

# MAGNA

INSTITUCIÓN DE ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL

CURSO DE FORMACIÓN



# Gestión de Flota Minera

# Presentación



<https://forms.gle/g4dTwwtWAQLxDVkv9>

# Sobre el docente



**Mg. Ing. Deyvi López**

<https://www.linkedin.com/in/deyvilopez/>

- Ingeniero mecánico, miembro del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) y Profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad (CMRP).
- Presidente del Comité Técnico de Mantenimiento y Gestión de Activos.
- Auditor Interno en Sistemas de Gestión de Activos ISO 55001.
- Executive MBA y Magister en Dirección estratégica de operaciones e innovación, Universitat de Barcelona.
- Profesional con más de 12 años de experiencia gestión flotas vehiculares y equipos.
- Consultor Senior en Mantenimiento y Gestión de flotas.
- Docente en la Maestría de Gerencia de Mantenimiento en la Universidad Nacional del Callao.

# OBJETIVOS DEL CURSO

1. **Evaluar la productividad de la flota minera.**
2. **Proponer soluciones prácticas a problemas que ocasionan el bajo rendimiento de una flota minera.**



# Plan de clase

- ✓ Objetivos, estrategias y tácticas ..... 15 minutos
- ✓ Proceso de gestión ..... 15 minutos
- ✓ Fallas potenciales, funcionales y ocultas .... 15 minutos
- ✓ Análisis de modos y efectos de fallas ..... 45 minutos
- ✓ Gestión del trabajo ..... 15 minutos
- ✓ Kanban y Backlog ..... 15 minutos

