



Nombre: **ALEJANDRO JORGE PISTARELLI**

Mail: [alejandro.pistarelli@gmail.com](mailto:alejandro.pistarelli@gmail.com)

Página: <http://www.pistarelli.com.ar>

Profesión: Ingeniero de Mantenimiento e Investigador.

## **Síntesis de Antecedentes**

Ingeniero Aeronáutico – UTN FRH

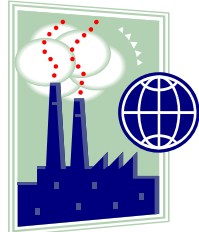
Desde 1990 se desempeña en empresas industriales de distintos rubros:  
químico, metalmecánico, alimentos, consumo masivo y servicios.

Autor de: **MANUAL DE MANTENIMIENTO. Ingeniería, Gestión y Organización.**

ISBN: 978-987-05-8420-9.

Dedicado a mejorar procesos y metodologías de Gestión de Activos y  
Confiabilidad de sistemas productivos.





***MANTENIMIENTO DETECTIVO***

***Y***

***RIESGO INDUSTRIAL***





## *Contenidos Propuestos*

- ✓ *Introducción*
- ✓ *Dispositivos Redundantes y de Protección*
- ✓ *Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo*
- ✓ *Riesgo Industrial*
- ✓ *Frecuencia de las Rutinas Detectivas*
- ✓ *Conclusiones*





