

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA
TECNICATURA UNIVERSITARIA EN MECATRÓNICA

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 2021

ING. LEONARDO SANTA CRUZ

UNIDAD 1 – 1.2

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Máxima producción:** asegurar la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Máxima producción:** asegurar la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas.
- **Mínimo costo:** reducir las fallas, incrementar la vida útil de los equipos, optimizar el stock de repuestos, no salirse del presupuesto anual de mantenimiento.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Máxima producción:** asegurar la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas.
- **Mínimo costo:** reducir las fallas, incrementar la vida útil de los equipos, optimizar el stock de repuestos, no salirse del presupuesto anual de mantenimiento.
- **Calidad:** eliminar las averías que afecten a la calidad de los productos.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Máxima producción:** asegurar la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas.
- **Mínimo costo:** reducir las fallas, incrementar la vida útil de los equipos, optimizar el stock de repuestos, no salirse del presupuesto anual de mantenimiento.
- **Calidad:** eliminar las averías que afecten a la calidad de los productos.
- **Conservación de la energía:** conservar el estado de las instalaciones auxiliares, evitar el exceso de paros y marchas, controlar el rendimiento de los equipos.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Conservación del medio ambiente:** evitar fugas contaminantes, hacer un manejo responsable de los residuos.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Conservación del medio ambiente:** evitar fugas contaminantes, hacer un manejo responsable de los residuos.
- **Higiene y seguridad:** mantener las protecciones en los equipos, asegurar que los equipos funcionen correctamente.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Conservación del medio ambiente:** evitar fugas contaminantes, hacer un manejo responsable de los residuos.
- **Higiene y seguridad:** mantener las protecciones en los equipos, asegurar que los equipos funcionen correctamente.
- **Implicación del personal:** procurar la participación del personal para lograr TPM.

OBJETIVOS GENERALES DEL MANTENIMIENTO

- **Conservación del medio ambiente:** evitar fugas contaminantes, hacer un manejo responsable de los residuos.
- **Higiene y seguridad:** mantener las protecciones en los equipos, asegurar que los equipos funcionen correctamente.
- **Implicación del personal:** procurar la participación del personal para lograr TPM.

VARIABLES DEL MANTENIMIENTO

¿Qué variables intervienen en el logro de estos objetivos?

- Fiabilidad
- Disponibilidad
- Mantenibilidad
- Calidad
- Seguridad
- Costo
- Entrega / plazo

FIABILIDAD O CONFIABILIDAD (RELIABILITY)

La Fiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.

Como toda probabilidad, puede variar entre 0 (certeza de falla) y 1 (certeza de buen funcionamiento).

DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

Así la disponibilidad depende de la frecuencia de las fallas y del tiempo que nos demande reanudar el servicio.