# Módulo 5

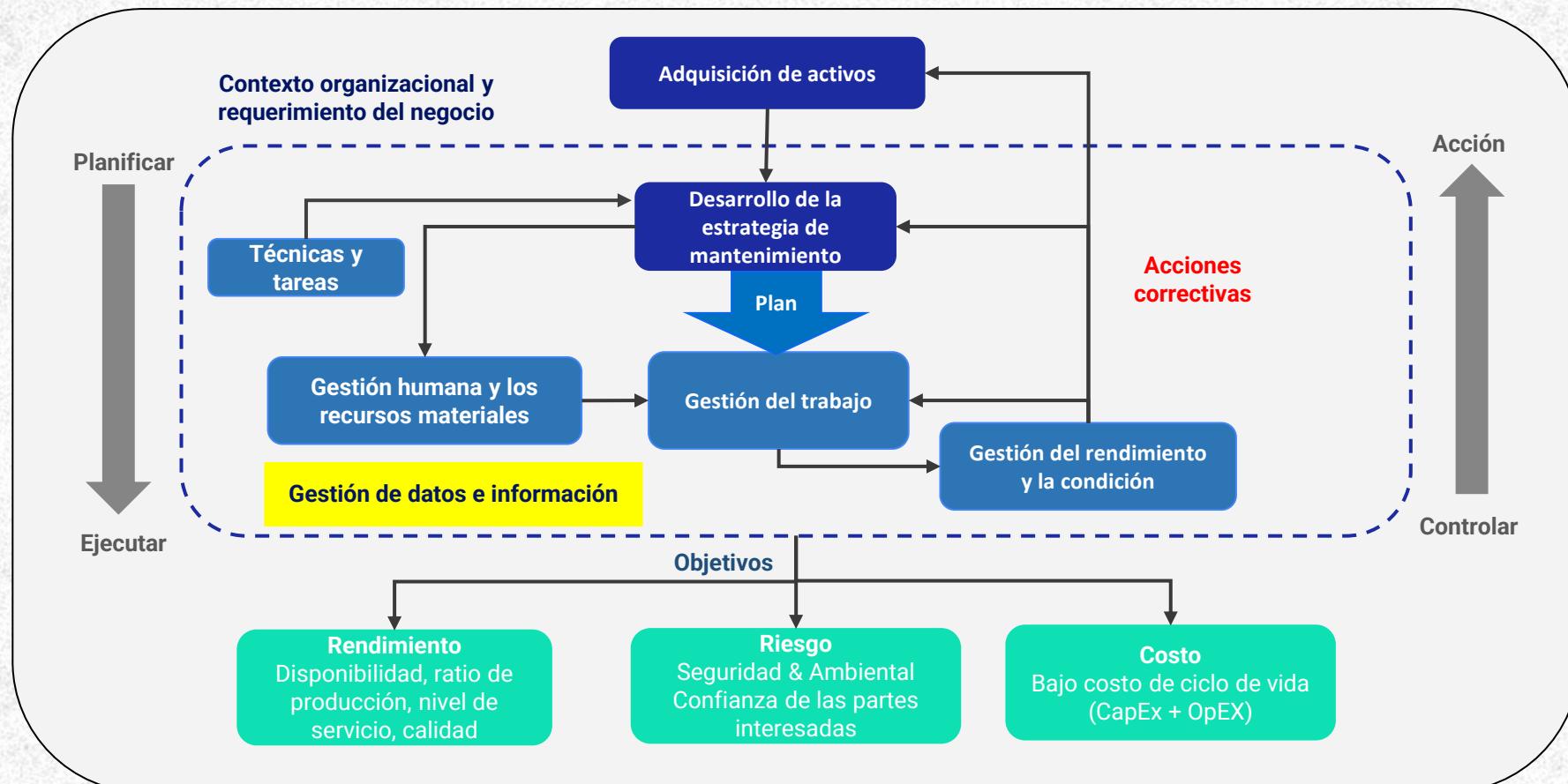
## **Mantenimiento de flotas mineras**

# Objetivo del módulo

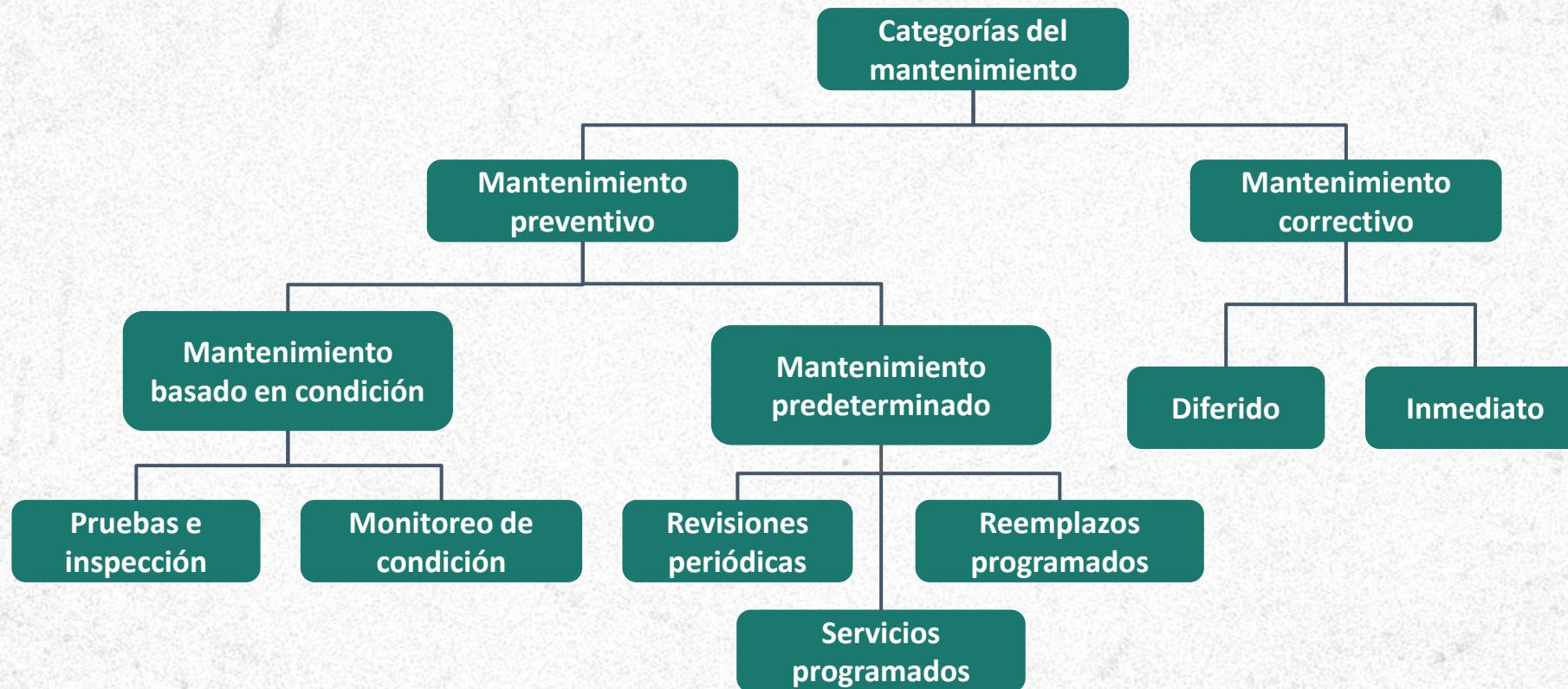
**Examinar estrategias, técnicas y tareas de mantenimiento para flotas mineras**



