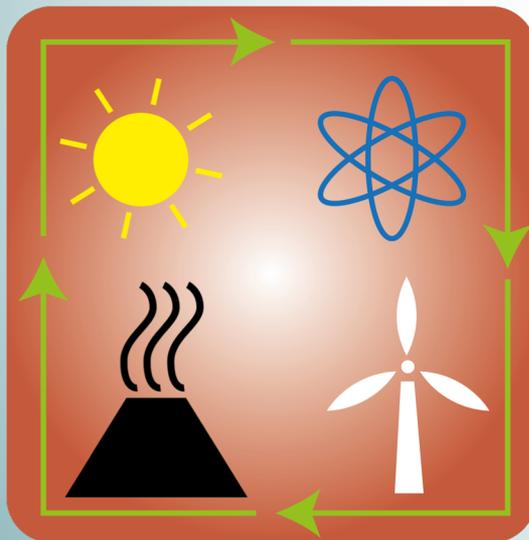


Dirección y Gestión de la Producción Minera/Energética

11. Decisiones sobre Equipos Industriales



Noemí Barral Ramón
Raúl Husillos Rodríguez

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y TECNOLOGÍA DE
PROYECTOS Y PROCESOS

Este material se ofrece bajo licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



11.1.- Mantenimiento: Concepto y tipos

- **Mantenimiento:** pretende conservar los bienes de equipo en buen estado y prevenir sus posibles fallos, para conseguir, con un coste mínimo, que el proceso productivo se interrumpa lo menos posible.
- **Tipos:**
 1. Mantenimiento Correctivo.
 2. Mantenimiento Preventivo Sistemático.
 3. Mantenimiento Preventivo Predictivo.
 4. Mantenimiento Modificativo.
 5. Mantenimiento Productivo Total.

11.1.- Mantenimiento: Concepto y tipos

- **Mantenimiento Correctivo:** fallos o averías no controladas.
 - Consiste en esperar la avería para repararla.
 - Es difícil de planificar, ya que existe incertidumbre respecto a cuándo se va a producir la avería.
 - Se lleva a cabo en:
 - Componentes o piezas: la avería no afecta a la producción.
 - Máquinas: La avería afecta a la producción.
 - Puede ser:
 - Paliativo: se trata de un arreglo temporal.
 - Curativo: si la reparación es definitiva.

- **Mantenimiento Preventivo Sistemático:**
 - Consiste en realizar operaciones (engrasar, cambiar componentes, inspecciones,...) para evitar averías (mantenimiento correctivo).
 - Tiene también coste (personal especializado, repuesto, ...) pero es más fácil de programar y planificar que el correctivo.

11.1.- Mantenimiento: Concepto y tipos

- **Mantenimiento Preventivo Predictivo:** control de los consumos.
 - Se lleva a cabo en el instante en que se detecten desviaciones (ruidos, vibraciones) respecto al comportamiento normal de las máquinas, o bien, hacer un seguimiento regular de un equipo con la intención de detectar las desviaciones respecto del comportamiento normal del mismo.
 - Uso de sistemas expertos: recogen información periódica proveniente de sensores que identifican situaciones críticas en la vida de determinadas máquinas y componentes.

- **Mantenimiento Modificativo:**
 - Consiste en aprovechar la experiencia adquirida e introducir modificaciones en los equipos con el fin de corregir posibles errores en el diseño original.
 - Colaboración de departamentos de Producción, Ingeniería, personal de Ventas, etc.