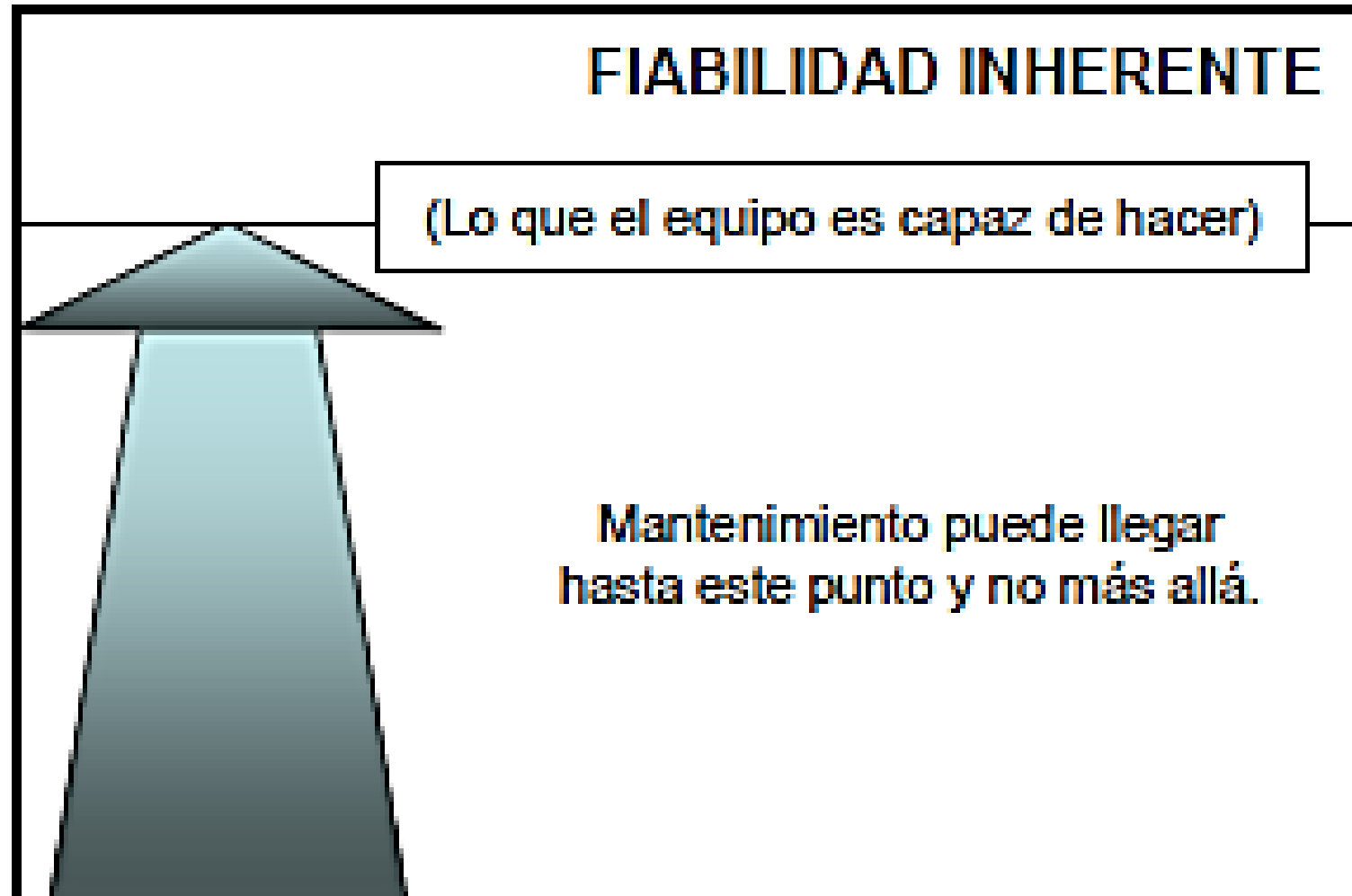
MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

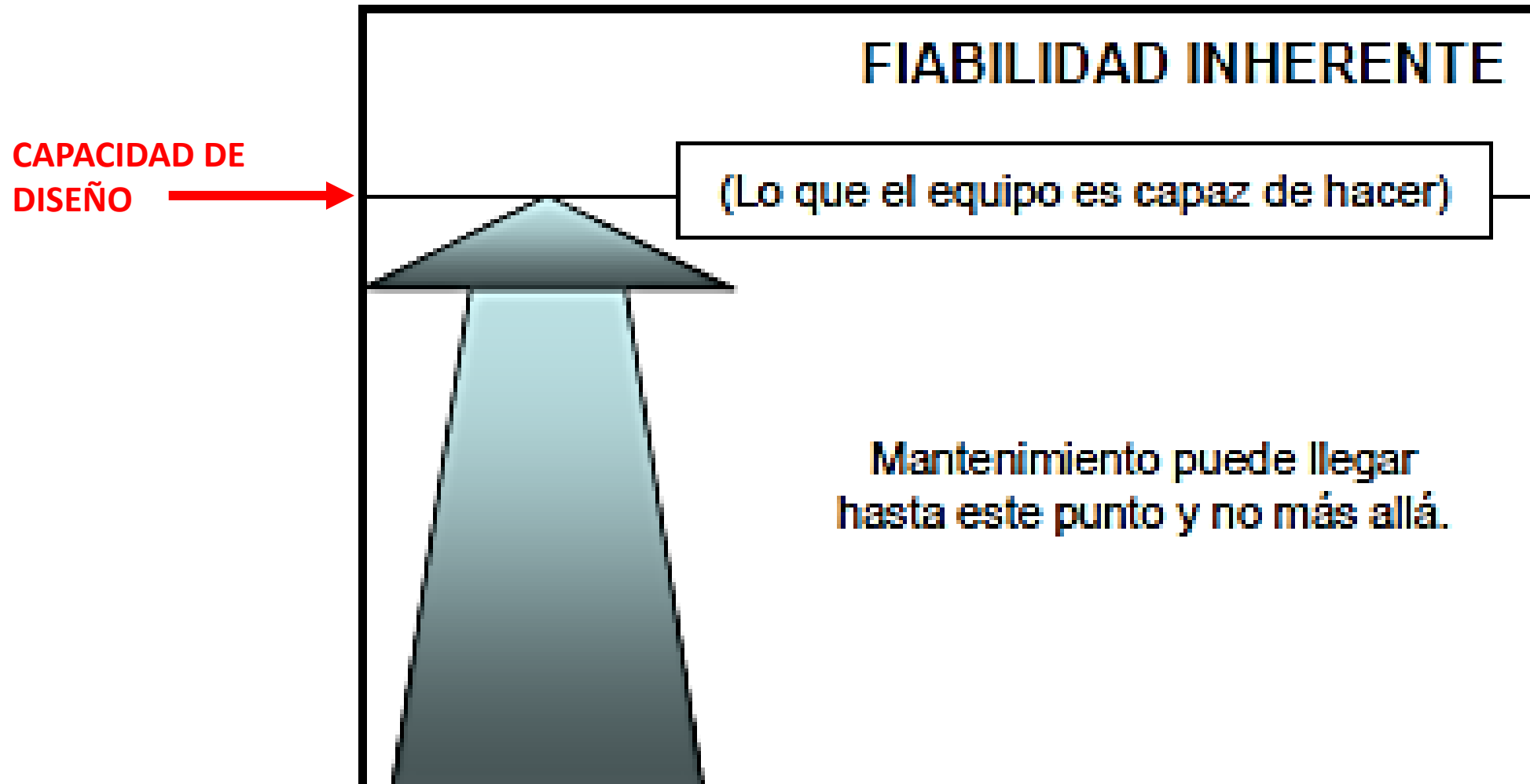
Recuerde...

