mantencion y reparacion}}{\text{Horas de operacion}} \right) \times 100$$

Máquina/Modelo	MR
785/793 LOHT	0.20 (nueva) - 0.30 (madura)
D10/D11 TTT's	0.40 - 0.50
992/994 WK	0.35 - 0.45
24 MG	0.15 - 0.20
16 MG	0.10 - 0.15
5000 HEX	0.50 - 0.60

Tabla. Directrices equipos de minería



3.1 BENCHMARKING en Mantenimiento

RELACIÓN DE MANTENIMIENTO (RM)

MR	Evaluación / Características
0.30 - 0.35	Excelente. alto % de tiempo de inactividad programado: Equipo de Gestión, organización es altamente proactivo.
0.35 - 0.40	Aceptable. La mayoría del tiempo de inactividad está programado.
0.40 - 0.50	Marginal. Aproximadamente la mitad de todo tiempo de inactividad está programado: Equipo de Gestión, disciplinas no totalmente funcionales.
0.50 - 0.60	Regular. < 40% el tiempo de inactividad está programado; un mínimo esfuerzo de equipo.
> 0.60	Escasa. Sólo las PM están programadas: Equipo de Gestión, organización es puramente reactiva.



Tabla. Rendimiento del sitio a través de los rangos de MR



3.2 Mapa Estratégico en Mantenimiento

INTRODUCCIÓN

PROCESO DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Definición de la estrategia

Implementación de la estrategia

En cuanto a la definición de los objetivos de mantenimiento y los indicadores clave de rendimiento - KPI's, es común que los objetivos operativos y la estrategia, así como las medidas de desempeño, se pueden definir mediante la introducción del cuadro de mando integral o BSC.



3.2 Mapa Estratégico en Mantenimiento

Sistema de mediciones

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Resultado obtenido}}{\text{Medios utilizados}}$$



dentro del Cuadro de Mando Integral para el Mantenimiento

Rendimiento = resultado del esfuerzo aplicado para obtener una salida deseada dentro de un esquema de tiempo deseado



3.2 Mapa Estratégico en Mantenimiento

El sistema de medición destaca el nivel de mejoras que es requerido para cambiar desde el estado actual del nivel de rendimiento al estado del nivel deseado de rendimiento. Para que un sistema de medición sea exitoso es necesario conocer:

que el nivel deseado de rendimiento esté dado en términos cuantificables.

como el nivel actual de rendimiento es capaz de ser determinado.

que acciones pueden tomarse para mejorar el rendimiento desde el nivel actual al nivel de rendimiento deseado



3.2 Mapa Estratégico en Mantenimiento Sistema de mediciones

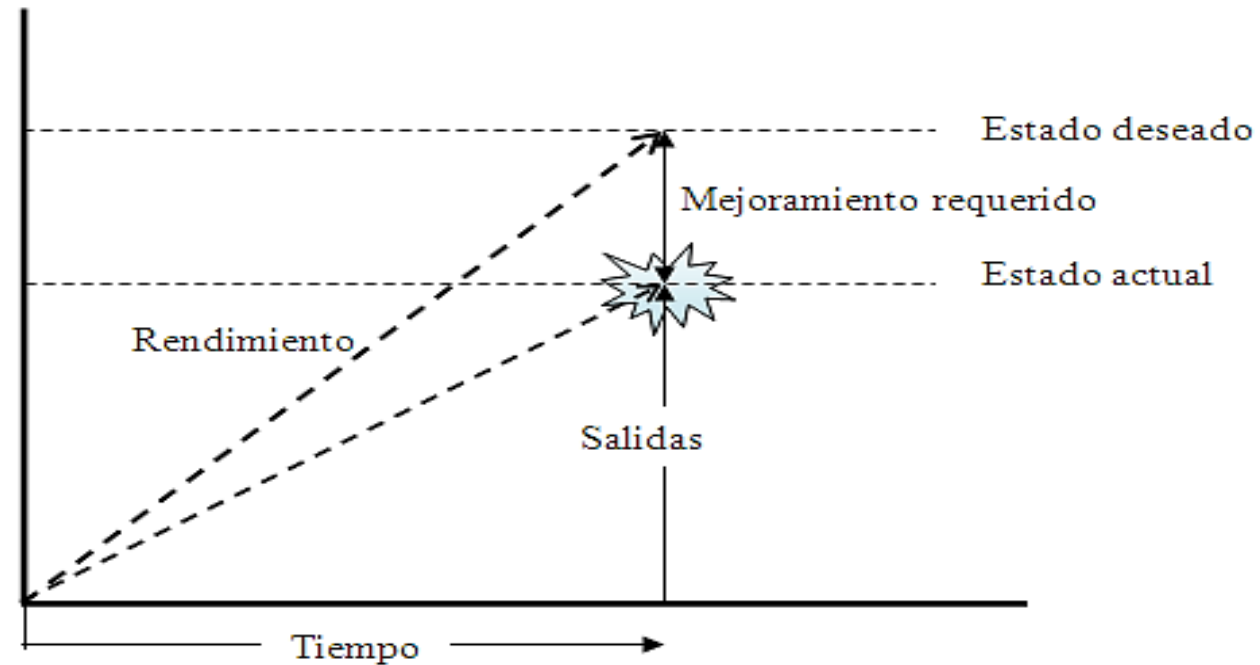


Fig. 1: Sistema de medición del rendimiento

3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

El BSC es un modelo de gestión que ayuda a las organizaciones a transformar la estrategia en objetivos operativos, que a su vez constituyen la guía para la obtención de resultados de negocio y de comportamientos estratégicamente alineados de las personas de la compañía.

Por tanto el BSC nos va a proporcionar una estructura, un marco, para formular e implantar la estrategia, y acercarla al día a día de todos los empleados.
Además, permite alinear comportamientos, ya que todos sabrán qué es y qué no es importante para hacer realidad la estrategia de la organización.

El BSC nos permite transformar la estrategia en acción mediante la definición de objetivos, indicadores, metas e iniciativas a seguir en cuatro perspectivas básicas. Perspectiva financiera, perspectiva de clientes, perspectiva de procesos internos, y perspectiva de aprendizaje y crecimiento

Fuente: Estrategia de la visión a la acción – Juan Carrion Maroto



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

El BSC permite controlar el avance de la actividad, identificar las causas que generan las desviaciones y abordar las medidas necesarias para corregirlas. Los indicadores del BSC se definen en función de la actividad, no en términos contables o financieros, incorporando todos los factores críticos en los resultados de la actividad, aunque sean intangibles.

Fuente: El plan estratégico en la practica – Jose Maria Sainz de Vicuña Ancín

El Cuadro de mando integral (CMI) ó BSC permite clarificar y traducir la visión estratégica, comunicar la estrategia a todos los miembros de la organización, planificar y establecer objetivos y finalmente, facilitar la formación (aprendizaje) y feedback estratégico (control).

Fuente :Estrategia de la visión a la acción – Juan Carrion Maroto



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento



Cuadro de Mando Integral – Kaplan R. y Norton D



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Implementando el cuadro de mando para mantenimiento



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Seleccionando las perspectivas

La estructura en métricas es mejor representada por indicadores de nivel corporativo, indicadores de nivel estratégico y por último indicadores de nivel funcional



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Seleccionando las perspectivas

Este proceso entrega muchos beneficios, sin embargo, los más importantes son:

- Facilitar la creación de objetivos corporativos o niveles deseados de rendimiento.
- Facilitar la medición del actual nivel de rendimiento.
- Proveer un medio para focalizar a la organización en las iniciativas de mejoramiento que son necesarias para alcanzar las metas y objetivos corporativos.
- Permitir un análisis fácil e informado de cualquier desviación desde lo planificado para alcanzar el nivel deseado de rendimiento.