## ✓ **Introducción**

✓ *Dispositivos Redundantes y de Protección*

✓ *Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo*

✓ *Riesgo Industrial*

✓ *Frecuencia de las Rutinas Detectivas*

✓ *Conclusiones*

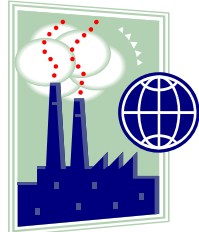




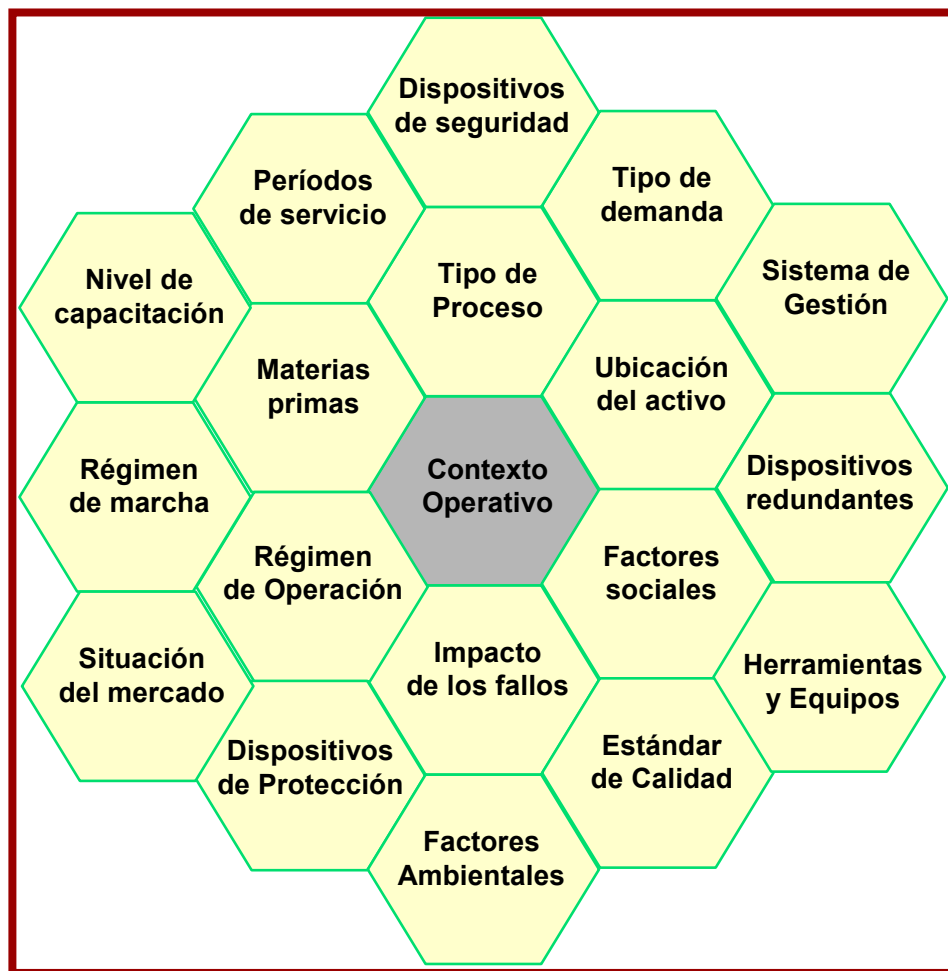