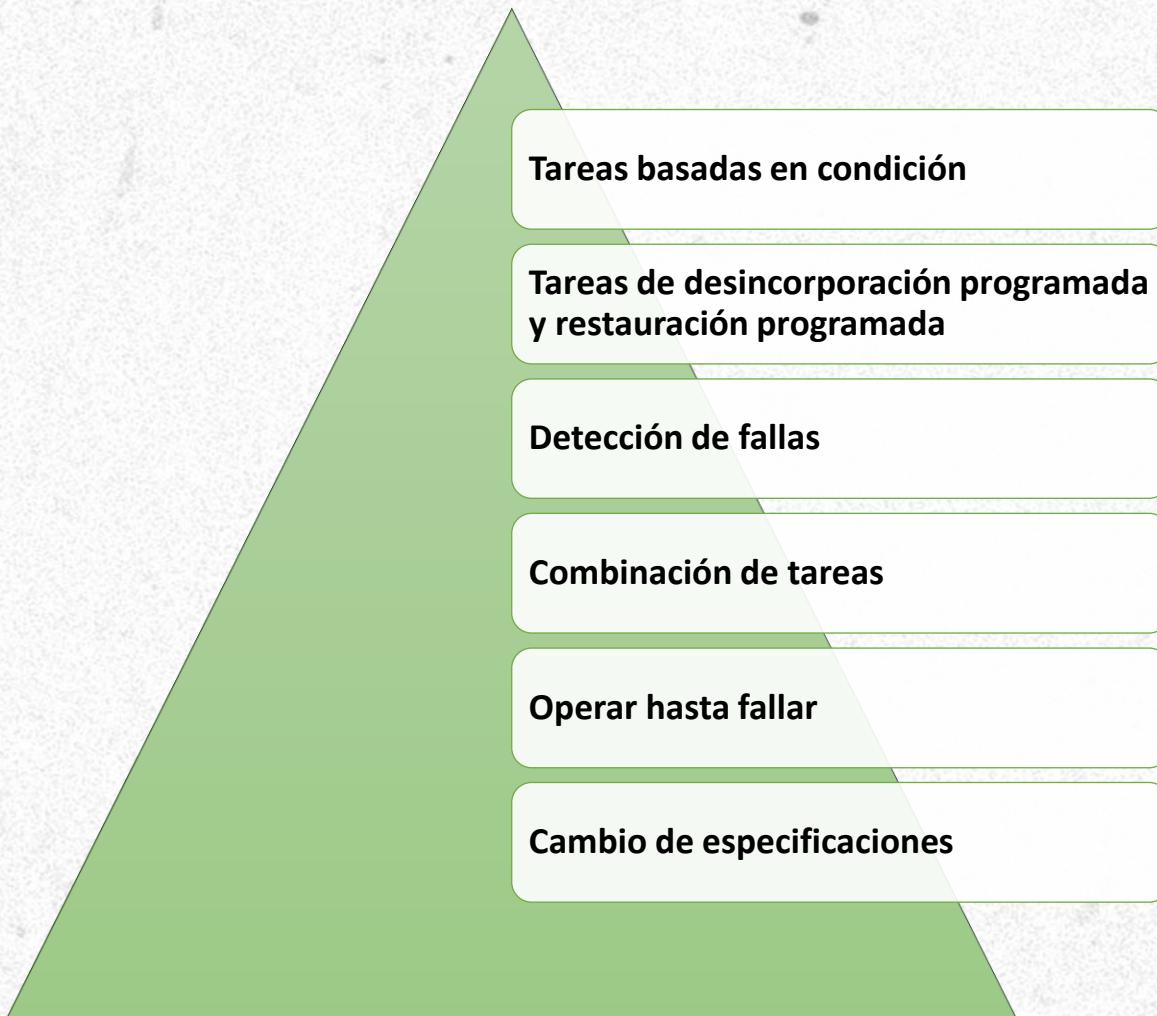
# Objetivos, estrategias y tácticas



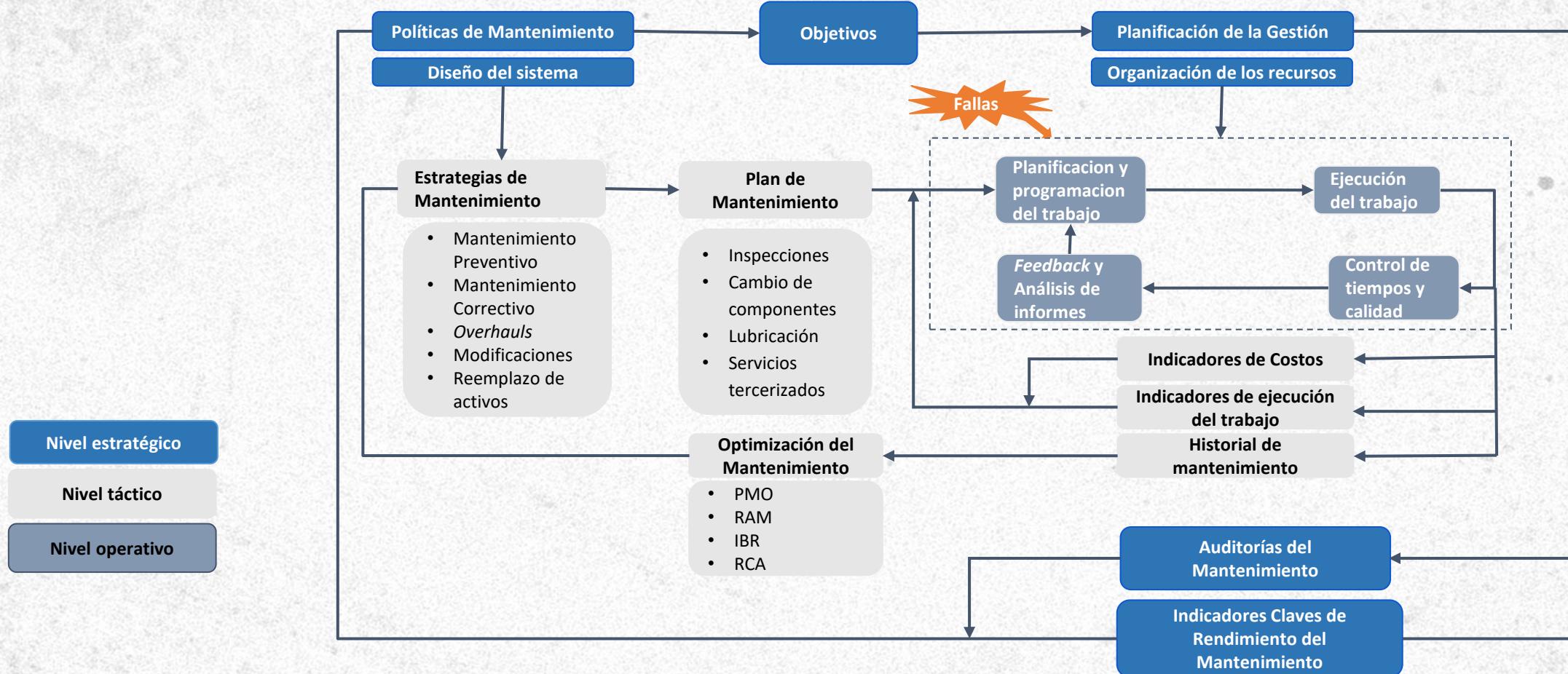
# Objetivos, estrategias y tácticas



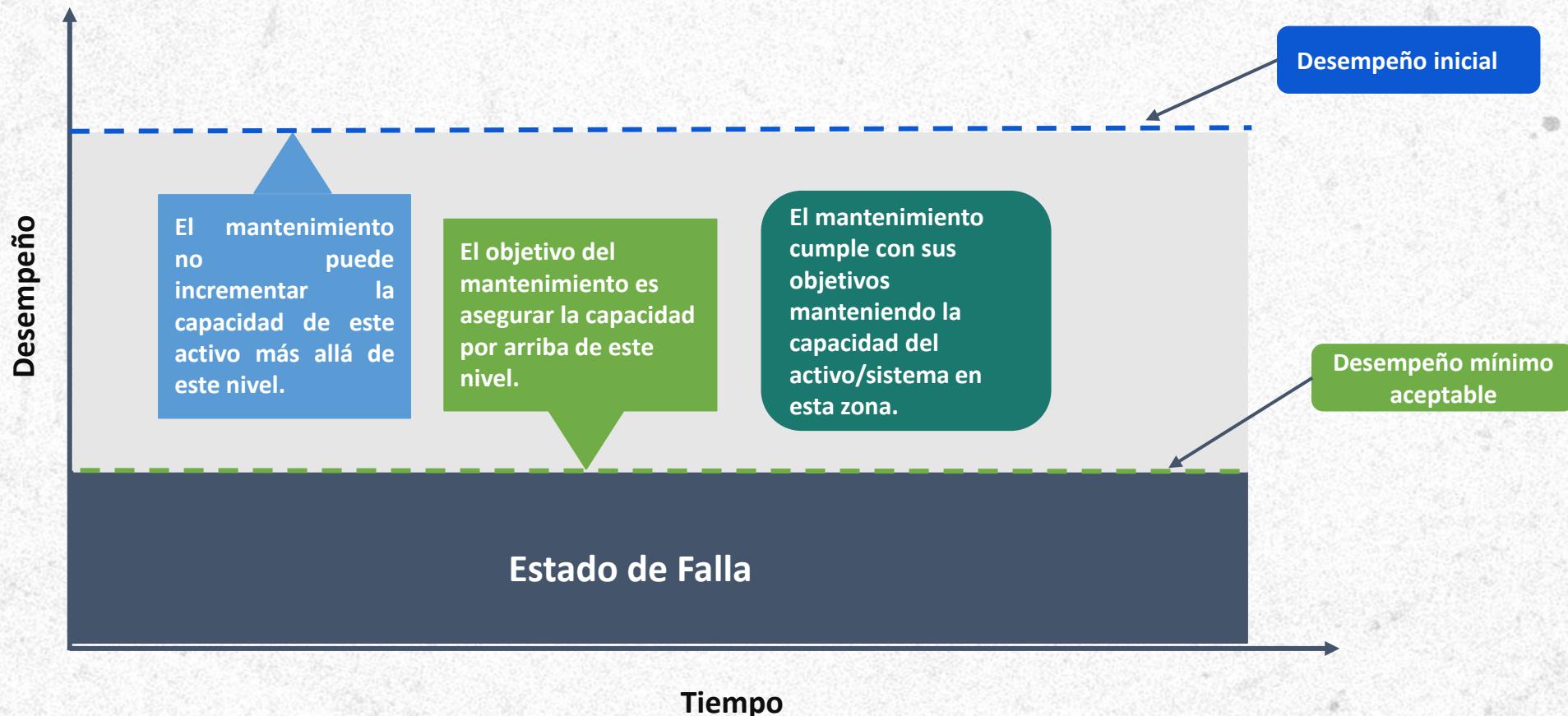
# Objetivos, estrategias y tácticas



# Proceso de gestión



# Fallas potenciales, funcionales y ocultas



# Fallas potenciales, funcionales y ocultas



# Fallas potenciales, funcionales y ocultas



Camión minero

## Ejemplo

### La función primaria

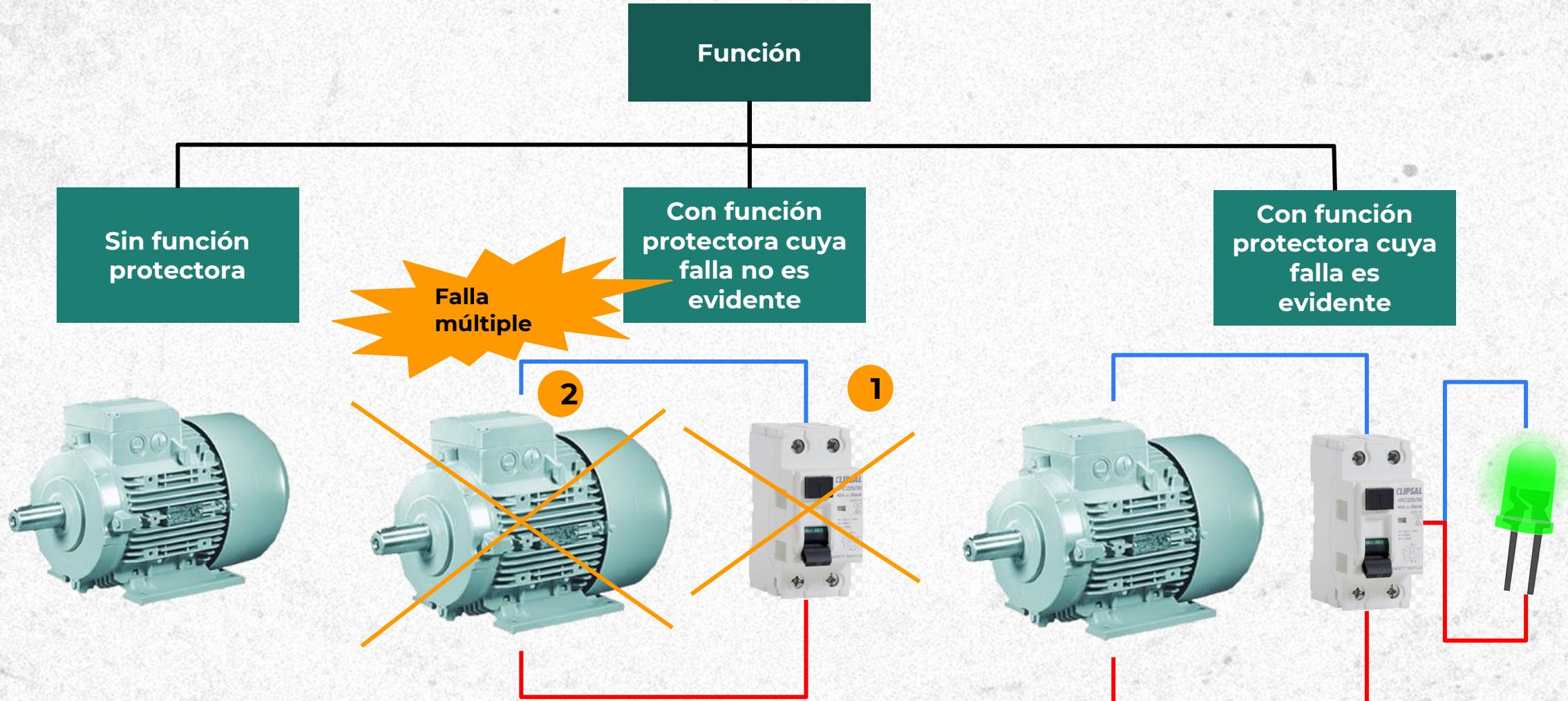
Transportar rocas desde el minado hasta el chancado primario con una producción horaria varía entre 267 ton/h y 240 ton/h.

**Falla funcional total.**- El camión no puede transportar rocas.

**Falla funcional parcial.**- El camión transporta menos de 240 tm/h.

**Falla potencial.**- La velocidad promedio del camión ha caído de 30 km/h a 28 km/h, y su producción es de 242 tm/h

# Fallas potenciales, funcionales y ocultas



# Análisis de modos y efectos de fallas

## Objetivo del modo de falla

Ésta pregunta identifica los eventos que podrían ocasionar la falla funcional del sistema y que el gestor de la flota podrá prevenir, mitigar, detectar su aparición o descubrir (si estaba oculto).

## Ejemplo

- ✓ Mayor resistencia a la rodadura.
- ✓ El tiempo de elevación de la tolva se ha incrementado en un 100%.