3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Seleccionando las perspectivas

Una definición muy usada para el objetivo de mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada,

Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa,

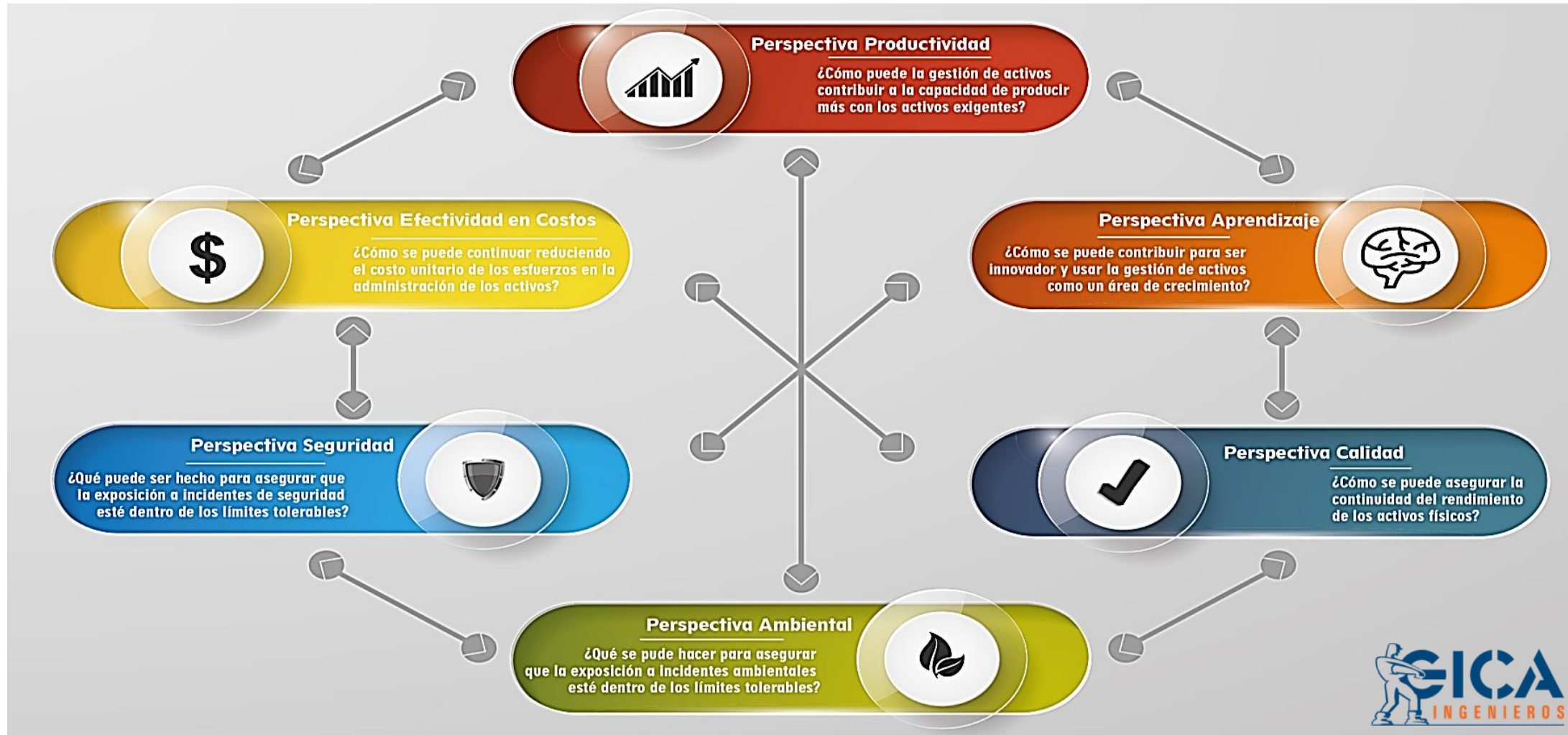
Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente, y

Maximizar el beneficio global.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Un modelo para el cuadro de mando integral para el mantenimiento



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Perspectiva Productividad

Los cambios en el entorno empresarial se caracterizan por una fuerte competencia en el lado de la oferta y la volatilidad de las necesidades y aumento de la demanda del cliente en el lado de la demanda.

Ante la fuerte competencia global, las empresas están bajo gran presión para mejorar sus competencias y crear valor a los clientes y mejorar la rentabilidad de sus operaciones de forma continua.

Con la tendencia de la producción JIT, de manufactura flexible y ágil, es vital que se integre al mantenimiento en la estrategia empresarial para asegurar la disponibilidad de equipos, productos de calidad, entregas a tiempo y precios competitivos.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Perspectiva Seguridad

La evaluación del riesgo laboral se ha basado tradicionalmente en la identificación de los peligros en el lugar de trabajo.

Este nuevo escenario plantea desafíos, como ser, la colaboración entre el prestador de servicios y sus clientes para la generar condiciones efectivas de seguridad para los trabajadores en las instalaciones del cliente.

En el CMIM se pueden usar diferentes aproximaciones para determinar un nivel de tolerancia desde el principio del proceso. De esta manera se crea un perfil de aceptación del riesgo y se usa para administrar las decisiones claves a través de la gestión de los activos.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Perspectiva Calidad

Para reducir el número de unidades defectuosas producidas, se puede tratar las acciones desde dos enfoques:

Realizar el mantenimiento preventivo de rutina en el equipo de producción que es para mantener la máquina en buen estado (el estado bajo control).

Enfoque basado en la teoría de control de calidad estadístico para relacionar las causas que hacen de una unidad producida sea considerada defectuosa.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Perspectiva Calidad

El propósito de esta perspectiva es investigar la estructura y propiedades de las políticas de mantenimiento preventivo en los procesos de producción (equipos) que están sujetos tanto a deterioro de la calidad como de fallas. Más específicamente, desarrollar, analizar y optimizar un modelo económico para el mantenimiento preventivo en la siguiente configuración:

Hay dos estados calidad posible durante la operación (un estado en el control y otro fuera de control).

La tasa de fallas depende tanto del estado de la calidad del proceso y la edad del equipo.

El funcionamiento de cualquiera de los estados de calidad genera ingresos, que son superiores en el estado bajo control.

Los tiempos de inactividad económicamente no son despreciables.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Perspectiva Ambiental

Una falla de relativa magnitud en la instalación de la planta puede ser el peor problema que podría ocurrir durante la vida útil productiva.

Esta falla también podría tener graves repercusiones sobre la seguridad para la producción y protección del medio ambiente.

En consecuencia, para minimizar el riesgo de accidentes en la planta y centrar el foco en la protección del medio ambiente, es importante mejorar la eficiencia del mantenimiento de la planta, tener un sistema de información completo para la gestión del mantenimiento, y profundizar los conocimientos profesionales y técnicos en la planta.

3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento Perspectiva Ambiental



La evaluación, gestión y comunicación de riesgo constituyen el proceso de análisis de riesgos.

Las instalaciones reales no pueden ser diseñadas y operadas bajo la suposición "sin riesgo". Se reconoce que un cierto nivel de riesgo debe ser aceptado y esos niveles aceptables de riesgo deben ser definidos.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento Perspectiva Aprendizaje

En la actualidad existe la necesidad de centrar fuertemente la atención en el desarrollo del aprendizaje de los individuos y organizaciones que les permitan competir con éxito en entornos de operaciones dinámicos, junto con el uso y posterior desarrollo de equipos y estructuras de proyecto para el mejoramiento y la innovación y así lograr los objetivos organizacionales.

El aprendizaje es una variable estratégica clave y por eso la Gestión de Activos debe centrarse en que ese aprendizaje continuo esté volcado principalmente en el manejo cuidadoso de los procesos internos, junto con los procesos relacionados con el mantenimiento, en particular mediante la mejora de su eficiencia y eficacia, que son hoy más necesarios que nunca.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Perspectiva efectividad en costo

Para guiar la introducción de mejoramientos en el mantenimiento en vista de mejorar la eficiencia en el costo del proceso de manufactura hay que tener los medios para medir el impacto de cómo la inversión en el mantenimiento se transfiere al conocimiento técnico, de cómo este conocimiento impacta en la producción, calidad y el ciclo de vida del equipo. Además hay que evaluar cómo este mayor conocimiento técnico impacta en el aspecto financiero.



3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Alineando los objetivos corporativos

El alineamiento de los objetivos permite una visión de la causalidad entre los objetivos, esto es, cuales objetivos contribuyen y tiene una sinergia hacia los otros.

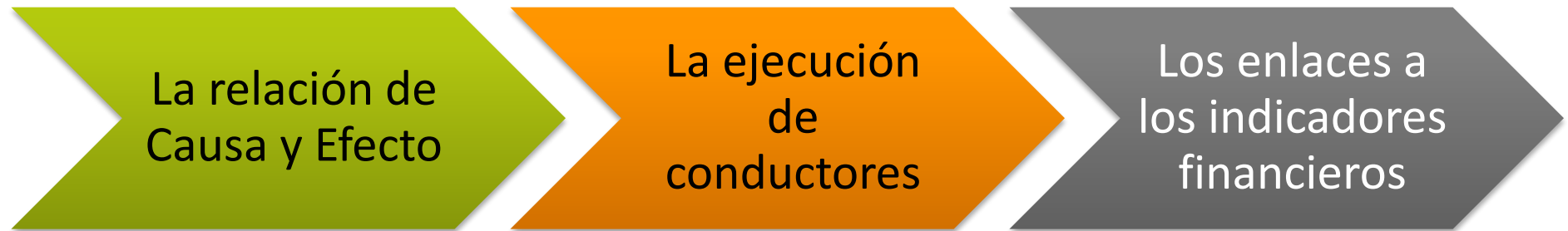
Cada CMIM puede tener varios temas para las estrategias dependiendo de la estructura de la compañía.