## **Contexto Operativo**

***El conjunto de factores de cualquier índole que influyen de manera directa o indirecta sobre el funcionamiento de un equipo, se denomina Contexto de Funcionamiento o Contexto Operativo.***





## Factores del Contexto Operativo



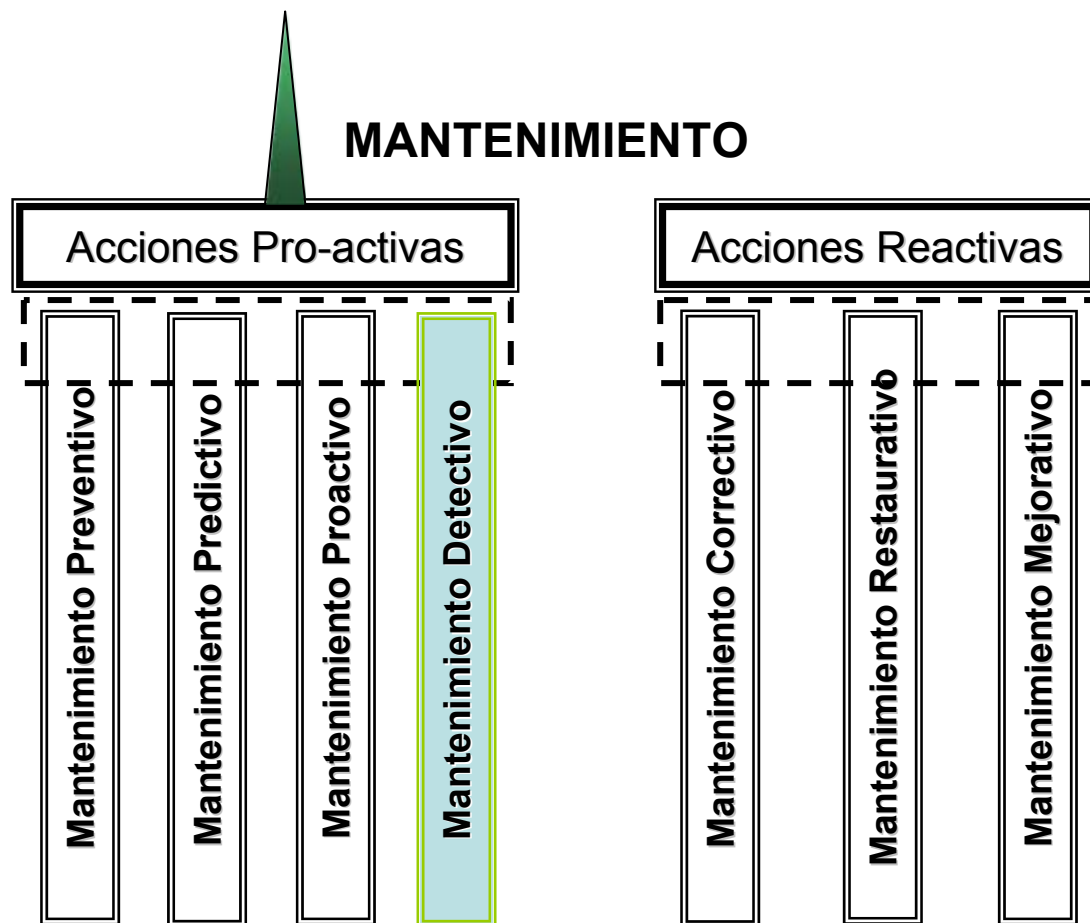
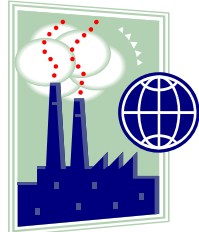