- ✓ Neumáticos cortados.
- ✓ Batería descargada.
- ✓ El motor no enciende.

## Clasificación de modos de falla

La capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.

El funcionamiento deseado se eleva por encima de la capacidad inicial.

Desde el inicio el equipo no es capaz de hacer lo que se quiere.

# Análisis de modos y efectos de fallas

## Objetivo del efecto de falla

Identificar cómo es que una falla impacta en los sistemas, en la flota y el entorno, asimismo se identifica la posibilidad de detectar la falla. Los efectos de falla deben incluir toda la información necesaria para soportar la evaluación de las consecuencias de la falla.

## Ejemplo

- ✓ Pérdida de la producción
- ✓ Reparación del vehículo.
- ✓ Muerte del operador
- ✓ Excesiva contaminación al ambiente
- ✓ Alquiler de un camión con tolva

## ¿Cómo reconocer efectos de falla?

Evidencia

Amenazas

Pérdida de producción

Daños materiales

Restauración del activo

# Análisis de modos y efectos de fallas

## Objetivo la consecuencia de falla

Identificar que tan importante es la falla para controlar, prevenir o mitigar desde el punto de vista de la seguridad, las operaciones, el entorno y la economía. La consecuencia de una falla es el cómo y cuánto afecta el modo de falla.