- CADA EQUIPO O PROCESO TIENE SU FIABILIDAD (CONFIABILIDAD) PROPIA. EL MANTENIMIENTO NO PUEDE AUMENTARLA.
- EN OTRAS PALABRAS, SI UN EQUIPO ES INCAPAZ DE CUMPLIR EL ESTÁNDAR DESEADO DE FUNCIONAMIENTO DESDE SU DISEÑO, EL MANTENIMIENTO (REFERIDO A LAS TAREAS EXCLUSIVAS DE MANTENIMIENTO) *POR SÍ SOLO* NO PUEDE LOGRARLO.

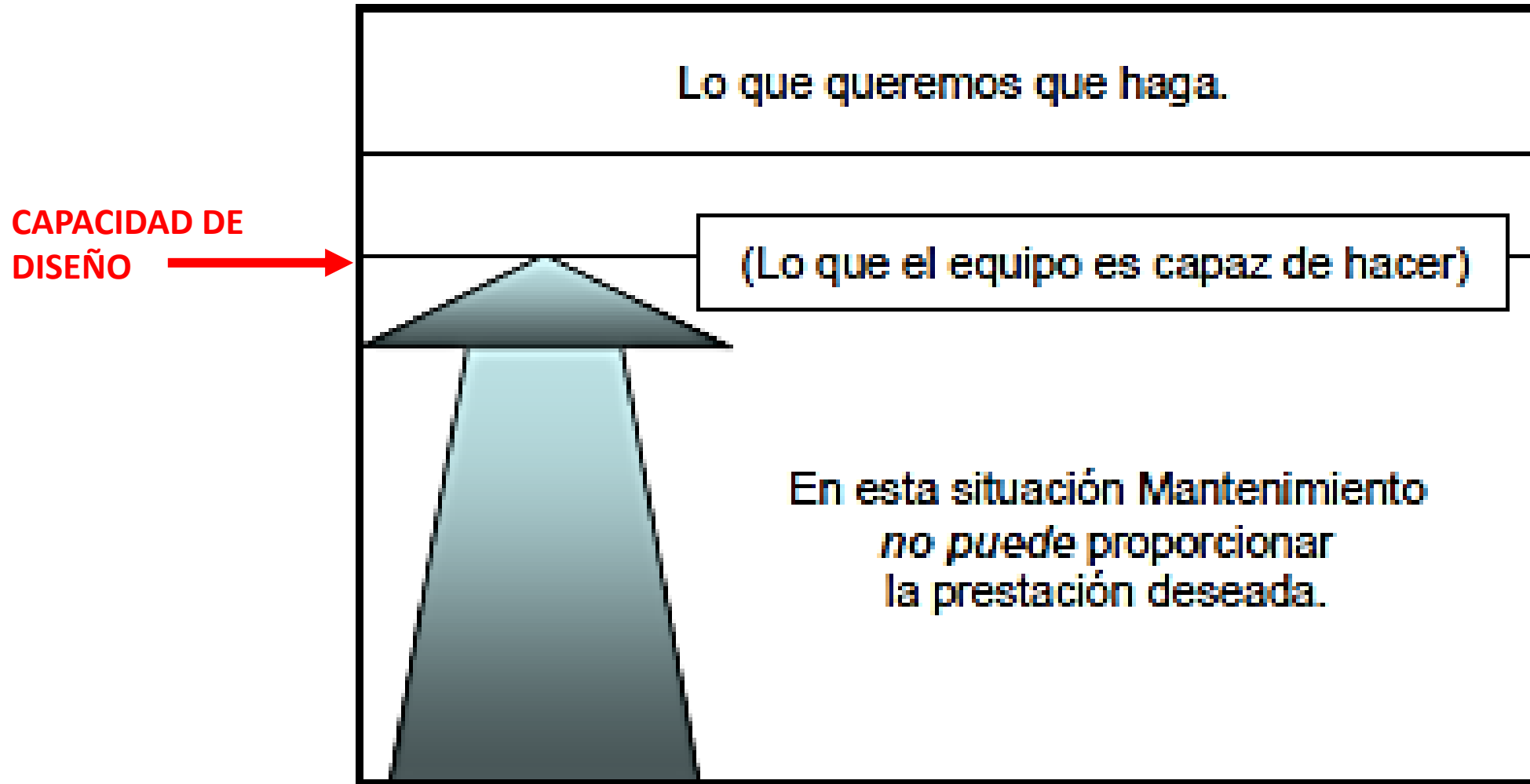
Si la prestación deseada excede a la capacidad de diseño, por más completo que sea el mantenimiento, no se la podrá conseguir.