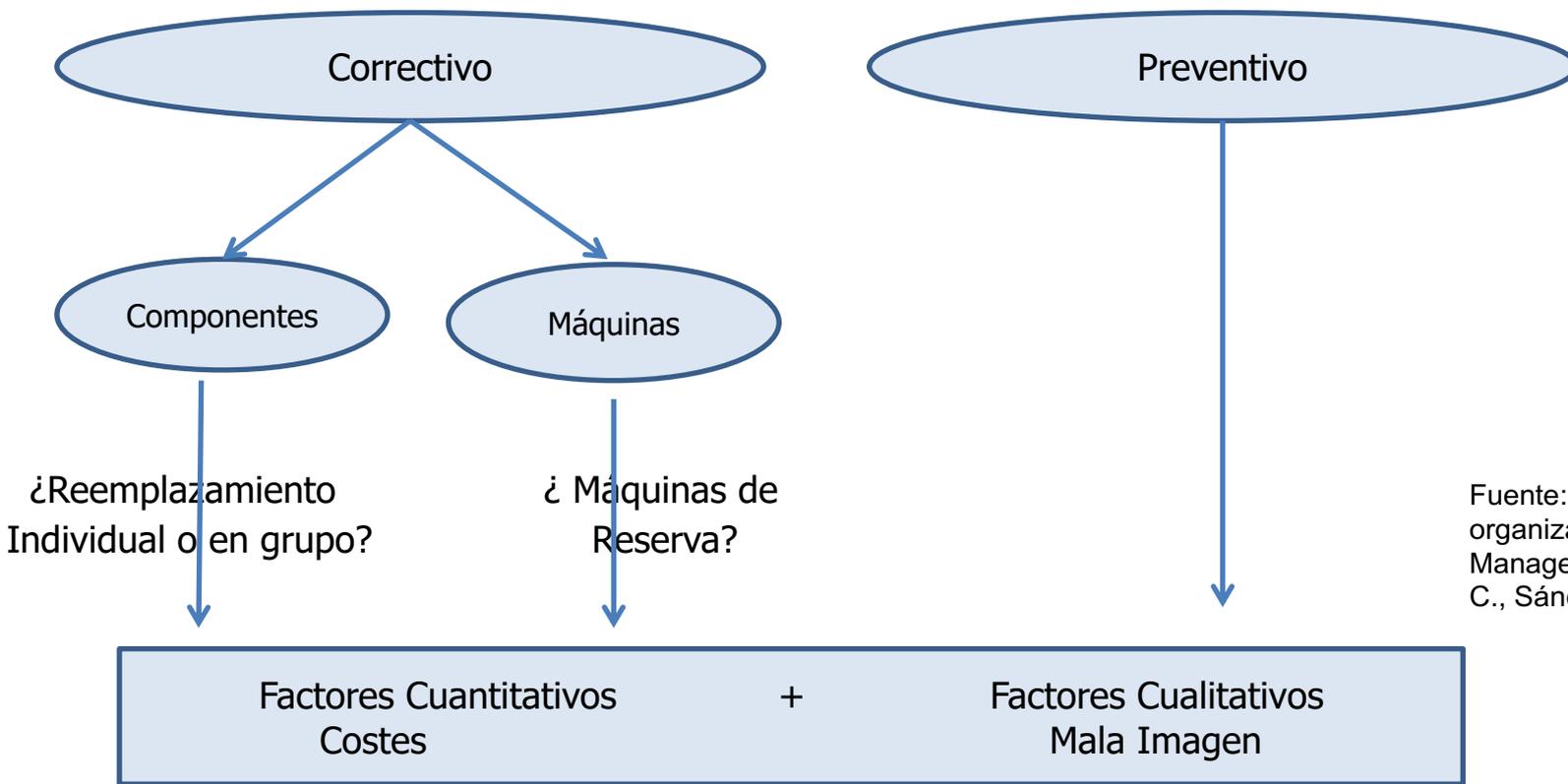
11.1.- Mantenimiento: Concepto y tipos

- **Mantenimiento Productivo Total:**

- Consiste en involucrar a los trabajadores dedicados a tareas productivas en labores de prevención, detección y corrección de las anomalías de diseño o funcionamiento de las máquinas.
- Desarrollan actividades de:
 - Limpiar el polvo y basura, lubricar y ajustar piezas.
 - Adoptar medidas contra fuentes de averías.
 - Proponer sistemas estándar para realizar las actividades de mantenimiento en el mejor tiempo posible.
 - Detectar y reparar defectos menores de los equipos.