Cada vez que una estrategia es definida, puede haber uno o más indicadores claves de eficiencia para cada tema. Si todos los indicadores están relacionados y dan soporte a un indicador dominante, entonces este se transforma en el indicador clave (KPI) para el tema de la estrategia.

3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento

Alineando los objetivos corporativos

Un objetivo clave de un CMIM es que pueda reconstruir la historia de la estrategia de la organización. Tres criterios ayudan a determinar si este objetivo se ha logrado:



Relaciones de un sistema estratégico de mediciones integrado





3.3 Balanced Scorecard en Mantenimiento Desarrollando las estrategias

Procedimiento para elaborar un mapa estratégico





SEMINARIO

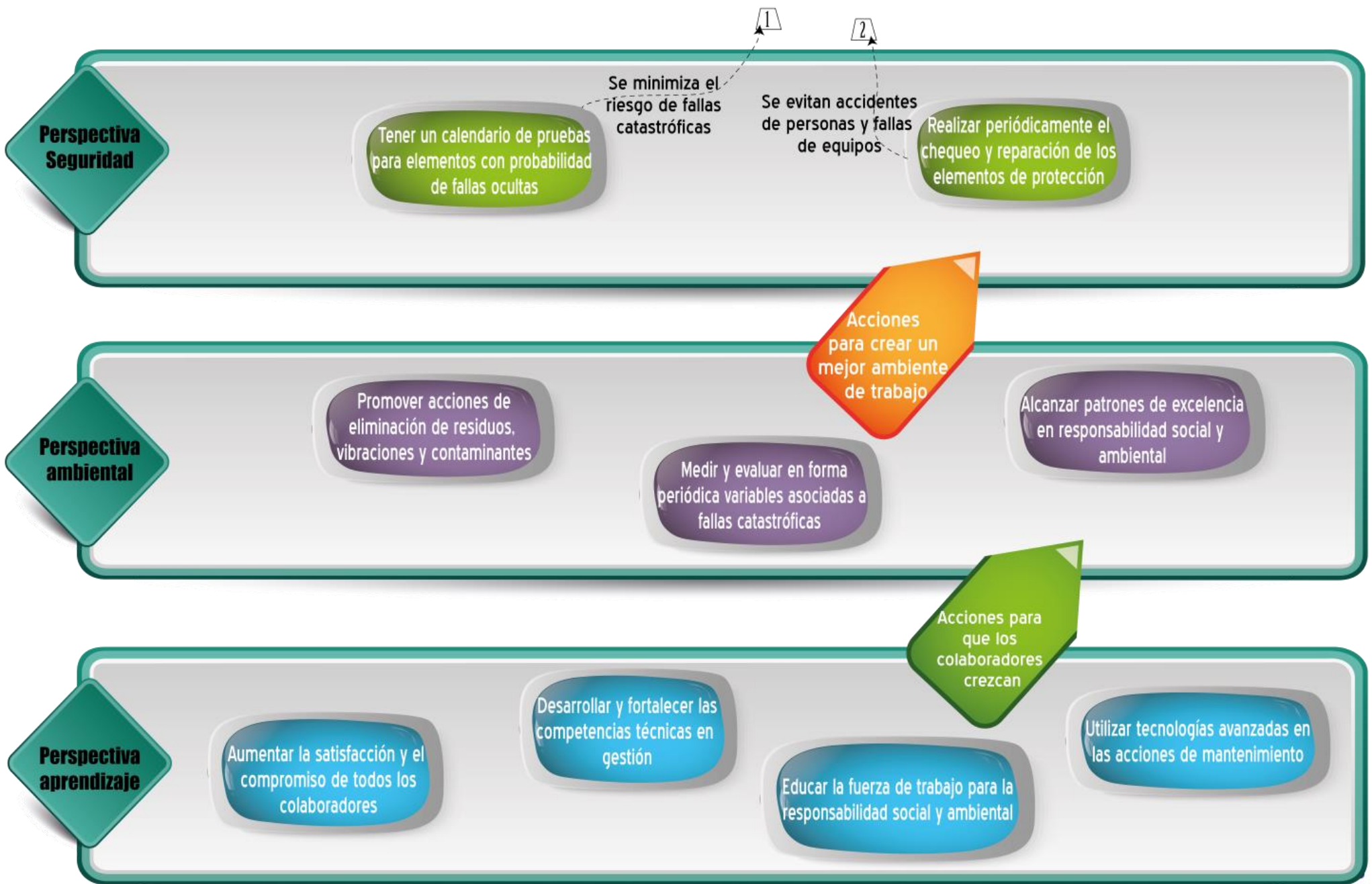
PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Casos de aplicación para industria y minería

Ejemplo de cuadro de mando para una estrategia del mantenimiento

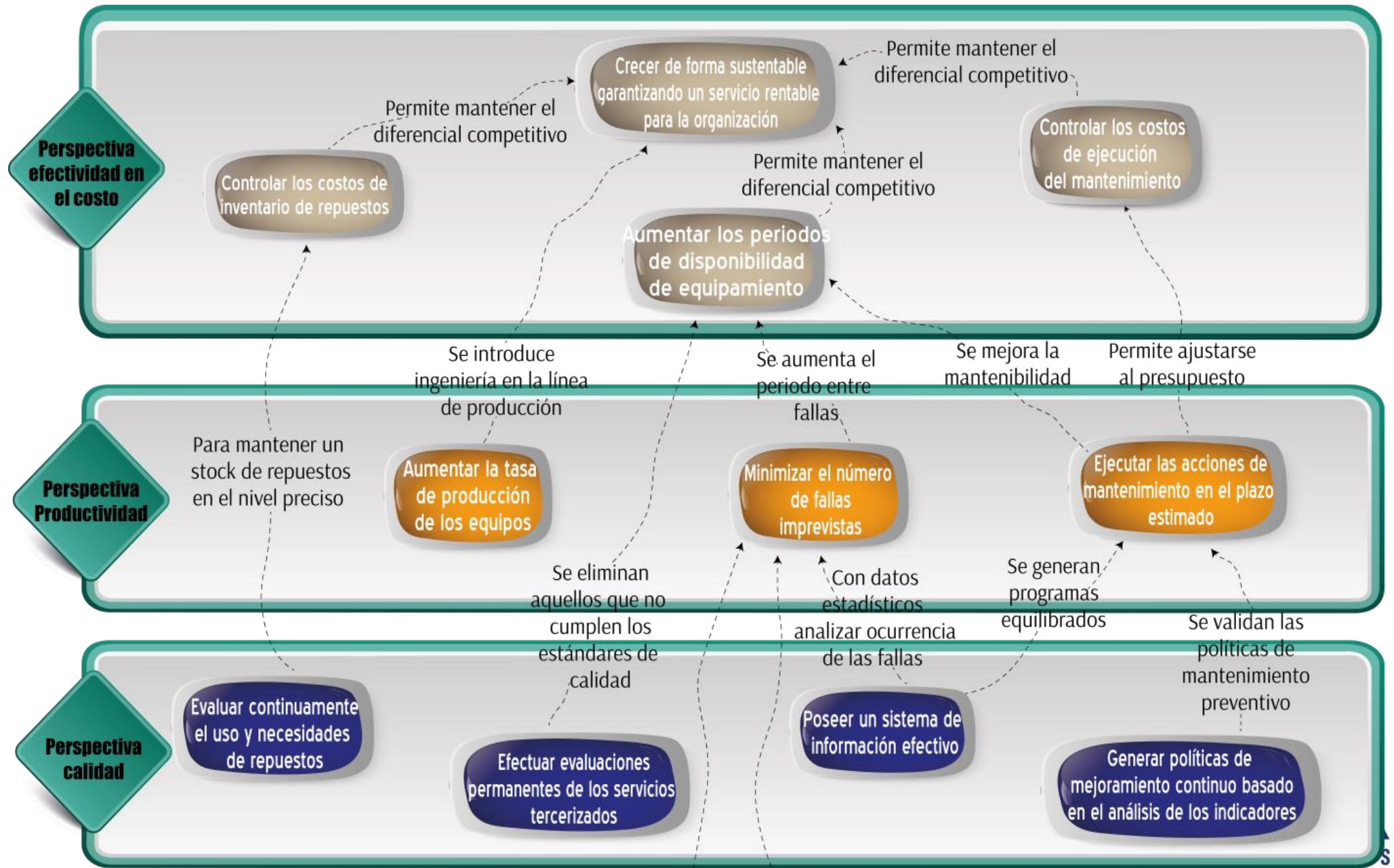


PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
Casos de aplicación para industria y minería