Si la prestación deseada excede a la capacidad de diseño, por más completo que sea el mantenimiento, no se la podrá conseguir.



Si la prestación deseada excede a la capacidad de diseño, por más completo que sea el mantenimiento, no se la podrá conseguir.



- Existe alguna relación entre estas variables?

INTRODUCCIÓN A LOS ÍNDICES DE CLASE MUNDIAL

- Se llaman índices de clase mundial a aquellos que son utilizados con la misma expresión en todos los países.

Tiempo Medio Para la Falla (MTTF)

- Se usa para equipos que no son reparables, o sea que ante una falla son recambiados:

$$MTTF = \frac{\sum \text{Tiempo de operación considerado} \cdot N^{\circ} \text{ de equipos}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

- Indica (en promedio) con qué frecuencia se producirá la avería. Dicho de otra manera, **las horas de servicio**.
- El cálculo estadístico (descriptivo) será más exacto cuanto más extenso sea el tiempo considerado y mayor la cantidad de equipos.
- Es una estimación que no debe confundirse con la vida útil, ya que no tenemos información sobre la dispersión.

Tiempo Medio Para la Falla (MTTF)

$$MTTF = \frac{\sum \text{Tiempo de operación considerado} \cdot N^{\circ} \text{ de equipos}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$$

- CALCULAR: en una planta industrial que funciona con luz artificial las 24hs de los 7 días de la semana tenemos 100 tubos led de 18W, de los cuales se han cambiado 35 en últimos 2 años. ¿Cuál es el TMPF de uno de estos tubos led?

Tiempo Medio Para la Falla (MTTF)

- En caso de sistemas complejos, que puedan tener más de un modo de falla, la fórmula de cálculo es similar a la de un paralelo eléctrico.
- CALCULAR el TMPF total de un equipo que presenta un MTTF mecánico de 6 años y un MTTF electrónico de 30 años.

Tiempo Medio Para la Falla (MTTF)

- En caso de sistemas complejos, que puedan tener más de un modo de falla, la fórmula de cálculo es similar a la de un paralelo eléctrico.
- Así, para n modos de fallos, el MTTF(S), se obtendrá de la siguiente fórmula:
$$(1 / \text{MTTF}(S)) = (1 / \text{MTTF}(1)) + (1 / \text{MTTF}(2)) + \dots + (1 / \text{MTTF}(n))$$

Tiempo Medio Para la Falla (MTTF)

- ¡OJO!
MTTF NO ES LO MISMO QUE VIDA ÚTIL.
- La vida útil es un caso especial de MTTF; es representativa del promedio de vida sólo cuando la dispersión (estadística) es baja.

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

- Se usa para equipos (o sistemas complejos) que son reparables:

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo de operación} - \textit{Tiempo de paradas no programadas}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ de fallas}}$$

Tiempo medio entre fallas (MTBF)

- $MTBF = \frac{\text{Tiempo de operación} - \text{Tiempo de paradas no programadas}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$

CALCULAR Y REFLEXIONAR:

- Si tenemos un torno operando 8 horas diarias (40 semanales) y falló 12 veces a lo largo del año quedando parado un total de 50 horas, ¿cuál es el MTBF?
- Si a las piezas que fabrica ese torno, luego pasan por una fresadora, la cual también falla a razón de 12 veces en el año con 50 horas de paradas, ¿cuál es el MTBF de todo el proceso de fabricación?

Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

- Se usa cuando el tiempo de reparación del equipo es significativo respecto al tiempo de operación. Este índice va a asociado al MTBF

$$\textit{Tiempo Medio Para Reparación} = \frac{\sum \textit{Tiempo total de intervención correctiva}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ total de fallas}}$$

Tiempo Medio Para Reparación (MTTR)

- Se usa cuando el tiempo de reparación del equipo es significativo respecto al tiempo de operación. Este índice va a asociado al MTBF

$$\textit{Tiempo Medio Para Reparación} = \frac{\sum \textit{Tiempo total de intervención correctiva}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ total de fallas}}$$

Aunque hay fórmulas más exactas (que veremos luego), la inversa del MTTR puede usarse como un índice de la **mantenibilidad** del equipo.

CALCULAR el índice de mantenibilidad del torno del ejemplo anterior.

Disponibilidad (Dt) o *performance*

- La disponibilidad es una función del tiempo que en la bibliografía podemos encontrar con muchas expresiones matemáticas distintas.
- Quizás la más simple sea:

$$D = \frac{TO - \sum TA}{TO}$$

- Donde TO es el tiempo operativo requerido y TA son los tiempos de parada o avería. La misma expresión se puede pensar como la relación entre el tiempo total y el tiempo de buen funcionamiento. Dicho de otra manera, **qué porcentaje del tiempo el equipo estuvo apto (disponible) para funcionar.**

Disponibilidad (Dt) o *performance*

- El índice de Disponibilidad es de gran importancia para la gestión del mantenimiento.
- Permite hacer un análisis selectivo de los equipos cuyo comportamiento operacional esté por debajo de estándares aceptables.
- Para su análisis, se recomienda poner en tablas mensuales con la disponibilidad de los equipos seleccionados y establecer un límite mínimo aceptable de sus valores.
- Ejemplo ilustrativo:

DISPONIBILIDAD DE EQUIPAMIENTOS

Sector: PROCESO 1

Periodo: 01/01/99 a 31/12/99

EQUIPO	Prom. Ant	Ene. 99	Feb. 99	Mar. 99	Abr. 99	May. 99	Jun. 99	Jul. 99	Ago. 99	Sep. 99	Oct. 99	Nov. 99	Dic. 99	Prom. Actual
DISYUNTOR GENERAL	97	100	100	92	100	83	100	100	100	100	100	100	81	96
DISYUNTOR A.C. SACE	91	100	88	100	100	100	79	100	100	100	100	100	100	97
TRAFO ASEA 1500 KVA	93	100	100	100	100	100	100	100	81	100	100	100	100	98
ESTABILIZADOR TECTROL	92	100	100	65	100	100	100	100	100	100	100	71	100	95
GRUPO ELETROGENO 1	97	100	100	41	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95
GRUPO ELETROGENO 2	94	100	100	100	38	100	100	100	100	100	100	100	100	95
TRAFO ITEL 750 KVA	89	100	52	100	100	100	100	100	84	100	100	100	100	95
AFTER COOLER 1	91	33	100	100	100	49	100	100	100	88	100	100	100	89
AFTER COOLER 2	90	62	100	83	100	100	91	100	78	56	100	100	67	91
COMPRESOR DE AIRE 1	91	92	100	100	84	89	100	94	91	81	100	100	53	90
COMPRESOR DE AIRE 2	90	62	100	83	100	100	80	100	100	100	37	100	100	89
DESTILADOR 1	84	100	100	84	100	100	100	100	49	100	100	21	100	88
DESTILADOR 2	94	100	71	100	100	38	100	82	100	100	100	85	100	96
DESTILADOR 3	82	100	100	100	75	100	100	100	100	48	100	100	100	94

Disponibilidad Relativa

- Como variante de cálculo pueden obtenerse las relaciones entre los tiempos de cada tipo de intervención en el equipo (discriminando cada tipo de mantenimiento) con relación a la suma de los tiempos.
- A ese tipo de cálculo se le denomina "Disponibilidad Relativa", cuya suma de valores siempre totalizarán 100%.