### Ejemplo:

- ✓ Pérdida de la producción ... 530K USD
- ✓ Reparación del motor por mala operación ... 150K USD
- ✓ Muerte del operador ... 100K USD
- ✓ Excesiva contaminación al ambiente ... 1 MM USD

Tipo de Consecuencias
A la seguridad
Al ambiente
Operacionales
No operacionales

# Análisis de modos y efectos de fallas

El Número de Prioridad del Riesgo es una técnica para priorizar modos de fallas en base a los criterios de: Consecuencia, Ocurrencia y Probabilidad de Detección. Al priorizar un modo de falla podemos desarrollar planes de mantenimiento que generen valor al negocio, es decir, que incremente la producción, el nivel de seguridad, reducir el impacto ambiental o disminuir los costos de mantenimiento.

$$\text{NPR} = \text{Consecuencia} \times \text{Frecuencia} \times \text{Detectabilidad}$$

# Análisis de modos y efectos de fallas

Intervalo	Consecuencia	Frecuencia	Detectabilidad
<b>9 - 10</b>	Efecto principal. Muy alta severidad	Muy alta probabilidad de ocurrencia	Prácticamente imposible de detectar
<b>7 - 8</b>	Inconveniente mayor	Alta probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
<b>4 - 6</b>	Inconveniente menor	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
<b>1 - 3</b>	Mínimo efecto. Sin Efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Muy alta capacidad de detección

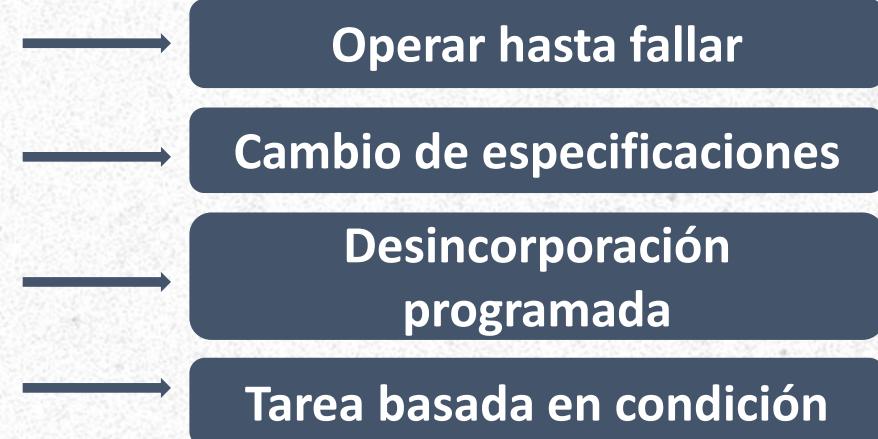
# Análisis de modos y efectos de fallas

## Objetivo de la selección de tareas

Evaluar alternativas de acción que podrían potencialmente manejar las fallas.

### Ejemplo

- ✓ Cambiar protectores de tolva cuando estos presenten fractura o desgaste excesivo.
- ✓ Instalar un segundo filtro en el ingreso de combustible al motor.
- ✓ Cambio de disco y pastillas de frenos cada 4.000 h.
- ✓ Cambiar los neumáticos si estos tienen una altura de banda de rodamiento de menos de 8 mm.



# Análisis de modos y efectos de fallas

## Objetivo del análisis de causa raíz

Ésta pregunta aborda riesgos que las tareas de mantenimiento no pueden abordar, para luego ser reducidos o eliminados.

### Ejemplo:

- ✓ Desarrollar un proceso minucioso para la selección de conductores.
- ✓ Implementar un programa de capacitación de conductores.
- ✓ Utilizar biodiesel al 50% en los motores de combustión interna.
- ✓ Renovar la flota de vehículos cada 07 años.
- ✓ Adquirir camiones back up.