## *Contexto Operativo*

*Equipos idénticos pueden tener estrategias de  
Mantenimiento completamente diferentes si el Contexto  
Operativo es diferente.*

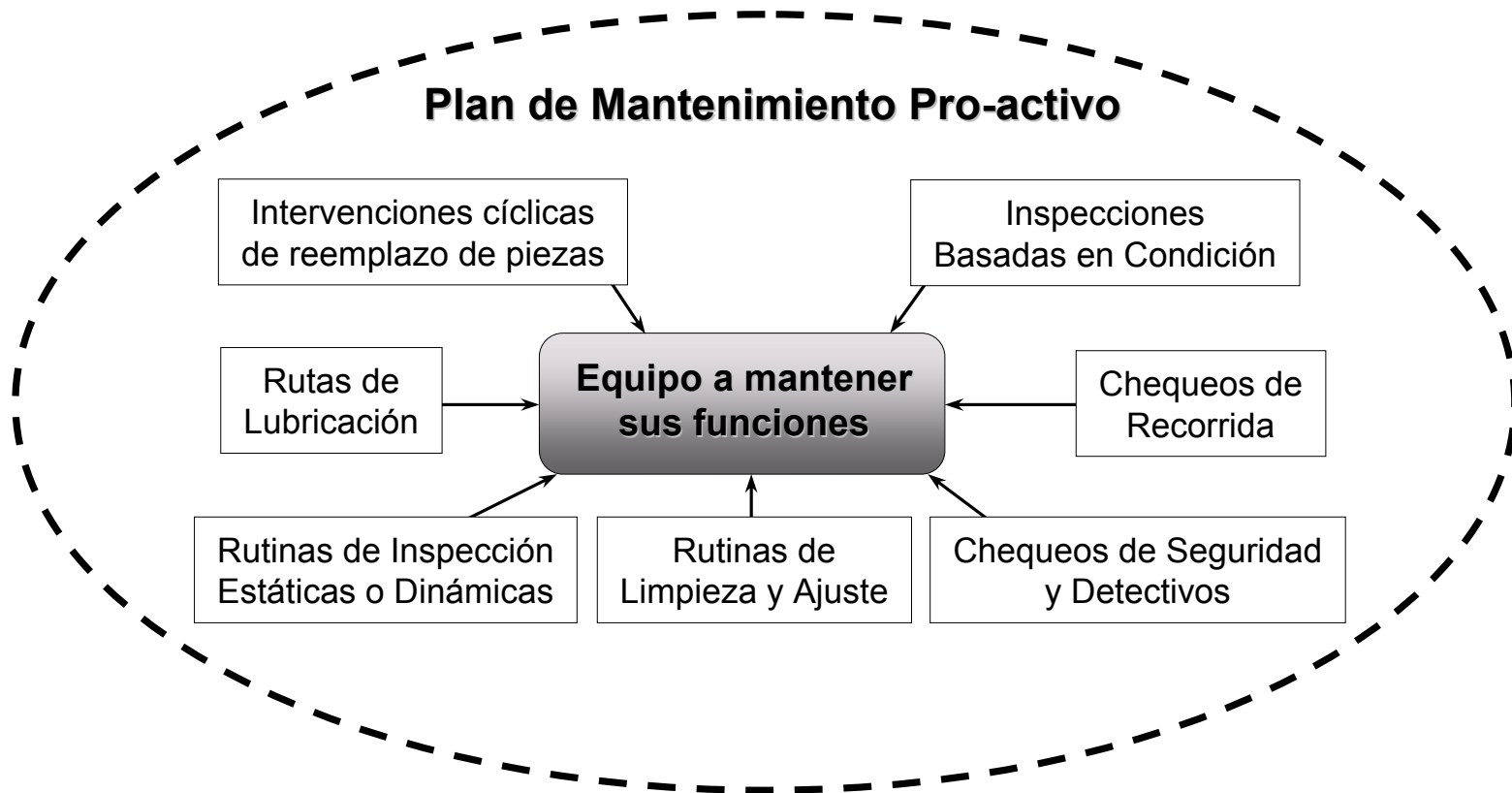








## *Estrategias Pro-activas de Mantenimiento*







## **MANTENIMIENTO DETECTIVO**

El Mantenimiento Detectivo es determinante para el control de los fallos que involucran un alto riesgo industrial.





## MANTENIMIENTO DETECTIVO

También se conoce como **Inspección Funcional** y debe tratarse independientemente de los otros tipos de mantenimiento pues la selección de tareas y la determinación de sus frecuencias se sustentan en conceptos diferentes.

Para muchos modos de falla puede considerarse la aplicación de esta estrategia, no habiendo obtenido resultados favorables con las conocidas.





## MANTENIMIENTO DETECTIVO

Se considera Mantenimiento Detectivo al conjunto de rutinas / tareas cuya finalidad es poner de manifiesto fallos ocultos que ocurren en dispositivos **Redundantes** o de **Protección**, a través de chequeos regulares de su funcionamiento o de alguna variable.





## MANTENIMIENTO DETECTIVO

En Mantenimiento Predictivo y Preventivo, el intervalo de tiempo entre dos intervenciones poco tiene que ver con el tiempo medio entre dos fallos.

Sin embargo, en una estrategia detectiva el intervalo entre dos chequeos es directamente proporcional al MTBF ó tasa de fallas ( $\lambda$ ) del Dispositivo de Seguridad, (Redundancia o Protección).





## ***MTBF – Vida Útil***

***¿Cuál es la diferencia entre MTBF y Vida Útil?***

***¿O... es lo mismo?***

La Vida Útil es un caso particular del MTBF. Sólo cuando la dispersión de los fallos es muy baja, el MTBF puede considerarse como equivalente a la Vida Útil.

Suele escucharse:

***“Tal o cual componente falló porque llegó a su Vida Útil...”***

Alguien de Uds. escuchó alguna vez:

***“Fulano de tal falleció porque llegó a los 90 años...”***





## *MTBF – Vida Útil*

*¿Cuál es la diferencia entre MTBF y Vida Útil?*

*¿O... es lo mismo?*

La Vida Útil  
los fallos es  
Vida Útil.

Suele escu

sión de  
ente a la

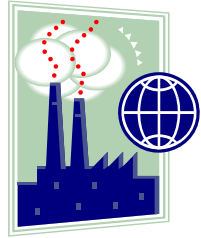
***¿Por qué, entonces, nos permitimos eso  
para los Activos Físicos?***