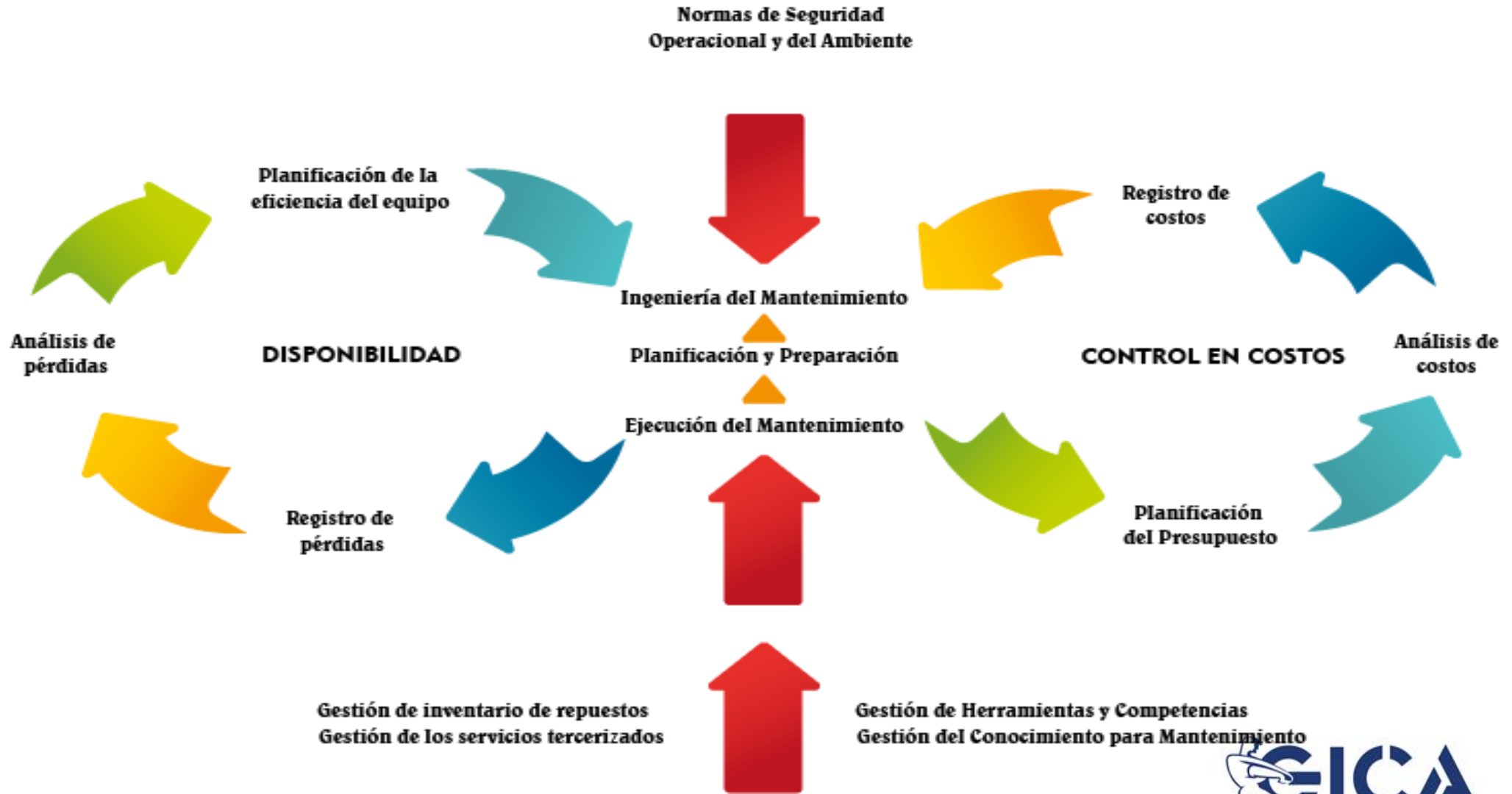
PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Casos de aplicación para industria y minería



1 2

Impulsores del valor del mantenimiento



Desarrollando las estrategias

Tener un enfoque estratégico para la gestión de mantenimiento se ha convertido en algo esencial, especialmente en las industrias intensivas en capital. Mirando sólo a los costos directos de mantenimiento no se puede mostrar el impacto completo del mantenimiento. En realidad, es necesario tener un sistema de medición del desempeño integral que pueda:

Evaluar la contribución de la función de mantenimiento a los objetivos estratégicos del negocio.

Identificar las debilidades y fortalezas de la estrategia de mantenimiento en práctica.

Establecer una base sólida para una estrategia integral de mejora del mantenimiento a partir de datos cuantitativos y cualitativos.

Re-evaluar los criterios que se emplean en la práctica el mantenimiento y la evaluación comparativa de rendimiento con las mejores prácticas dentro y fuera de la misma rama de la industria.





SEMINARIO

PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

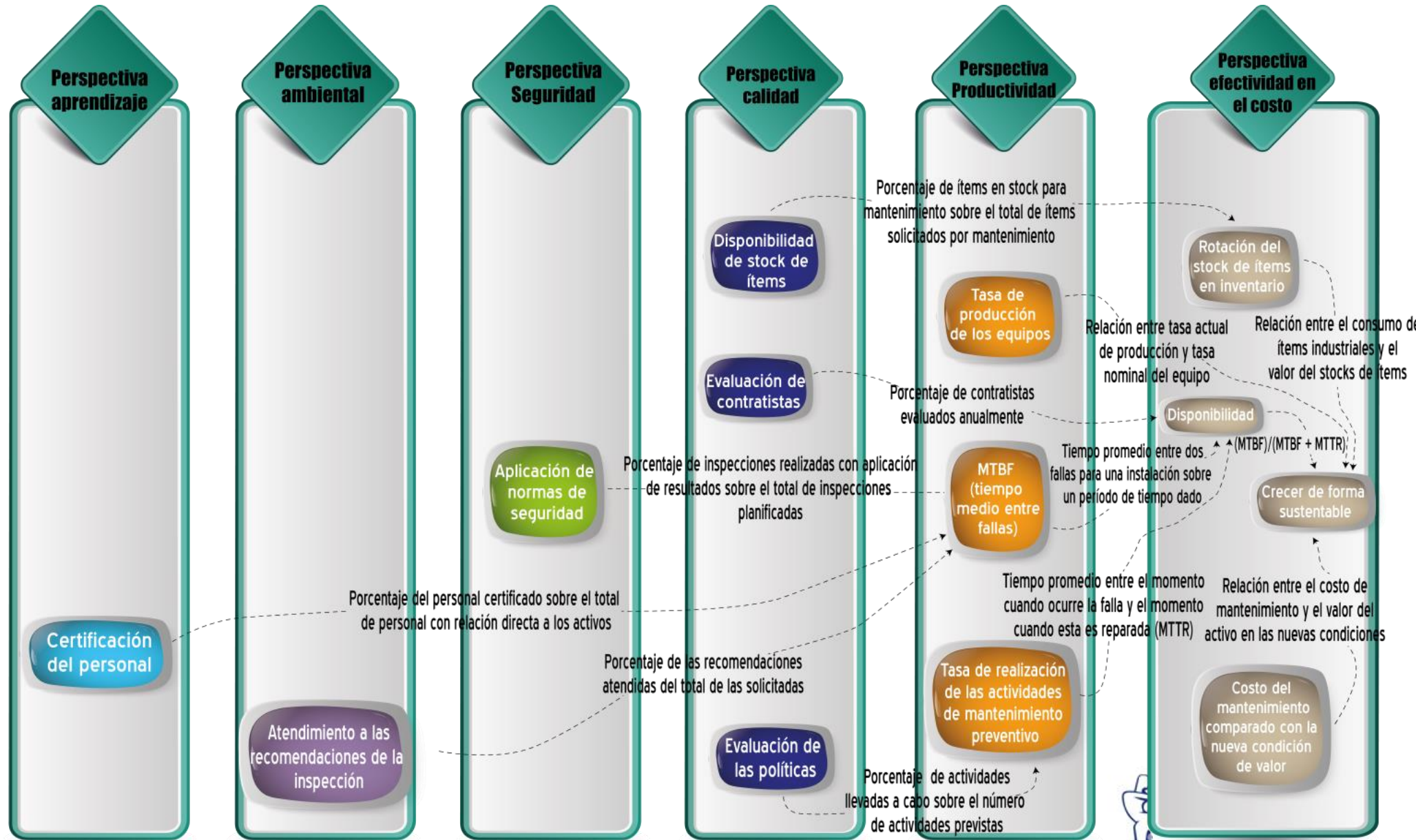
Casos de aplicación para industria y minería

Relación de indicadores para los aspectos claves definidos en el mapa estratégico



PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Casos de aplicación para industria y minería



**PLANIFICACIÓN Y
CONTROL DE GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO**
Casos de aplicación para industria y minería



Mediante la selección de medidas adecuadas de rendimiento en cada área que el CMIM sugiere, es posible detectar las desviaciones en una fase temprana, y para identificar y encontrar la causa raíz de la desviación, y así lograr mejoras rentables y continuas.