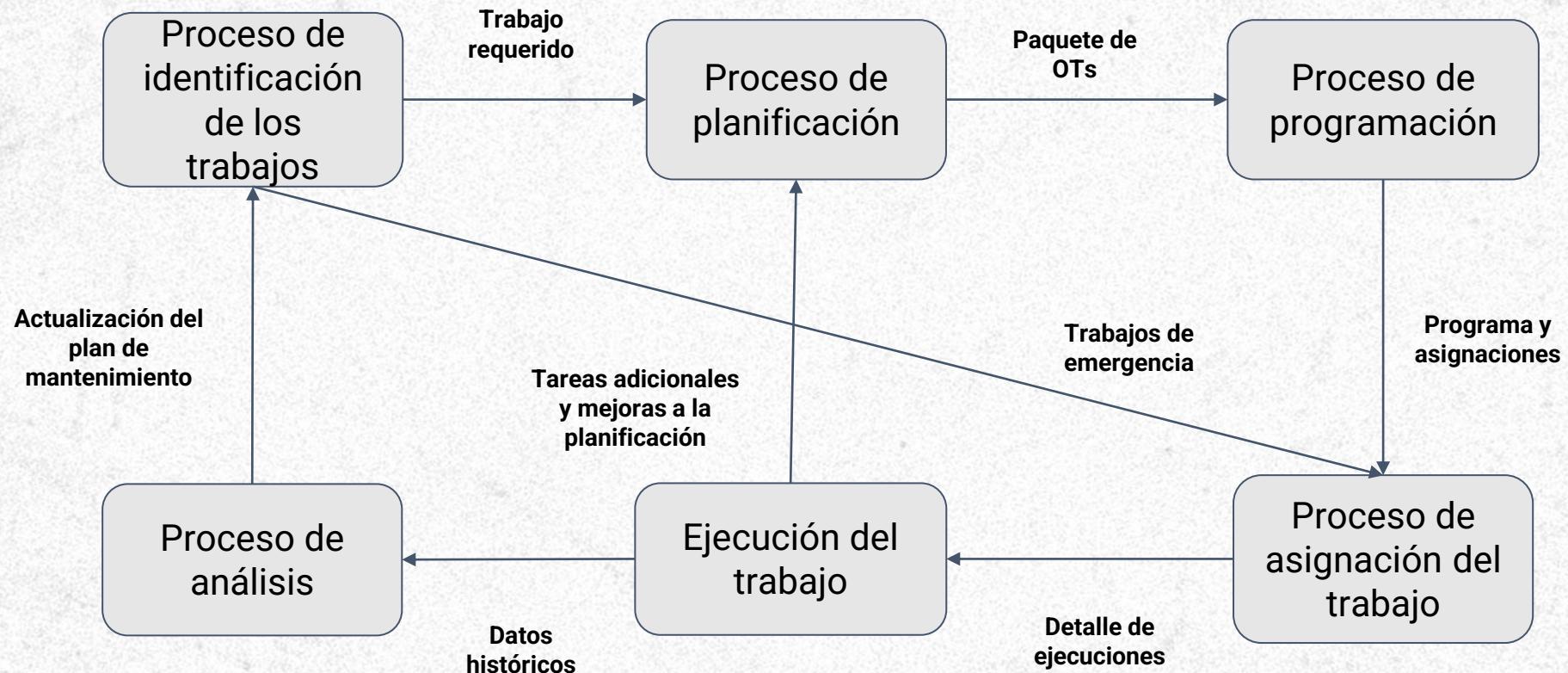
### Tipo de Causas

Causa física

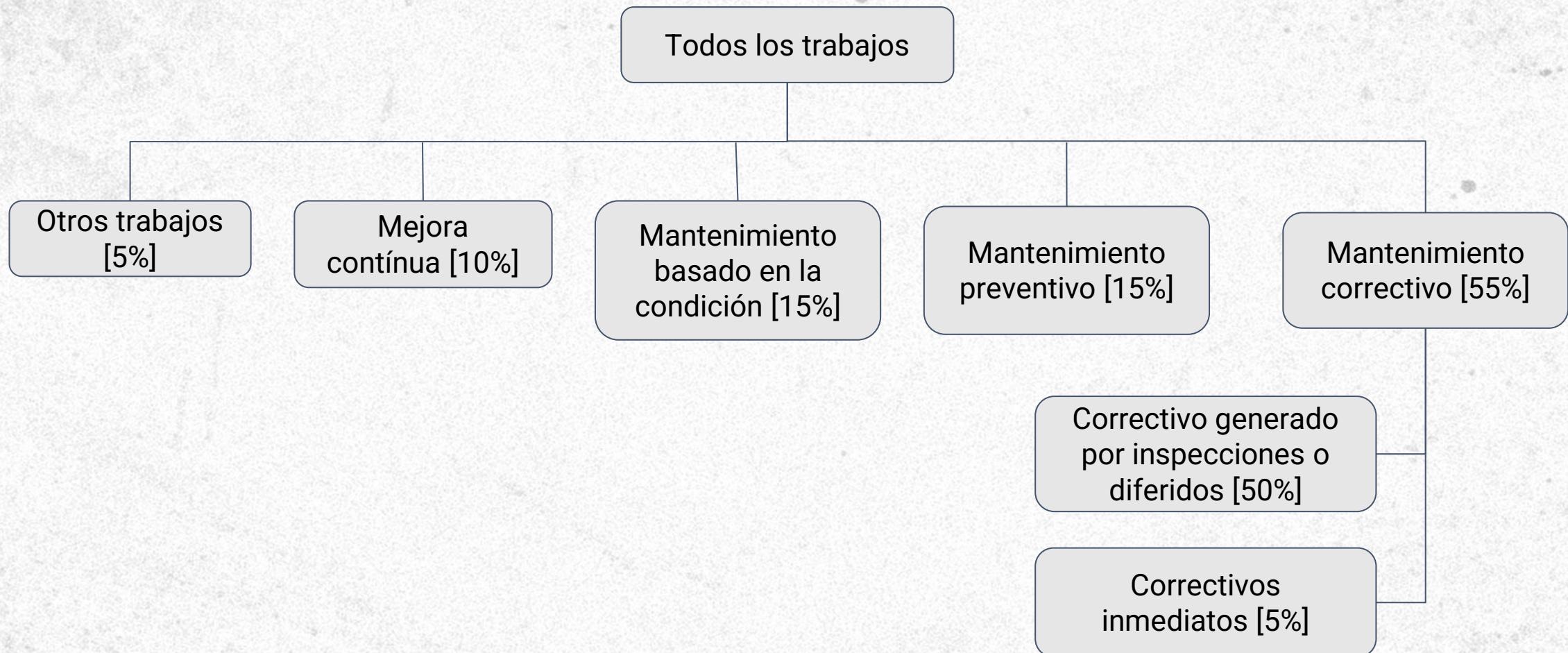
Causa humana

Causa latente

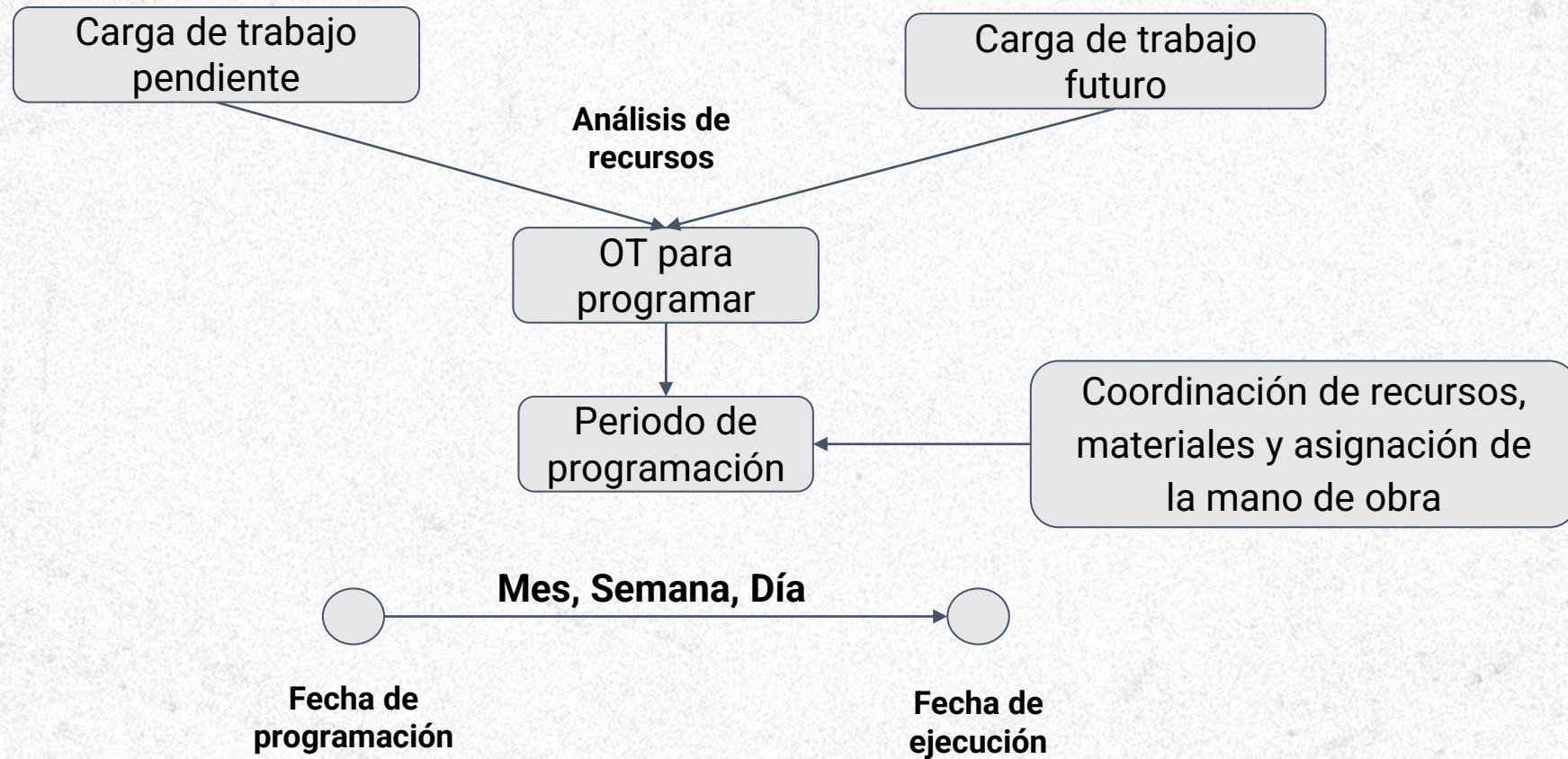
# Gestión del trabajo



# Distribución del trabajo según SMRP



# Programación de OTs



# Clasificación de OTs

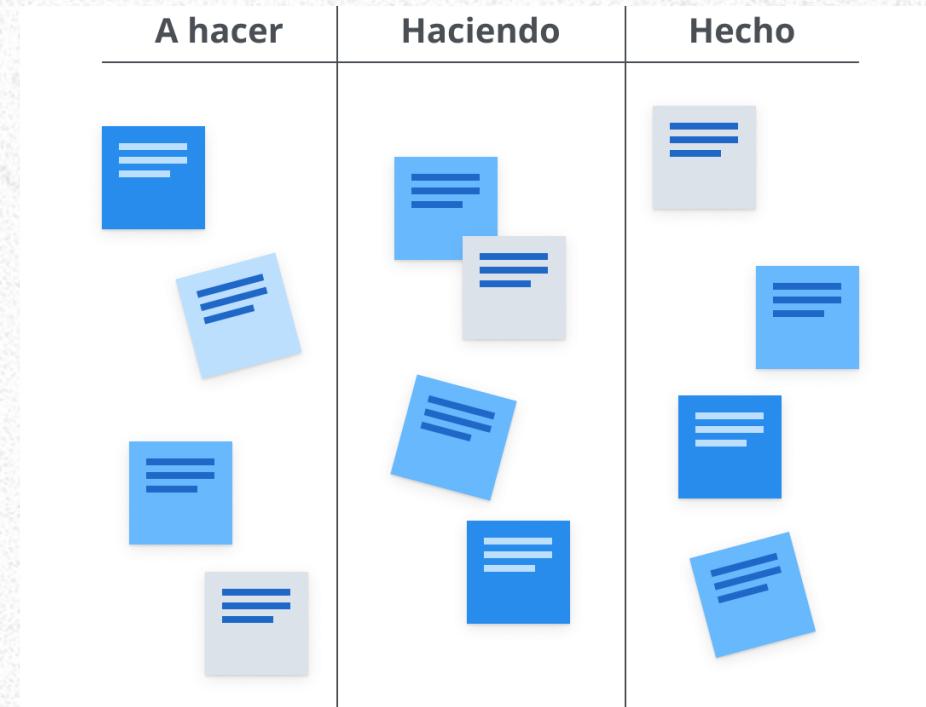
Zona	Antigüedad de la OT (Días)
A	Menor a 30 días
B	Entre 30 y 60 días
C	Entre 60 y 90 días
D	Mayor a 90 días

# Priorización de OTs

Prioridades	Tiempo de atención	Calificación
Emergencia	Inmediata	0
Urgencia	Menor a 1 día	1
Necesaria	Menor a 7 días	2
Deseable	Menor a 30 días	3
Prorrogable	Puede dejarse de ejecutar	4

# Método KANBAN

Kanban es un término de japonés que significa "Señal visual", "tarjeta" o "valla publicitaria". Es un término apropiado ya que este método es un sistema de gestión de trabajo de forma visual. A diferencia de otros métodos de organización que se centran en organizar el trabajo en el largo plazo, Kanban se centra en la evolución del trabajo.



# Método KANBAN

Por último, Kanban fomenta la flexibilidad y la mejora continua, lo que puede llevar a equipos más ágiles y adaptables. Sin embargo, puede no ser adecuado para todos los equipos, ya que no es tan común entre los equipos no técnicos. Además, si hay demasiado trabajo en curso, puede resultar abrumador.

La forma más fácil de entender Kanban es aceptar su filosofía y luego aplicarla a su trabajo diario. Visualizar el flujo de trabajo, establecer los límites del trabajo en curso (WIP), gestionar el flujo, asegurar políticas explícitas y la mejora colaborativa llevarán irremediablemente a una mejora de los procesos.

	Por hacer		Desarrollo		Revisión		Aprobación		Terminado	
	Procesando	Listo								
Equipo 1										
Equipo 2										
Equipo 3										

# Practicar usando TRELLO



# Backlog

- **Capacidad del personal**

La parte del complemento de mano de obra de mantenimiento semanal que está disponible para trabajar en el trabajo atrasado. Es la suma de las horas regulares por semana de cada miembro del personal, más horas extra programadas, menos compromisos indirectos (por ejemplo, capacitación, reuniones, vacaciones, etc.).

- **Horas de trabajo planificadas**