*“Tal o cual componente falló porque llegó a su Vida Útil...”*

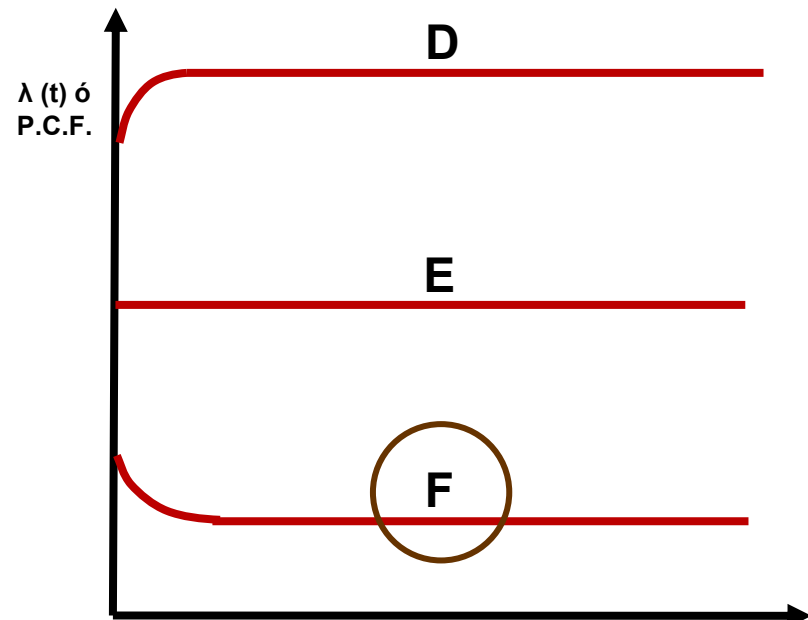
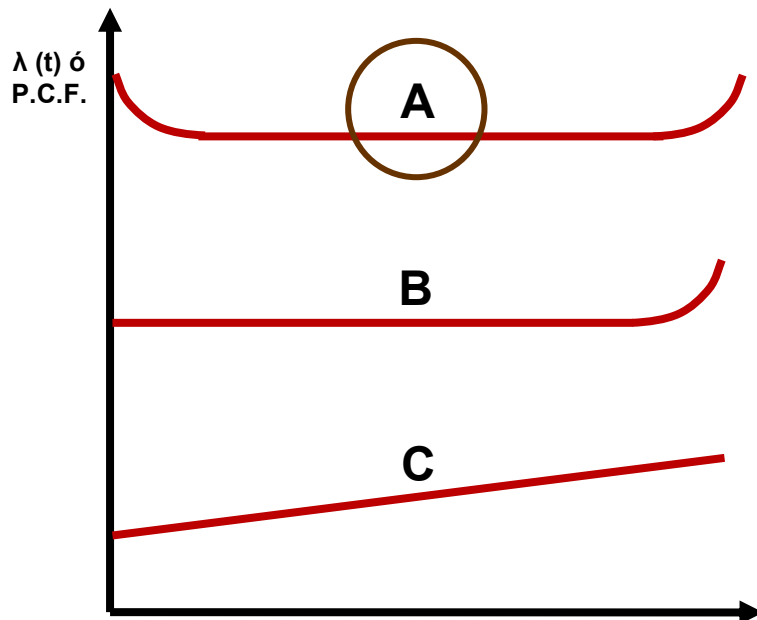
Alguien de Uds. escuchó alguna vez:

*“Fulano de tal falleció porque llegó a los 90 años...”*





## *MTBF – Vida Útil*







✓ *Introducción*

✓ ***Dispositivos Redundantes y de Protección***

✓ *Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo*

✓ *Riesgo Industrial*

✓ *Frecuencia de las Rutinas Detectivas*

✓ *Conclusiones*





## *Dispositivos de Seguridad*

*Para la Gestión de Activos existen dos  
clases de Dispositivos de Seguridad:*



**Redundancias**



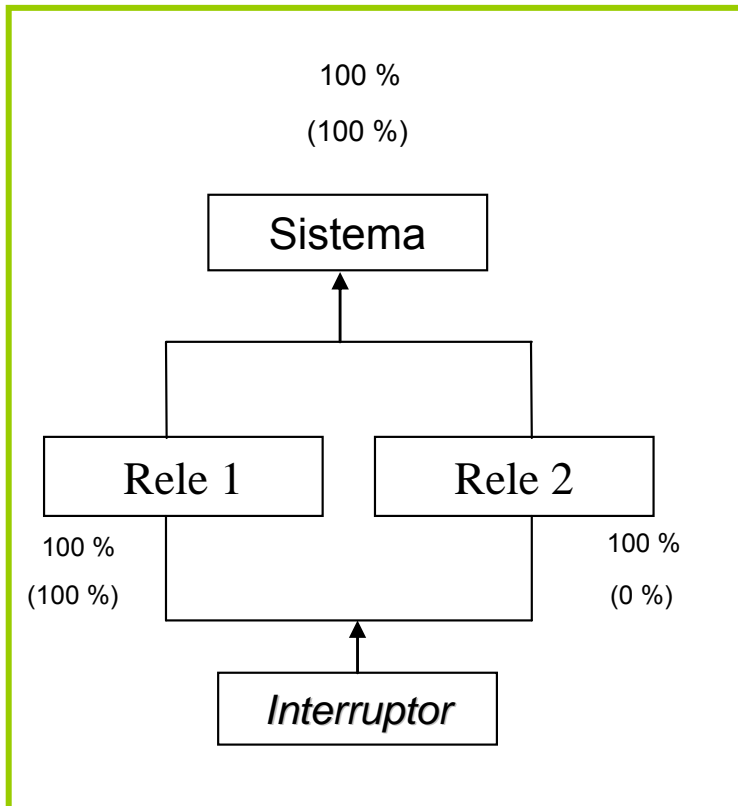
**Protecciones**





## *Redundancias*

### Redundancia Activa



Son redundancias activas las unidades funcionales (sistemas, equipos o componentes) que, aún funcionando a pleno o parcial régimen de carga, se instalan para lograr la simultaneidad de un conjunto, desarrollando idénticas funciones que el sistema protegido.





## *Redundancias*

### Ejemplo 1

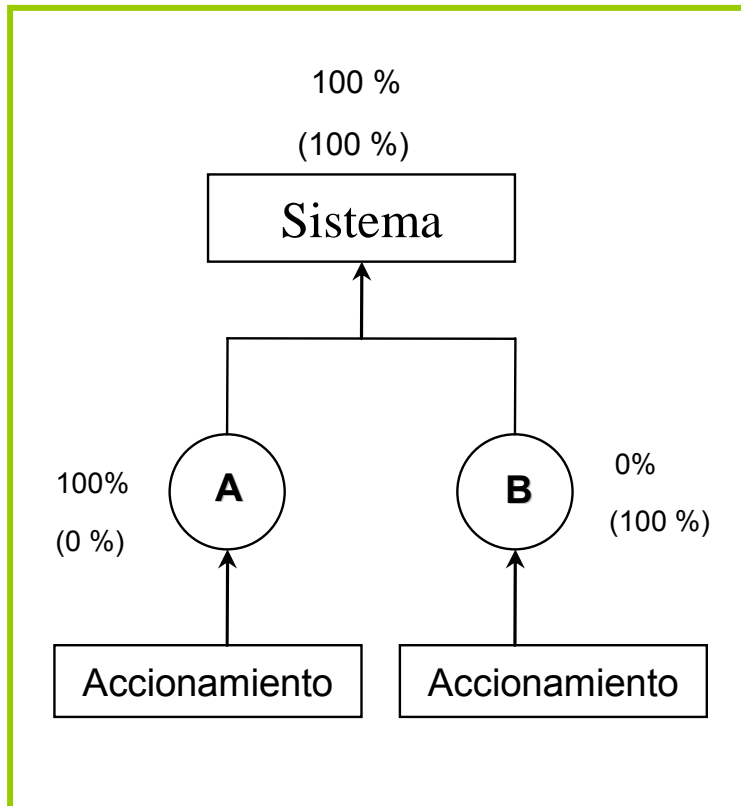
**Ciertos motores de combustión interna de uso aeronáutico cuentan con doble sistema de encendido. Cada cilindro tiene dos bujías energizadas por sistemas independientes; ante la falla imprevista de uno de los circuitos, el otro es capaz de entregar la “chispa” de encendido y garantizar, al menos, las maniobras mínimas de seguridad.**





## *Redundancias*

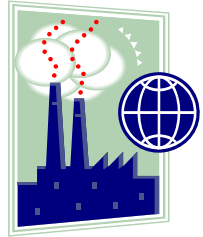
### Redundancia Pasiva



Son redundancias pasivas aquellos equipos que están en reposo pero listos para funcionar si ocurre una avería operacional del elemento a resguardar. Se los conoce también como equipos en stand-by.