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

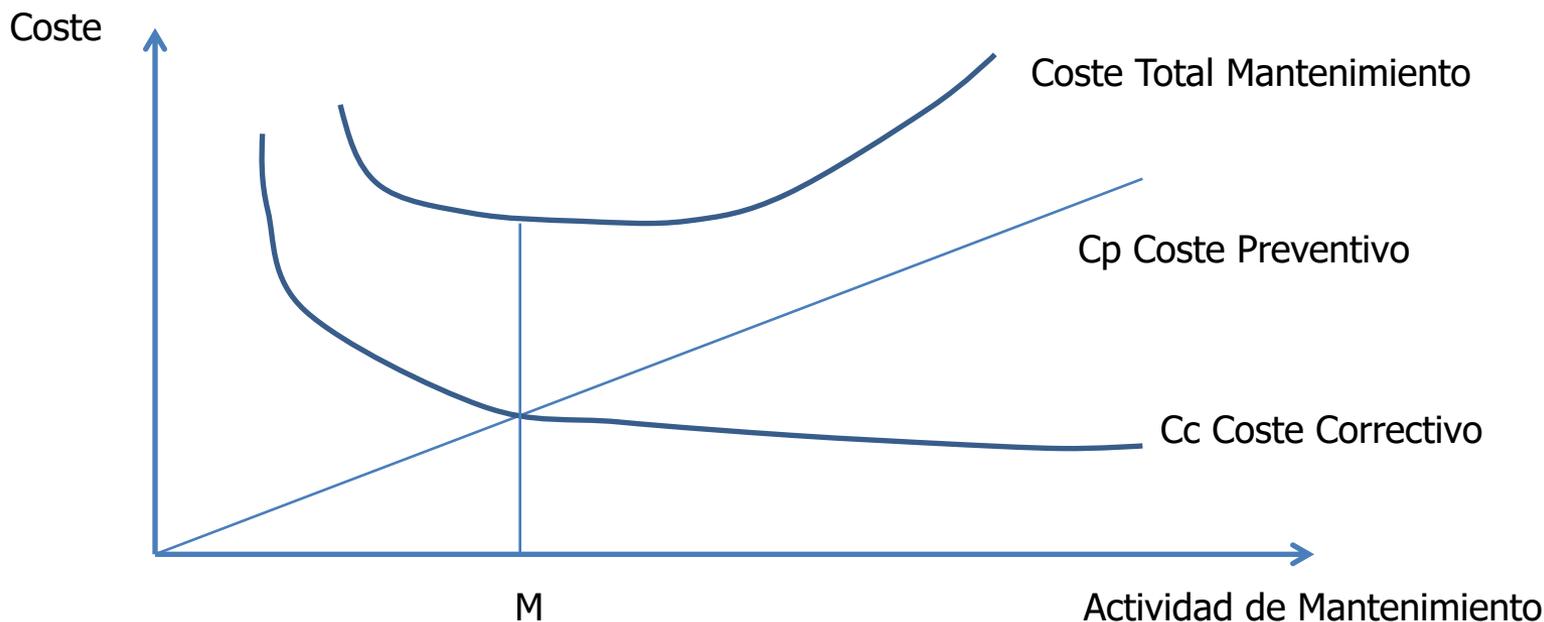
✓ ¿Qué tipo de mantenimiento elegir?



Fuente: Business organization and Management. García, C., Sánchez, G.

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

- Dado que, cuanto más frecuente se realice el mantenimiento preventivo, caben esperar menores costes de reparación y viceversa, es preciso buscar el nivel de mantenimiento más adecuado.



$$C_{TM} = C_F + C_V \cdot \text{Avería}$$

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

✓ Estrategias de Mantenimiento Preventivo:

- Si el coste causado por las averías es mayor que el de disponer de un sistema de mantenimiento preventivo que reduce la probabilidad de ocurrencia de averías, resulta interesante introducir el mantenimiento preventivo.
- Ahora bien, una gran cantidad de mantenimientos pueden ser ineficientes, por lo que existirá un punto de equilibrio (frecuencia entre mantenimientos) que haga mínimos los costes totales asociados a esta actividad.
- **Procedimiento:**
- Supongamos que se dispone de N máquinas. Para cada una se ha registrado el tiempo que permanece ininterrumpidamente sin averiarse, obteniendo así una probabilidad p_i de que se averíe exactamente $i > 0$ unidades de tiempo tras ser reparada o haberle hecho el mantenimiento.
- Calculemos en primer lugar el número B_i de averías esperadas entre mantenimiento y mantenimiento, cuando éste se hace cada i periodos.
- Lo haremos iterativamente.