Además, este modelo puede ser utilizado estratégicamente, para comparar la unidad de mantenimiento, el rendimiento con las mejores prácticas, y controlar su desempeño en la empresa, mediante la identificación de las fortalezas, sino que también las oportunidades de mejora.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Espinoza Fuentes F., *Balanced Scorecard Aplicado al Mantenimiento*.
Universidad de Talca





3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

CONTENIDO

1. Rendimiento del mantenimiento
2. Sistema de indicadores
3. Indicadores
4. Metodología para la selección y el uso de indicadores clave de rendimiento para mantenimiento

3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

Esta norma europea proporciona los Indicadores Clave de Rendimiento en materia de mantenimiento para apoyar a la gestión en el logro de la excelencia en el mantenimiento y en el empleo de los activos técnicos de una manera competitiva.

La mayoría de estos indicadores se aplican a todos los edificios, espacios y servicios industriales y de apoyo (construcciones, infraestructura, transporte, distribución, etc).



3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

Estos indicadores se deberían utilizar para:

- ✓ Medir el estado
- ✓ Realizar comparaciones
- ✓ Realizar diagnósticos
- ✓ Identificar objetivos y definir metas a alcanzar
- ✓ Planificar acciones de mejoras
- ✓ Medir los cambios de manera continua en el tiempo



3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma:



EN 13306:2011

Terminología del mantenimiento



IEC 60050-191:1990

Vocabulario electrotécnico internacional (VEI)





3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

INDICADOR

- Característica de un fenómeno medido, de acuerdo con una fórmula dada, que evalúa la evolución.

CUADRO DE MANDO

- Conjunto de indicadores asociados, consistentes y complementarios, que proporcionan información sintética y global.





3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

Es el resultado de actividades complejas que se pueden evaluar por medio de indicadores apropiados, para medir tanto los resultados reales como los esperados.

Depende de factores tanto externos como internos, tales como: el lugar, la cultura, los procesos de transformación y servicio, el tamaño, el régimen de utilización y la antigüedad.

Se consigue mediante la implantación de actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y de mejora, aplicando mano de obra, información, materiales, metodologías organizativas, herramientas y técnicas operativas.

RENDIMIENTO DEL MANTENIMIENTO



3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341



Sistema de indicadores

Se utilizan para medir todo aspecto cuantitativo o característica obligatoria y para efectuar comparaciones homogéneas. Están estructurados en tres grupos:

- ✓ Indicadores económicos
- ✓ Indicadores técnicos
- ✓ Indicadores organizacionales



3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341



Cuando el rendimiento real o esperado no sea satisfactorio, posibilita que la gerencia defina objetivos y estrategias para mejorar desde un punto de vista económico, técnico y organizativo, utilizando el siguiente sistema de indicadores que permite a la organización:

- ✓ Medir el estado
- ✓ Comparar el rendimiento
- ✓ Controlar el avance
- ✓ Evaluar el rendimiento
- ✓ Identificar fortalezas y debilidades



3.4 Indicadores de Desempeño bajo Norma UNE-EN 15341

Estos indicadores se pueden utilizar para:

- ✓ Sobre una base periódica, por ejemplo, para preparar y hacer seguimiento de un presupuesto, y durante la evaluación del rendimiento.
- ✓ Sobre una base puntual, por ejemplo, dentro del marco de auditorías específicas, de estudios y/o de comparaciones para la mejora.

La medición y el análisis de estos indicadores pueden ayudar a la gestión a:

- ✓ Establecer objetivos
- ✓ Planificar estrategias y acciones
- ✓ Divulgar resultados con objeto de informar y motivar a las personas





Factores que influyen en el mantenimiento e indicadores clave de rendimiento

Factores de influencia externos

- Lugar
- Cultura de la sociedad
- Coste de mano de obra nacional
- Situación del mercado
- Leyes y reglamentos
- Sector/Derivaciones

Factores de influencia internos

- Cultura de la compañía
- Severidad del proceso
- Mezcla de productos
- Tamaño de la instalación
- Índice de utilización
- Antigüedad de la instalación
- Criticidad



Grupo de indicadores	Nivel de indicador		
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Indicadores económicos	E1,E2,E3,E4, E5,E6	E7,E8,E9, E10,E11,E12, E13,E14	E15,E16,E17,E18,E19,E20,E21, E22,E23,E24
Indicadores técnicos	T1,T2,T3,T4,T5	T6,T7	T8,T9,T10,T11, T12,T13,T14, T15,T16,T17, T18,T19,T20, T21
Indicadores organizacionales	O1,O2,O3,O4, O5,O6,O7,O8	O9,O10	O11,O12,O13, O14,O15,O16, O17,O18,O19, O20,O21,O22, O23,O24,O25,O26

3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

- En esta norma, los indicadores se estructuran en niveles que corresponden a su estructura jerárquica. Los indicadores bajo el nivel uno son una descripción detallada de indicadores bajo el nivel uno. Cada compañía puede establecer la magnitud y el número de niveles.
- La mayoría de los indicadores se pueden utilizar en niveles diferentes, dependiendo de si se utilizan para medir el rendimiento de producción de una instalación, de una línea de producción, o de un equipo o un bien dado, etc.



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave económicos

Nivel 1

E1	<u>Coste total del mantenimiento</u> Valor de sustitución de los activos	x100
E2	<u>Coste total del mantenimiento</u> Valor añadido más costes externos de mantenimiento	x100
E3	<u>Coste total del mantenimiento</u> Cantidad producida	-
E4	<u>Coste total del mantenimiento</u> Coste de la transformación de la producción	x100
E5	<u>Coste total del mantenimiento + Costes de indisponibilidad ligados al mantenimiento</u> Cantidad producida	-
E6	<u>Disponibilidad ligada al mantenimiento</u> Coste total del mantenimiento	-



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave económicos

Nivel 2

E7	<p><u>Valor medio de inventario de los artículos de mantenimiento</u></p> <p>Valor de sustitución de los activos</p>	x100
E8	<p><u>Coste total de personal interno empleado en mantenimiento</u></p> <p>Coste total del mantenimiento</p>	x100
E9	<p><u>Coste total de personal externo empleado en mantenimiento</u></p> <p>Coste total del mantenimiento</p>	x100
E10	<p><u>Coste total de contratación</u></p> <p>Coste total del mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave económicos

Nivel 2

E11	<u>Coste total de los artículos de mantenimiento</u> Coste total del mantenimiento	x100
E12	<u>Coste total de los artículos de mantenimiento</u> Valor medio de inventario de los artículos de mantenimiento	= renovación del almacén
E13	<u>Coste por personal indirecto de mantenimiento</u> Coste total del mantenimiento	x100
E14	<u>Coste total del mantenimiento</u> Energía total utilizada	-



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave económicos

Nivel 3

E15	<p><u>Coste del mantenimiento correctivo</u> Coste total del mantenimiento</p>	x100
E16	<p><u>Coste del mantenimiento preventivo</u> Coste total del mantenimiento</p>	x100
E17	<p><u>Coste del mantenimiento basado en la condición</u> Coste total del mantenimiento</p>	x100
E18	<p><u>Coste del mantenimiento sistemático</u> Coste total del mantenimiento</p>	x100
E19	<p><u>Coste del mantenimiento de mejora</u> Coste total del mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave económicos

Nivel 3

E20	<p><u>Coste de paradas programadas para mantenimiento</u> Coste total del mantenimiento</p>	x100
E21	<p><u>Coste de formación del personal de mantenimiento</u> Efectivo del personal de mantenimiento</p>	Valor unitario / persona
E22	<p><u>Costes totales de contratación del mantenimiento mecánico</u> Costes totales de contratación del mantenimiento</p>	x100
E23	<p><u>Costes totales de contratación del mantenimiento eléctrico</u> Costes totales de contratación del mantenimiento</p>	x100
E24	<p><u>Costes totales de contratación del mantenimiento de la instrumentación</u> Costes totales de contratación del mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave técnicos

Nivel 1

T1	<p><u>Tiempo total de funcionamiento</u> Tiempo total de funcionamiento + Tiempo de indisponibilidad por mantenimiento</p>	x100
T2	<p><u>Tiempo disponibilidad conseguido durante el tiempo requerido</u> Tiempo requerido</p>	x100
T3	<p><u>Número de fallos debido a mantenimiento que generan daño ambiental</u> Tiempo de calendario</p>	-
T4	<p><u>Volumen anual de residuos o efectos nocivos relacionados con mantenimiento</u> Tiempo de calendario</p>	-
T5	<p><u>Número de lesiones del personal debidas al mantenimiento</u> Tiempo de trabajo</p>	-



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave técnicos

Nivel 2

T6	<p><u>Tiempo total de funcionamiento</u> Tiempo total de funcionamiento + Tiempo de indisponibilidad por fallos</p>	x100
T7	<p><u>Tiempo total de funcionamiento</u> Tiempo total de funcionamiento + Tiempo de indisponibilidad por mantenimiento planificado y programado</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave técnicos