Disponibilidad Relativa

- Ejemplo:

Imaginemos que el "Horno #5", que opera 24 horas al día, presentó en el mes de agosto los siguientes tiempos totales en mantenimiento:

- Preventivo: 0,3 h
- Correctivo: 1,3 h
- Otros: 0,2 h

Se tiene que el tiempo total de mantenimiento fue de $0,3 + 1,3 + 0,2 = 1,8$ h

Por lo tanto, sus valores de indisponibilidad relativa serían:

- Indisponibilidad Relativa Preventiva = $(0,3/1,8) \times 100 = 16,67\%$
- Indisponibilidad Relativa Correctiva = $(1,3/1,8) \times 100 = 72,22 \%$
- Otros tipos Indisponibilidad Relativa = $(0,2/1,8) \times 100 = 11,11\%$

Disponibilidad Relativa

- Dando la impresión de una excesiva cantidad de correctivos.
- Pero en realidad la Disponibilidad Absoluta es:

$$\text{Disponibilidad} = [1 - 1,8 / 744] \times 100 = 99,76\%$$

Por lo tanto una indisponibilidad absoluta del 0,24%, así:

$$\text{Indisponibilidad Relativa Preventiva} = 16,67\% \times 0,24\% = 0,04\%$$

$$\text{Indisponibilidad Relativa Correctiva} = 72,22\% \times 0,24\% = 0,17\%$$

$$\text{Otros tipos de Indisponibilidad Relativa} = 11,11\% \times 0,24\% = 0,03\%$$

Calculando los índices ponderados, minimizamos impacto en el observador.

Disponibilidad Relativa

- Dando la impresión de una excesiva cantidad de correctivos.
- Pero en realidad la Disponibilidad Absoluta es:

$$\text{Disponibilidad} = [1 - 1,8 / 744] \times 100 = 99,76\%$$

Por lo tanto una indisponibilidad absoluta del 0,24%, así:

$$\text{Indisponibilidad Relativa Preventiva} = 16,67\% \times 0,24\% = 0,04\%$$

$$\text{Indisponibilidad Relativa Correctiva} = 72,22\% \times 0,24\% = 0,17\%$$

$$\text{Otros tipos de Indisponibilidad Relativa} = 11,11\% \times 0,24\% = 0,03\%$$

Calculando los índices ponderados, minimizamos impacto en el observador.

Confiabilidad

- Definimos confiabilidad como la probabilidad de que un equipo o sistema **cumpla con las funciones requeridas sin fallar**, durante un periodo de tiempo dado.
- Esto tiene relación con el tiempo medio para la falla antes visto

$$\textit{Tiempo Medio Para la Falla} = \frac{\sum \textit{Tiempo de operación considerado}}{\textit{N}^{\circ} \textit{ de fallas}}$$

Confiabilidad

- Invirtiendo la expresión anterior tenemos la tasa falla:

$$\lambda = \frac{1}{\text{Horas de servicio}} = \frac{1}{MTTF}$$

Así, la confiabilidad se expresa:

$$K(t) = e^{-t/MTTF} = e^{-\lambda t}$$

Confiabilidad

- Invirtiendo la expresión anterior tenemos la tasa falla:

$$\lambda = \frac{1}{\text{Horas de servicio}} = \frac{1}{MTTF}$$

Expresión simplificada

Así, la confiabilidad se expresa:

$$K(t) = e^{-t/MTTF} = e^{-\lambda t}$$

Confiabilidad

- Es decir que la probabilidad de falla de cualquier elemento será:

$$Pf(t) = 1 - K(t)$$

Confiabilidad

$$K(t) = e^{-t/MTTF} = e^{-\lambda t}$$

$$Pf(t) = 1 - K(t)$$

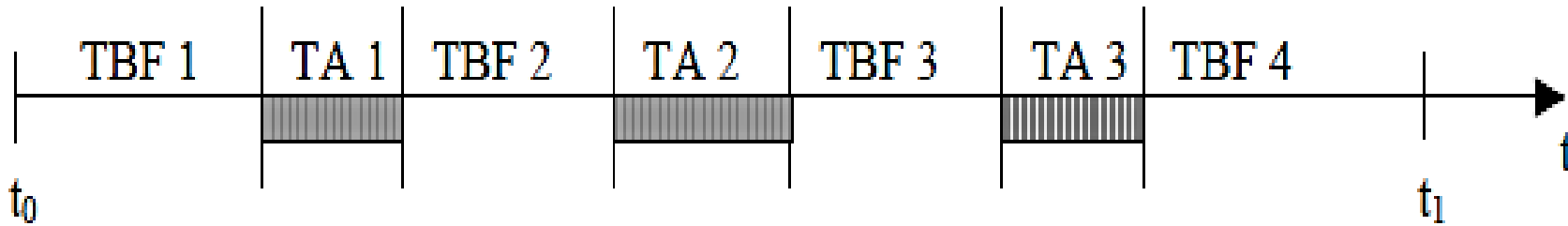
CALCULAR la probabilidad de falla de los tubos led y del torno de los ejemplos anteriores. Discutir los resultados.