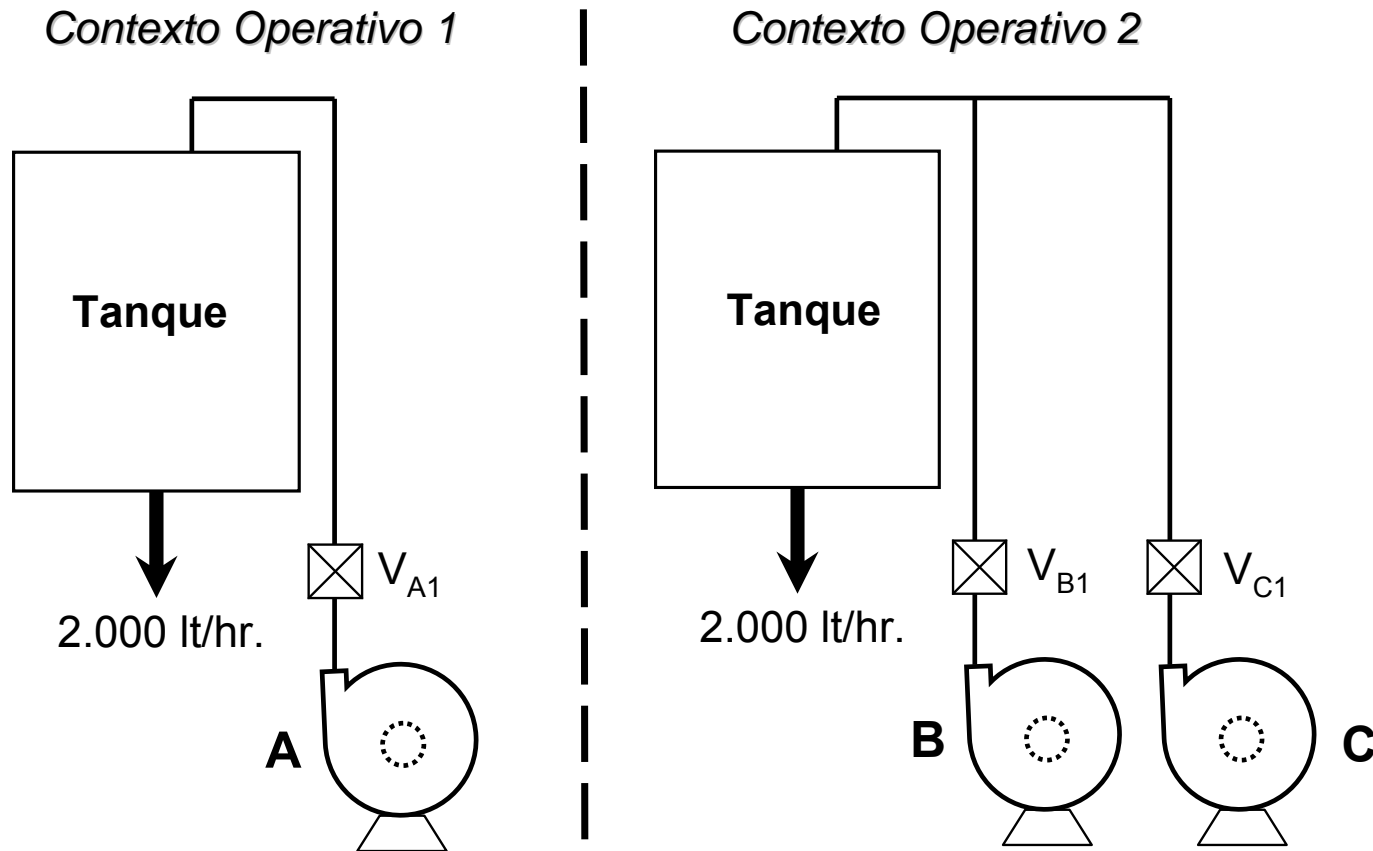
*Por ejemplo, un banco de baterías instalado para soportar una caída de tensión temporal de la red principal de alimentación.*