Nivel 3

T8	<p><u>Tiempo de mantenimiento preventivo que origina tiempo de indisponibilidad</u></p> <p>Tiempo total de indisponibilidad por mantenimiento</p>	x100
T9	<p><u>Tiempo de mantenimiento sistemático que origina tiempo de indisponibilidad</u></p> <p>Tiempo total de indisponibilidad por mantenimiento</p>	x100
T10	<p><u>Tiempo de mantenimiento basado en la condición que origina tiempo de indisponibilidad</u></p> <p>Tiempo total de indisponibilidad por mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave técnicos

Nivel 3

T11	<p><u>Número de fallos que causan lesiones al personal</u> Número total de fallos</p>	x100
T12	<p><u>Número de fallos que pueden causar lesiones al personal</u> Número total de fallos</p>	x100
T13	<p><u>Número de fallos que causan daños al medio ambiente</u> Número total de fallos</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave técnicos

Nivel 3

T14	<p><u>Número de fallos que pueden causar daños al medio ambiente</u></p> <p>Número total de fallos</p>	x100
T15	<p><u>Tiempo total de funcionamiento</u></p> <p>Número de órdenes de trabajo de mantenimiento que causan tiempo de indisponibilidad</p>	-
T16	<p><u>Tiempo total de funcionamiento</u></p> <p>Número de órdenes de trabajo de mantenimiento</p>	-
T17	<p><u>Tiempo total de funcionamiento</u></p> <p>Número de fallos</p>	= MTBF



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores clave técnicos

Nivel 3

T18	<p><u>Número de sistemas cubiertos por un análisis de criticidad</u> Número total de sistemas</p>	x100
T19	<p><u>Horas-hombre usadas para planificar en un proceso de planificación de mantenimiento sistemático</u> Horas-hombre totales de personal interno de mantenimiento</p>	x100
T20	<p><u>Tiempo de mantenimiento planificado y programado que causa tiempo de indisponibilidad en la producción</u> Tiempo total de mantenimiento planificado y programado</p>	x100
T21	<p><u>Tiempo total de recuperación</u> Número de fallos</p>	= MTTR



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores organizacionales

Nivel 1

01	<p><u>Efectivo de personal interno de mantenimiento</u> Efectivo total de empleados internos</p>	x100
02	<p><u>Efectivo de personal indirecto de mantenimiento</u> Efectivo de personal interno de mantenimiento</p>	x100
03	<p><u>Efectivo de personal indirecto de mantenimiento</u> Efectivo de personal directo de mantenimiento</p>	x100
04	<p><u>Horas-hombre de mantenimiento por operario de producción</u> Horas-hombre totales de personal directo de mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores organizacionales

Nivel 1

05	<p><u>Horas-hombre de mantenimiento planificado y programado</u></p> <p>Horas-hombre totales de mantenimiento disponibles</p>	x100
06	<p><u>Número de lesiones del personal de mantenimiento</u></p> <p>Efectivo total de personal de mantenimiento</p>	x100
07	<p><u>Horas-hombre perdidas por lesiones del personal de mantenimiento</u></p> <p>Horas-hombre totales trabajadas por el personal de mantenimiento</p>	x100
08	<p><u>Horas-hombre empleadas en mejoramiento continuo</u></p> <p>Horas-hombre totales de personal de mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores organizacionales

Nivel 2

O9	<p align="center"><u>Horas-hombre de mantenimiento por operario de producción</u></p> <p align="center">Horas-hombre totales de los operarios de producción</p>	x100
O10	<p align="center"><u>Personal directo de mantenimiento que trabaja en turnos</u></p> <p align="center">Efectivo total de personal directo de mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores organizacionales

Nivel 3

O11	<p><u>Tiempo empleado en mantenimiento correctivo de urgencia</u> Tiempo total de indisponibilidad ligado a mantenimiento</p>	x100
O12	<p><u>Horas-hombre de personal interno de mantenimiento mecánico</u> Horas-hombre totales de personal interno directo de mantenimiento</p>	x100
O13	<p><u>Horas-hombre de personal interno de mantenimiento eléctrico</u> Horas-hombre totales de personal interno directo de mantenimiento</p>	x100
O14	<p><u>Horas-hombre de personal interno de mantenimiento de instrumentación</u> Horas-hombre totales de personal interno directo de mantenimiento</p>	x100
O15	<p><u>Efectivo de personal interno de mantenimiento con varias actividades</u> Efectivo de personal interno de mantenimiento</p>	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores organizacionales

Nivel 3

016	<u>Horas-hombre de mantenimiento correctivo</u> Horas-hombre totales de mantenimiento	x100
017	<u>Horas-hombre de mantenimiento correctivo de urgencia</u> Horas-hombre totales de mantenimiento	x100
018	<u>Horas-hombre de mantenimiento preventivo</u> Horas-hombre totales de mantenimiento	x100
019	<u>Horas-hombre de mantenimiento basado en la condición</u> Horas-hombre totales de mantenimiento	x100
020	<u>Horas-hombre de mantenimiento sistemático</u> Horas-hombre totales de mantenimiento	x100
021	<u>Horas-hombre suplementarias de mantenimiento interno</u> Horas-hombre totales de mantenimiento interno	x100



3.5 Indicadores: Técnicos, Económicos y Organizacionales

Indicadores organizacionales

Nivel 3

O22	<p><u>Número de órdenes de trabajo realizadas según la programación</u> Número total de órdenes de trabajo programadas</p>	X100
O23	<p><u>Número de horas-hombre para formación del personal interno de mantenimiento</u> Horas-hombre totales de mantenimiento interno</p>	x100
O24	<p><u>Efectivo de personal interno directo de mantenimiento que usa ordenador</u> Efectivo de personal interno directo de mantenimiento</p>	x100
O25	<p><u>Horas-hombre totales trabajadas por personal directo en actividades planificadas y programadas</u> Horas-hombre totales planificadas y programadas para personal directo</p>	x100
O26	<p><u>Número de piezas de repuesto suministradas por el almacén según peticiones</u> Número total de piezas de repuesto requeridas por mantenimiento</p>	x100





METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN Y EL USO DE INDICADORES CLAVE DE RENDIMIENTO PARA MANTENIMIENTO

A nivel de sistemas y de líneas de producción, los objetivos del mantenimiento se pueden dirigir a algunos factores de rendimiento particulares, que se han identificado mediante análisis previos, tales como:

La mejora de la disponibilidad

La mejora del coste efectivo del mantenimiento

La preservación de la salud y de la seguridad, así como la protección del medio ambiente

La mejora del coste efectivo de la gestión del valor del inventario de mantenimiento

El control de los servicios contratados



**A NIVEL DE EQUIPO, MÁQUINAS O TIPOS DE MÁQUINAS, PUEDE
SER DESEABLE UN MEJOR CONTROL DE:**



LOS OBJETIVOS TAMBIÉN PUEDEN CONSISTIR EN DAR CONSEJOS SOBRE LAS DECISIONES RELATIVAS A:





PARA LA BÚSQUEDA DE
INDICADORES PERTINENTES
SE PUEDEN APLICAR DOS
PROCEDIMIENTOS:

El primero consiste en elegir de
entre las listas de indicadores
existentes, aquellos que después del
análisis cumplen los requisitos



El segundo consiste en partir de los
métodos siguientes, que comienzan
con la evaluación de los diversos
procesos de mantenimiento
que se pueden obtener mediante
análisis funcionales



PARA LA DEFINICIÓN Y RECOPIACIÓN DE LOS DATOS BÁSICOS NECESARIOS,
SE DEBE DEFINIR DE FORMA PRECISA:

Los datos a recopilar
para determinar los
valores requeridos
para el indicador.

El método de
medición.

Las herramientas
requeridas para la
medición.



Tiempo medio de detenciones (MTBS)

El MTBS es utilizado para medir la confiabilidad de la máquina y, lo que es más importante, la capacidad de la organización (de gestión de equipos) para influir en el resultado final.

Debido a que la disponibilidad es una función de la frecuencia y duración de eventos de tiempo de inactividad del equipo, un MTBS más bajo que lo deseable es síntoma de baja disponibilidad.