Mantenibilidad

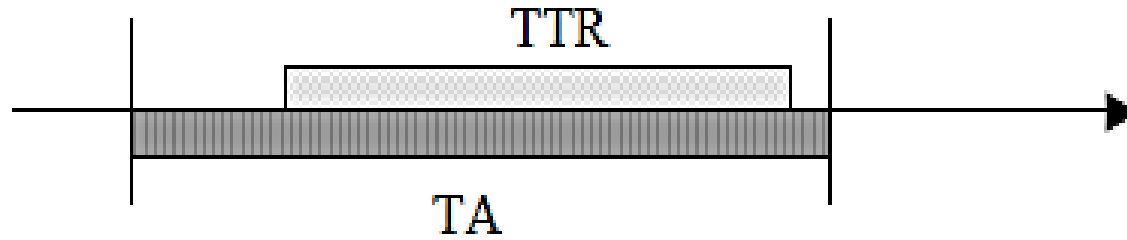
- Hablamos de mantenibilidad como la facilidad que tiene un equipo o sistema de ser mantenido, bajo condiciones establecidas.
- Dicho de otra manera, es la probabilidad de que ese equipo o sistema sea reparado satisfactoriamente en un tiempo determinado:

$$M(t) = 1 - e^{-t/MTTR}$$

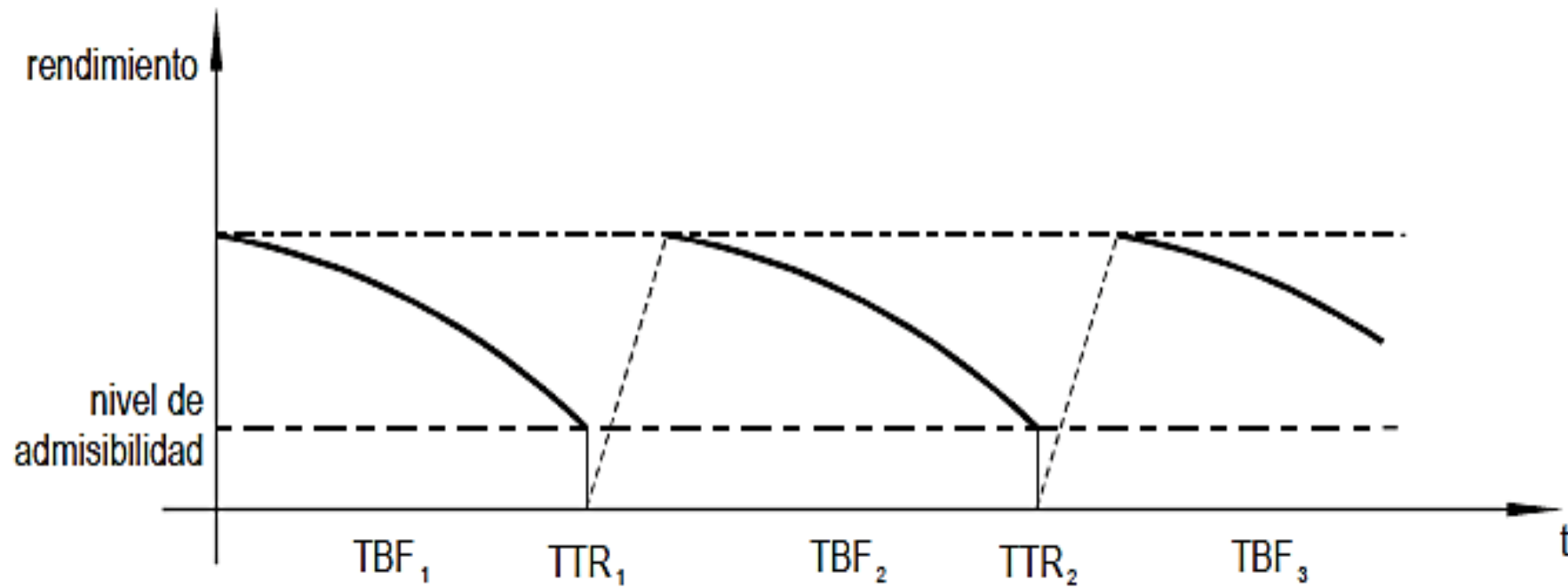
- Finalmente la **vida** de una máquina estará dada por una sucesión de tiempos de buen funcionamiento (tiempo entre fallas) y tiempos de parada:



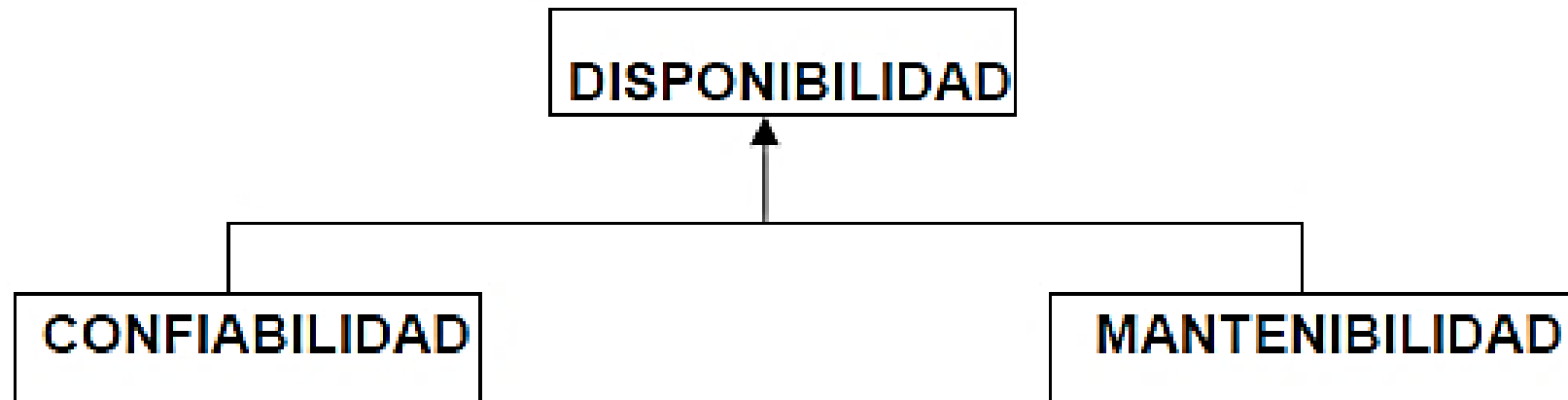
- A su vez, una parte de los tiempos de parada se compone de los tiempos de reparación:



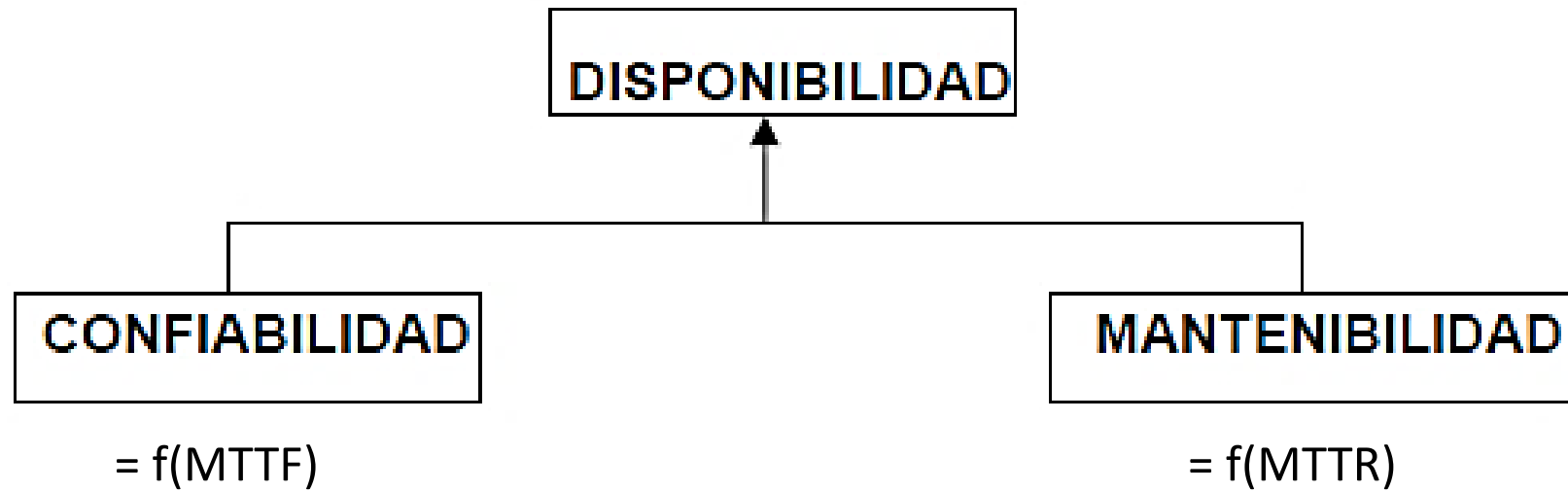
- El siguiente gráfico relaciona los tiempos de buen funcionamiento con los tiempos de reparación:



En resumen...



En resumen...



CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS

- Podemos diferenciar:
 1. Sistema de equipos en línea, sin pulmón
 2. Sistema de equipos paralelos independientes
 3. Sistema con equipos redundantes