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

✓ Estrategias de Mantenimiento Preventivo:

- Supongamos que el mantenimiento se hace en cada uno de los periodos (mensualmente, por ejemplo).
- El número de averías será:

$$B1 = Np1$$

- Cuando se hace cada dos periodos, en el primero cabe esperar $Np1$ y en el segundo $Np2$.
- Ahora bien, las $Np1$ averiadas en el primer periodo tienen una probabilidad $p1$ de averiarse de nuevo a lo largo del segundo, es decir:

$$B2 = N(p1 + p2) + (Np1) p1 = N(p1 + p2) + B1 p1$$

- Si lo hacemos cada 3, las averías originales esperadas son $Np1$, $Np2$, $Np3$ respectivamente en cada periodo.
- En el segundo además pueden producirse $(Np1)p1$ originadas por las $Np1$ arregladas durante el periodo anterior.
- En el tercero ocurrirán $(Np1)p2$ de las arregladas en el primero más $(Np2) p1$ de las que surgieron en el segundo y no en el primero y las $(Np1 p1)p1$ de las que lo hicieron en el segundo tras ser arregladas en el primero.

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

✓ Estrategias de Mantenimiento Preventivo:

- Es decir:

$$\begin{aligned}
 B_3 &= [N(p_1 + p_2 + p_3)] + [Np_1 p_1 + Np_2 p_1 + Np_1 p_1 p_1] + [Np_1 p_2] = \\
 &= N(p_1 + p_2 + p_3) + [N(p_1 + p_2) + B_1 p_1] p_1 + B_1 p_2 = \\
 &= N(p_1 + p_2 + p_3) + B_2 p_1 + B_1 p_2
 \end{aligned}$$

- Por lo tanto, en general, realizando el mantenimiento cada $n > 1$ períodos será:

$$B_n = N(p_1 + p_2 + \dots + p_n) + B_{n-1} p_1 + B_{n-2} p_2 + \dots + B_1 p_{n-1}$$

- El número de averías producidas en todo ese tiempo.

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

✓ Estrategias de Mantenimiento Preventivo:

- Para comparar entre las diferentes frecuencias de mantenimiento cuál es la más adecuada, hay que sumar al coste propio del mantenimiento preventivo el del correctivo que cabe esperar.
- Para compararlas, hay que reducir todos los costes al coste por período, y aquella frecuencia para la que se obtenga un menor valor, será la elegida.
- Como el tiempo sin averías es $\sum i p_i$ períodos, el coste por período cuando no hay ningún tipo de mantenimiento será:

$$(C_c N) / \sum i p_i.$$

- Si el coste óptimo con mantenimiento preventivo es superior a éste, no será de interés realizar aquel tipo de mantenimiento.