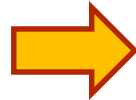
El MTBS debe ser interpretado, al menos inicialmente, mediante un modelo basado en la flota consolidada en un período de un mes y ajustado con el tiempo (seis a doce meses).

$$\text{MTBS (horas)} = \frac{\text{Horas de Operación}}{\text{Número de Detenciones}}$$



Tiempo medio de detenciones (MTBS)

Uso y Benchmarking



Máquina/Modelo	MTBS
785/793 LOHT	60 - 80 hrs
D10/D11 TTT's	55 - 75 hrs
992/994 WK	55 - 75 hrs
24 MG	55 - 75 hrs
16 MG	95 - 105 hrs
5000 HEX	55 - 75 hrs
769/777 OHT	65 - 78 hrs
797 OHT	45 - 54 hrs



Tabla. Directrices para máquinas de minería



Tiempo medio de detenciones (MTBS)

Interpretación



MTBS	Evaluación / Características
50 - 60 hrs	Excelente alto % de tiempo de inactividad programado. Organización de gestión del equipo proactivo
40 - 50 hrs	Aceptable. La mayoría del tiempo de inactividad está programado. Énfasis sustancial en la gestión de equipos.
30 - 40 hrs	Marginal. Aproximadamente la mitad del tiempo de inactividad está programado, Gestión de equipos no es totalmente funcional.
20 - 30 hrs	Regular. < 40 de la inactividad está programada. Gestión de equipos es mínima.
< 20 hrs	Pobres. Sólo las PM están programadas. Gestión de Equipos es puramente reactiva.



Tabla. Rendimiento del sitio a través de los rangos de MTBS





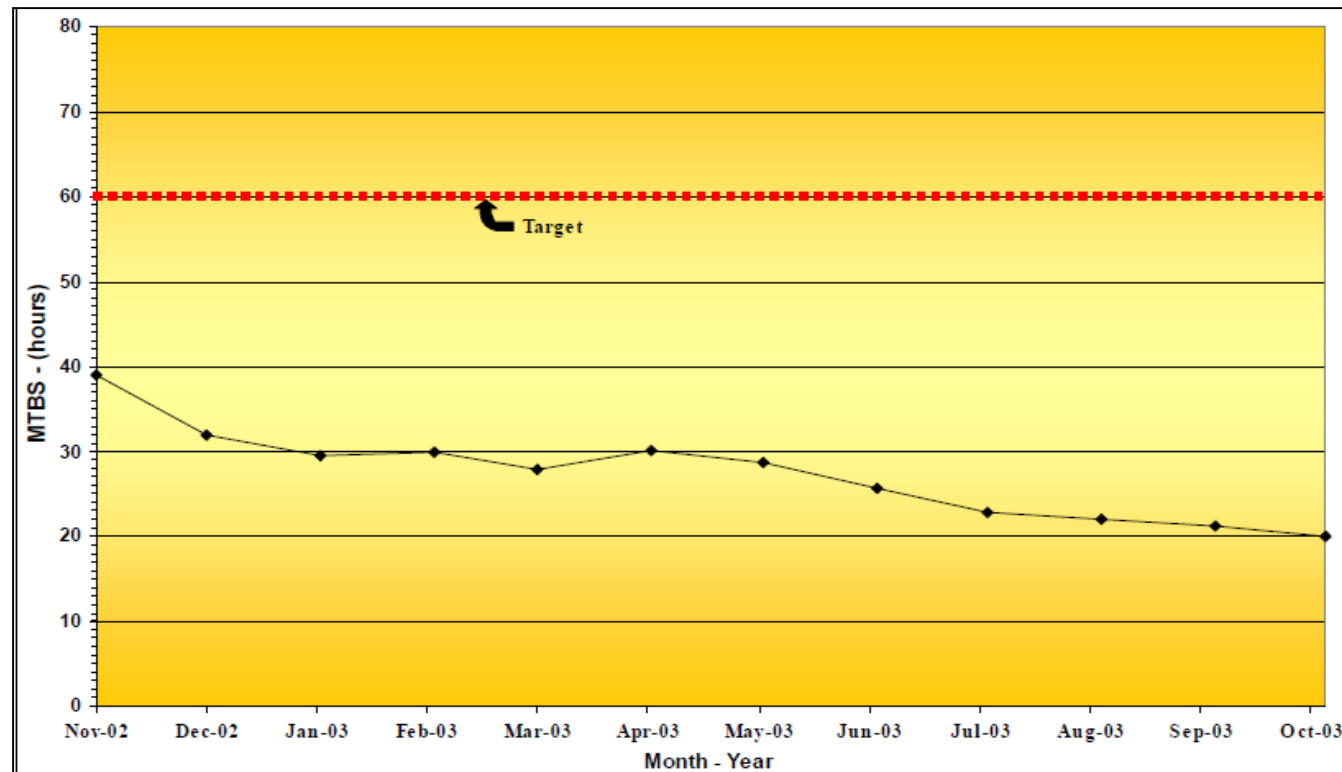
Acción

Si el MTBS es menor que el deseable o disminuye con el tiempo, la organización debe revisar lo siguiente:

- Investigar en base a equipos individuales.
- Utilizar Pareto para determinar qué elementos del equipo (componentes o sistemas) dan por resultado una frecuencia de reparación mayor que la anticipada.
- Analizar los registros del historial del equipo para determinar si las paradas no programadas están produciendo el resultado.

Formato de presentación

Trazar mensualmente MTBS durante un periodo de 12 meses sobre un gráfico lineal x - y, es el método más efectivo para mostrar la tendencia del MTBS.



Tiempo medio para reparar (MTTR)

Es el tiempo de detención promedio de reparación del equipo (considerando eventos imprevistos, es decir, no programados). La duración promedio de los eventos de detenciones del equipo, expresado en horas.

$$\text{MTTR (horas)} = \frac{\text{Total horas de detención}}{\text{Número de detenciones}}$$



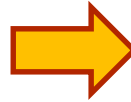
Tiempo medio para reparar (MTTR)

El MTTR es una medida de rendimiento que cuantifica el tiempo de reparación, es decir, que tan rápido (o lento) un equipo retorna al servicio una vez ocurrido un incidente de detención. MTTR combina los efectos inherentes del servicio mantención/mantenibilidad máquina y la eficiencia de la organización que administra el equipo, para entregar rápidamente acciones remediales de reparación.

- **Horas de detención y Cantidad de detenciones:** Obtenidos a partir del historial de órdenes de trabajo de la máquina y el sistema de despacho.

Tiempo medio para reparar (MTTR)

Uso y Benchmarking



Máquina/Modelo	MTTR
785/793 LOHT	3 - 6 hrs
769/777 OHT	2.7 - 5.4 hrs
797 OHT	3.3 - 6.6 hrs
24 MG	3.9 - 7.8 hrs
5000 HEX	4.2 - 7.8 hrs



Tabla. Directrices para máquinas de minería





Tiempo medio para reparar (MTTR)

El MTTR se utiliza para medir la capacidad de servicio del producto, pero, más importante, la capacidad de la organización de gestión de equipos de influir en el resultado final a través de eficiente ejecución de reparación.

Dado que la disponibilidad es una función de la frecuencia y la duración de eventos de tiempo improductivo de la máquina, mayor de lo deseable MTTR es sintomático de baja disponibilidad.

Viendo el tiempo medio de reparación en el contexto de las demoras, también ayudará en la gestión de identificar las fuentes de esos retrasos y tomar medidas adecuadas para minimizarlas.



TIEMPO MEDIO PARA REPARAR (MTTR)



Tiene impacto sobre:

La disponibilidad de la flota y la producción resultante

Cantidad y costo de la infraestructura de apoyo

La utilización eficiente de los recursos humanos y materiales

Es impactado por:

Alto porcentaje de reparaciones no programadas

Recursos inadecuados

Excesivo tiempo de demora

Inadecuada planificación y programación

Falta de entrenamiento

Índice de Disponibilidad (A)

La disponibilidad es el resultado de la frecuencia y duración de los eventos detenciones. Puesto que de la relación matemática entre MTBS, MTTR y el Índice Disponibilidad (A), el resultado muestra que de los otros dos factores tienen mayor influencia sobre el resultado.