Trabajo que ha pasado por un proceso de planificación formal para identificar mano de obra, materiales, herramientas y requerimientos de seguridad. Esta información se reúne en un paquete de plan de trabajo y se comunica a los técnicos antes del inicio del servicio.

- **Trabajo listo**

Trabajo que se ha preparado para la ejecución (p. ej., se ha realizado la planificación necesaria, materiales se han estimado los requisitos de mano de obra).

# Planned backlog

Esta métrica es la combinación de la cantidad de trabajo que se ha planificado completamente para su ejecución pero **no está listo para ser programado** y el **trabajo que está listo para ser realizado**.

El objetivo de esta métrica es medir la cantidad de trabajo que queda por realizar para garantizar que los recursos laborales estén equilibrados con el trabajo disponible e identificar posibles brechas en la disponibilidad de recursos. También se puede utilizar para identificar problemas de recursos de planificación.

$$\text{Planned Backlog (semanas)} = (\text{Trabajo planificado} + \text{Trabajo listo}) / \text{Capacidad del personal}$$

## Objetivo:

El Planned Backlog debe estar entre 4 y 6 semanas.

# Planned backlog

- ✓ Base de tiempo: Semanal, mensual o según lo requieran las necesidades de la instalación.
- ✓ Todos los componentes deben medirse en las mismas unidades, generalmente horas-hombre.
- ✓ Esta métrica es utilizada por la gestión de mantenimiento, supervisión, planificadores y programadores. equilibrar los recursos laborales con el trabajo disponible.
- ✓ Si no hay suficientes recursos disponibles, los trabajadores pueden trabajar horas extras o los contratistas pueden ser para complementar la fuerza de trabajo con el fin de mantener la capacidad laboral equilibrada con la carga de trabajo
- ✓ El retraso planificado puede variar según las necesidades de la instalación y el estado de los principales reacondicionamientos, paradas o grandes proyectos de mantenimiento.
- ✓ Es posible que el trabajo pendiente planificado no esté listo para programar por varias razones, como el tiempo asociado con la disponibilidad del equipo, problemas o preocupaciones ambientales, tiempo de respuesta planificación, disponibilidad de materiales, disponibilidad de herramientas o equipos especiales (p. ej., grúa esperando acceso al equipo desde producción, etc.)