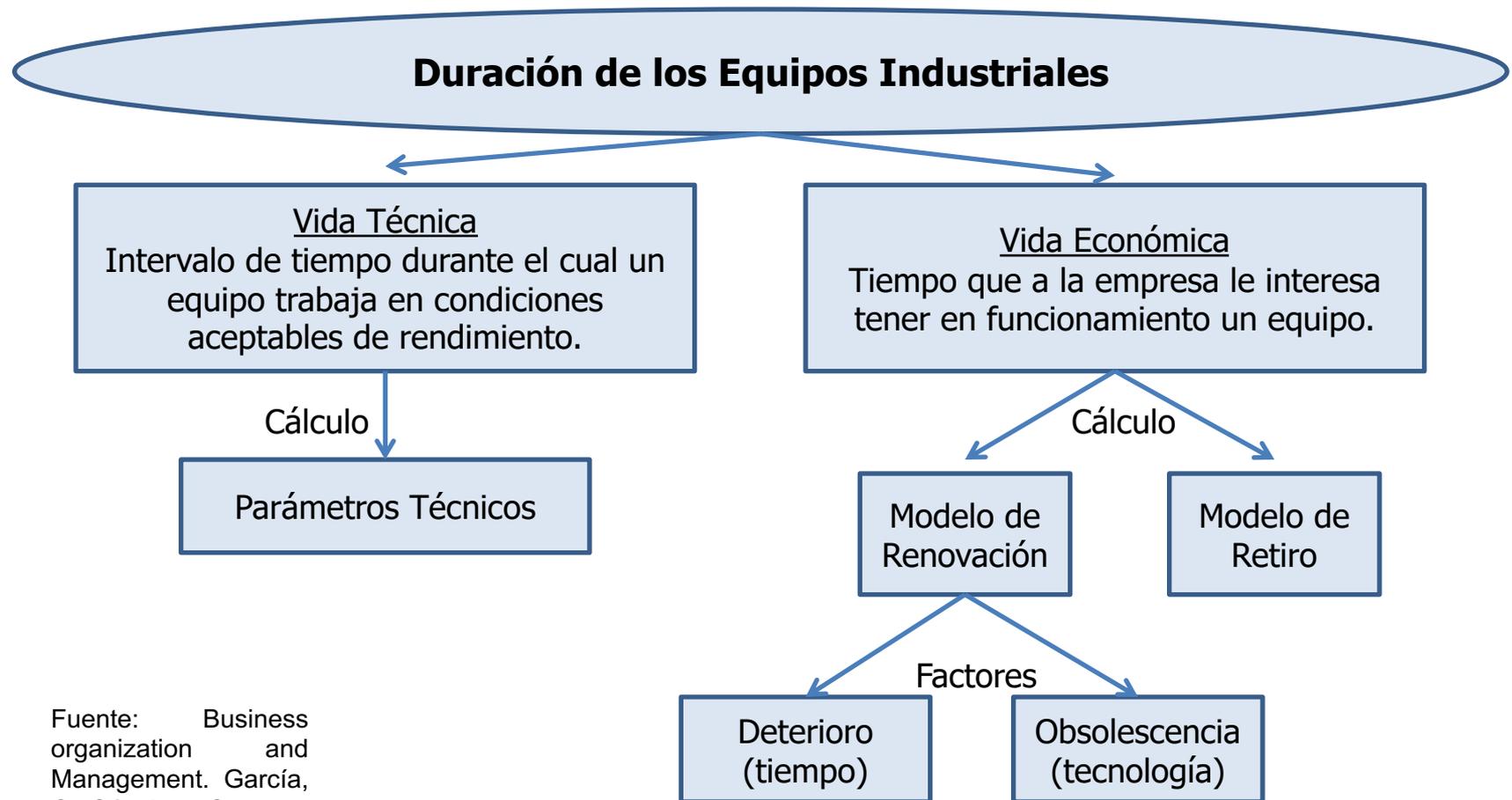
11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

- ✓ **Estrategias de Mantenimiento Correctivo: Reemplazamiento individual Vs en grupo.**
 - Si no resulta interesante un sistema de mantenimiento preventivo, el equipo o componente se mantendrá funcionando hasta que se averíe.
 - En ocasiones, lo que resulta caro al hacer el mantenimiento correctivo no es el valor del componente cambiado, sino el coste que la reparación lleva asociada
 - 
Reemplazamiento en grupo
- Posibles estrategias:
 - Cambiar periódicamente todas las piezas independientemente de su estado.
 - Cambiar todas en el momento en que una se averíe.

11.2.- Decisiones: Mantenimiento Correctivo Vs Preventivo

- ✓ **Estrategias de Mantenimiento Correctivo: Máquinas de reserva.**
 - Aunque la avería pueda afectar a la producción, puede ser conveniente realizar un mantenimiento correctivo disponiendo de una máquina en reserva.
 - No es necesario comprar equipos duplicados; la máquina obsoleta puede quedar en reserva para paliar cualquier contingencia con la nueva.
 - Inconvenientes: maquinaria no utilizada también se estropea y existen costes de almacenamiento.

11.3.- Renovación



Fuente: Business organization and Management. García, C., Sánchez, G.

11. Decisiones sobre Equipos Industriales

- García, C., Sánchez, G. *Business Organization and Management*. Escuela de Ingenierías. Universidad de León.
- Cuatrecasas, Ll. (2011). *Organización de la Producción y Dirección de Operaciones. Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Díaz de Santos.