Esto permite administrar apropiadamente reacciones a cambios en el índice de disponibilidad y focalizar los esfuerzos y recursos sobre la frecuencia (MTBS) o la duración (MTTR) de eventos detenciones.

$$A (\%) = \left(\frac{MTBS}{MTBS + MTTR} \right) \times 100$$



Índice de Disponibilidad (A)

Uso y Benchmarking 

Máquina/Modelo	Índice de Disponibilidad (A)
785/793 LOHT	92% (flota nueva) - 88% (flota madura)
769/777 OHT	94% (flota nueva) - 90% (flota madura)
797 OHT	90% (flota nueva) - 86% (flota madura)
24 MG	88% (flota nueva) - 84% (flota madura)
16 MG	94% (flota nueva) - 90% (flota madura)
5000 HEX	88% (flota nueva) - 84% (flota madura)



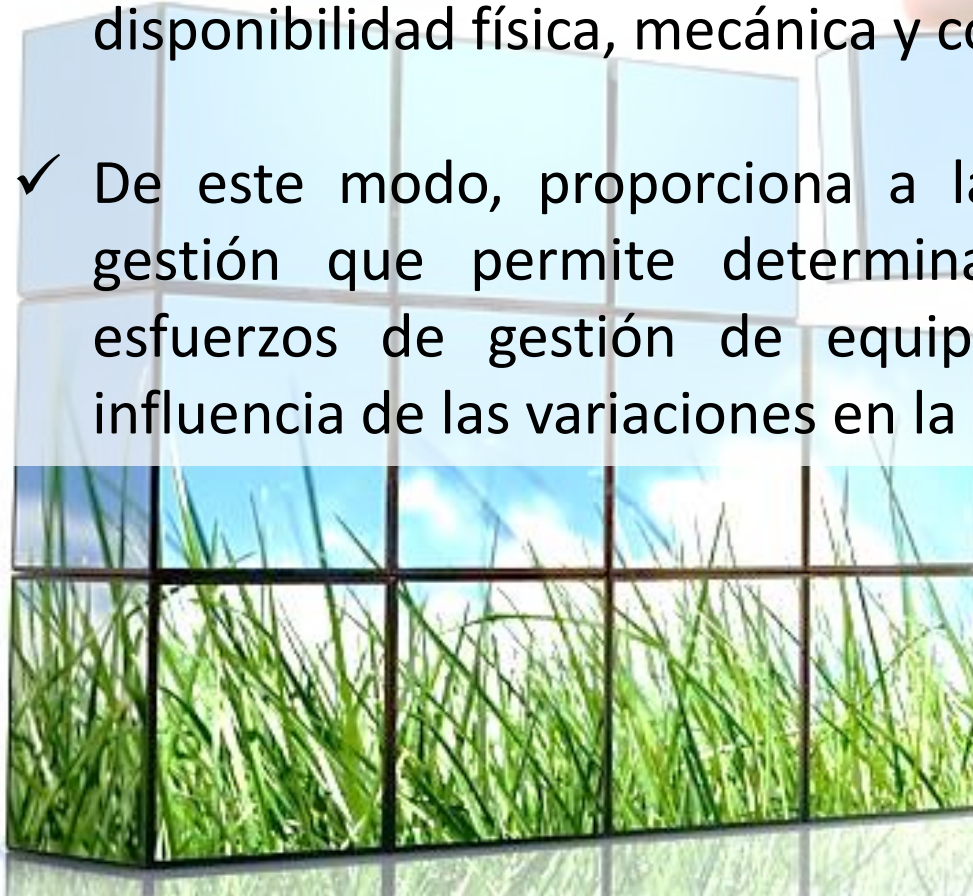
Tabla. Benchmarking Índice de Disponibilidad



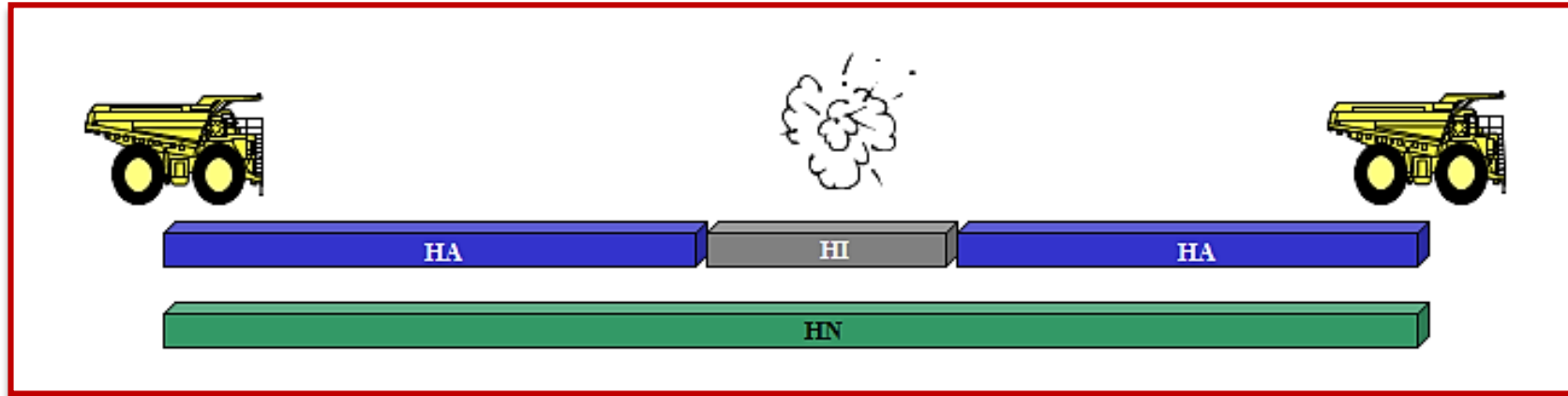


Índice de Disponibilidad (A)

- ✓ Dado que el índice de disponibilidad ignora los efectos de la utilización, siempre dará lugar a un resultado inferior a los cálculos de disponibilidad física, mecánica y contractual.
- ✓ De este modo, proporciona a la organización una herramienta de gestión que permite determinar los verdaderos efectos de sus esfuerzos de gestión de equipos sin tener en cuenta cualquier influencia de las variaciones en la utilización de la máquina.



Acción



Cuando el índice de disponibilidad es bajo respecto del benchmarking, se deben realizar etapas de análisis de indicadores para determinar cuál es la causa del bajo porcentaje y así poder ejecutar acciones correctivas.



Se recomienda seguir los siguientes pasos para este análisis:

Primer paso:
Evalúe el
rendimiento
total de la
flota

Segundo paso: Analice el rendimiento total de la flota

- ¿MTBS está dentro del rango?
- ¿MTTR está dentro del rango?
- Identificar indicadores y establecer benchmarking
- Definir el nivel de control del contrato v/s reacción
- Revisar la efectividad del sistema de administración de equipos
- Benchmarking igual a 80% de todo el tiempo de detención debe ser programado
- Calcular el porcentaje de trabajo programado

Tercer paso:
Desarrolle un
plan de acción

**PLANIFICACIÓN Y
CONTROL DE GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO**
Casos de aplicación para industria y minería



Cuarto paso:
Evalúe el
rendimiento
individual de
cada equipo
(Pareto)

Quinto paso:
Analice el
rendimiento del
equipo con
mayor cantidad
de fallas

Sexto paso:
Desarrolle un
plan de acción

Séptimo paso:
Evalúe el
rendimiento por
sistema/compon
ente

Octavo paso:
Desarrolle un
plan de acción





Indice de Disponibilidad (A)

Tiene impacto sobre:

- Producción
- Satisfacción del cliente

Es impactado por:

- MTBS
- MTTR

PORCENTAJE TIEMPO DETENCIONES PROGRAMADAS (STW)

El porcentaje de horas de detención programadas puede ser usado para determinar si una organización tiene el control de la situación (proactiva) o si esta simplemente respondiendo a las necesidades inmediatas de los equipos (reactiva).

Las horas de detención se obtienen a partir del historial de órdenes de trabajo de la máquina y del sistema de despacho.

$$\text{STW (\%)} = \left(\frac{\text{Horas programadas de detención}}{\text{Total horas de detenciones}} \right) \times 100$$



PORCENTAJE TIEMPO DETENCIONES PROGRAMADAS (STW)

Uso y Benchmarking 

Máquina/Modelo	Porcentaje Tiempo Detenciones Programadas (STW)
785/793 LOHT	80%




Tabla. Directrices para equipos de minería

Minas con procesos altamente eficaces de gestión de los equipos existentes son capaces de ejecutar el 80% de su actividad, el tiempo de mantenimiento y reparación de forma programada y 20% detenciones no programadas.



Acción

Si el porcentaje de horas de detenciones programadas es menor de lo deseable o disminuye con el tiempo, la organización debe revisar lo siguiente:

- ✓ Utilizar Pareto para identificar las causas de la falta de confiabilidad de la máquina que se traducen en detenciones no programados.



Acción



- ✓ Revisar las prácticas de monitoreo de condiciones para garantizar que se centran en los problemas que conducen a eventos de tiempo improductivo no programadas.
- ✓ Perfeccionar las prácticas de planificación y programación para asegurar que una vez que se detectan los problemas a los que reciben beneficios completos de la actividad de planificación y programación.
- ✓ Emplear administración de backlog como una herramienta de administración de equipos para hacer frente a los problemas identificados a través del monitoreo de condiciones.



PORCENTAJE TIEMPO DETENCIONES PROGRAMADAS (STW)

Tiene impacto sobre:

- La disponibilidad de la flota y la producción resultante
- Las necesidades de personal y de infraestructura
- MTBS y MTTR

Es impactado por:

- La falta de confiabilidad del producto
- Calidad de monitoreo de condición
- Disciplinas de planificación y programación
- Uso limitado o inadecuada administración de backlog





© Derechos de autor - 2018 Gica Ingenieros EIRL

Oficina: +51 44 623 114 / Celular: +51 949 137 529
info@gicaingenieros.com / virtual@gicaingenieros.com / www.gicaingenieros.com