# Planned backlog

## EJEMPLO

Una cuadrilla compuesta por 10 técnicos trabaja una semana estándar de 40 horas con un 6 % de horas extra autorizadas cada semana. Hay 200 horas de trabajo atrasado planificado que aún no está listo para ser programado y 845 horas de trabajo listo. Dos trabajadores están programados para estar de vacaciones durante la semana y uno es reasignado al departamento de ingeniería. Cada trabajador también debe pasar 2 horas por semana en entrenamiento basado en computadora. El consumo promedio semanal por trabajo de emergencia es de 46 horas. Las reuniones de seguridad se llevan a cabo los miércoles por la mañana y tiene una duración de 30 minutos.

## Capacidad del personal

- Horas regulares disponibles =  $10 \text{ personas} \times 40 \text{ horas/semana} = 400 \text{ horas/semana}$
- Horas extra aprobadas (6 % del tiempo normal) =  $0,06 \times 400 \text{ horas/semana} = 24 \text{ horas/semana}$

## Capacidad del personal (bruta)

- $400 \text{ horas (tiempo regular)} + 24 \text{ horas (tiempo extra)} = 424 \text{ horas/semana}$

# Planned backlog

## Impactos de capacidad:

- Vacaciones =  $(2 \text{ trabajadores} \times 40 \text{ horas}) + (0,06 \times 2 \text{ trabajadores} \times 40 \text{ horas}) = 84,8 \text{ horas}$
- Reasignado =  $(1 \text{ Trabajador} \times 40 \text{ horas}) + (0,06 \times 1 \text{ trabajador} \times 40 \text{ horas}) = 42,4 \text{ horas}$
- Formación programada =  $7 \text{ trabajadores} \times 2 \text{ horas} = 14 \text{ horas}$
- Reunión de seguridad =  $7 \text{ trabajadores} \times 0,5 \text{ hora} = 3,5 \text{ horas}$
- Consumo promedio semanal por trabajo de emergencia =  $46 \text{ horas}$

## Impactos de capacidad total:

$84,8 \text{ horas} + 42,4 \text{ horas} + 14 \text{ horas} + 3,5 \text{ horas} + 46 \text{ horas} = \mathbf{190,7 \text{ horas}}$

Capacidad del personal (neta) =  $424 \text{ horas/semana} - 190,7 \text{ horas/semana} = \mathbf{233,3 \text{ horas/semana}}$

Planned Backlog (semanas) =  $(\text{Trabajo planificado} + \text{Trabajo listo}) / \text{Capacidad del personal}$

- Planned Backlog (semanas) =  $(200 \text{ horas} + 845 \text{ horas}) / 233,3 \text{ horas/semana}$
- Planned Backlog (semanas) =  $1045 \text{ horas} / 233,3 \text{ horas/semana}$
- Planned Backlog = **4,48 semanas**

# Ready backlog

Esta métrica es la cantidad de trabajo que se ha preparado completamente para su ejecución, pero que aún no se ha sido ejecutado. Es un trabajo para el cual se ha **realizado toda la planificación y se han adquirido los materiales**, pero está a la espera de ser programado para su ejecución.

Esta métrica mide la cantidad de trabajo que aún debe realizarse para garantizar que los recursos laborales se utilicen de manera equilibrada con el trabajo disponible.

$$\text{Ready Backlog (semanas)} = \text{Trabajo listo} / \text{Capacidad del personal}$$

## Objetivo:

El Ready Backlog debe estar entre 2 y 4 semanas.

# Ready backlog

- ✓ Base de tiempo: Semanal.
- ✓ Esta métrica es utilizada por la gestión de mantenimiento para equilibrar los recursos de mano de obra contra trabajo disponible. Si no hay suficientes recursos disponibles, los trabajadores pueden trabajar horas extras o se pueden utilizar contratistas para complementar la fuerza laboral a fin de mantener la capacidad laboral, equilibrando la carga de trabajo.
- ✓ Si la acumulación de trabajo listo es inferior a dos semanas, puede ser difícil crear un cronograma semanal para todo el equipo de trabajo.
- ✓ Si el atraso listo es mayor a cuatro semanas, existe la probabilidad de que el trabajo no se complete de manera oportuna (por ejemplo, envejecimiento excesivo de la orden de trabajo).
- ✓ De dos a cuatro semanas de trabajo atrasado facilita la programación nivelada del equipo de trabajo.

# Ready backlog

Una cuadrilla compuesta por 10 técnicos trabaja una semana estándar de 40 horas con un 6 % de horas extra autorizadas cada semana. Hay 845 horas de acumulación lista. Dos trabajadores están programados para estar en vacaciones durante la semana y 1 técnico es reasignado al departamento de ingeniería.

También se requiere que cada trabajador pase 2 horas por semana en capacitación basada en computadora. El consumo promedio semanal por trabajo de emergencia es de 46 horas. Las reuniones de seguridad se llevan a cabo los miércoles por la mañana y tiene una duración de 30 minutos.

## **La capacidad semanal del personal es la siguiente:**

- Horas regulares disponibles =  $10 \text{ personas} \times 40 \text{ horas/semana} = 400 \text{ horas/semana}$
- Horas extra programadas (6 % del tiempo normal) =  $0,06 \times 400 \text{ horas/semana} = 24 \text{ horas/semana}$
- Capacidad semanal bruta =  $400 \text{ horas de tiempo continuo} + 24 \text{ horas de tiempo extra} = 424 \text{ horas/semana}$

# Ready backlog

## **Los compromisos indirectos son los siguientes:**

- Vacaciones =  $(2 \text{ trabajadores} \times 40 \text{ horas}) + (0,06 \times 2 \text{ trabajadores} \times 40 \text{ horas}) = 84,8 \text{ horas}$
- Reasignado =  $(1 \text{ trabajador} \times 40 \text{ horas}) + (0,06 \times 1 \text{ trabajador} \times 40 \text{ horas}) = 42,4 \text{ horas}$
- Formación programada =  $7 \text{ trabajadores} \times 2 \text{ horas} = 14 \text{ horas}$
- Reunión de seguridad =  $7 \text{ trabajadores} \times 0,5 \text{ hora} = 3,5 \text{ horas}$
- Compromisos indirectos totales =  $84,8 \text{ horas} + 42,4 \text{ horas} + 14 \text{ horas} + 3,5 \text{ horas} = 144,7 \text{ horas}$

## **Los compromisos directos son los siguientes:**

- Consumo promedio semanal por trabajo de emergencia = 46 horas
- Capacidad neta del personal para la semana = Capacidad bruta del personal – (Compromisos indirectos + Compromisos directos)
- Capacidad neta del personal para la semana =  $424 \text{ horas} - (144,7 \text{ horas} + 46 \text{ horas})$
- Capacidad neta del personal para la semana =  $424 \text{ horas} - 190,7 \text{ horas} = 233,3 \text{ horas}$

**Ready Backlog = 845 horas / 233,3 horas = 3,62 semanas**