## *Redundancias*

### Ejemplo 2







## ***Redundancias***

Ejemplo 3

**El neumático de auxilio en los automóviles o medios de transporte.**

**Las ruedas en funcionamiento son generalmente idénticas a la reserva, sólo que sus funciones son distintas. Esta última debe mantenerse en reserva y disponible ante la falla de cualquiera de las instaladas y en rodaje.**





## ***Protecciones***

**Protección Interruptiva:** *Desafecta, desconecta o detiene completamente el sistema protegido.* Ej.: Disyuntor, sistema vigía en motor de combustión, etc.

**Protección Contensiva:** *Elimina o reduce las consecuencias del fallo del equipo o función protegida.* Ej.: Air-bag, cinturón de seguridad, etc.

**Protección Indicativa:** *Pone en conocimiento a las personas de algún estado anormal de funcionamiento.* Ej.: Luz de alarma por falta de aceite, alarma por alta temperatura, etc.





- ✓ *Introducción*
- ✓ *Dispositivos Redundantes y de Protección*
- ✓ ***Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo***
- ✓ *Riesgo Industrial*
- ✓ *Frecuencia de las Rutinas Detectivas*
- ✓ *Conclusiones*





## *Fallo Oculto*

***Los Fallos Ocultos se manifiestan sobre  
dispositivos o funciones de Seguridad  
(Redundancias o Protecciones)  
- no dotados de Seguridad Inherente -***





## **Fallo Oculto**

***Al momento de calificar a un fallo como oculto debe tenerse cuidado de no caer en algunas trampas, principalmente en lo referido al factor tiempo.***

*“Existe muchas veces la tentación de decir que un fallo es oculto si pasa un periodo de tiempo considerable desde el momento en que ocurre al momento en que se pone en evidencia. De hecho, esto no es así. Si la pérdida de función tarde o temprano se vuelve aparente para los operadores por sí misma como resultado directo e inevitable del fallo, éste es evidente, sin importar el tiempo que pase entre el fallo en cuestión y el momento en que se lo descubre”.*

*(RCMII Reliability Centred Maintenance de John Moubray - Aladon LLC2004, página 128).*





## *Falla Simultánea*

***Sin embargo, el verdadero impacto de los fallos ocultos ocurre cuando se presenta una falla simultánea (o múltiple).***





## *Falla Simultánea*

***Ocurre una Falla Simultánea cuando falla el elemento o función protegida estando el dispositivo de Seguridad (Redundancia o Protección) averiado.***





## ***Redundancias***

### Ejemplo 4

La función de los detectores de humo es accionar los mecanismos de protección (alarmas, extintores, etc.) en sitios cerrados, ante un siniestro. Si se produjera un fallo en los detectores tal que ante la presencia de humo éstos no actuaran debidamente, sólo sería evidente su falla si se produce un incendio (es decir, cuando falla la función a resguardar o actúa la demanda de la función protegida). Si nunca se produce un siniestro y si, además, no se realizan inspecciones sobre los detectores, la falla sobre éstos pasaría inadvertida indefinidamente.





## **MANTENIMIENTO DETECTIVO**

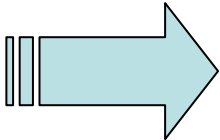
***El Mantenimiento DETECTIVO consiste en chequear, a intervalos fijos, la funcionalidad de dispositivos Redundantes o de Protección para identificar posibles fallos ocultos, eliminando o reduciendo así las consecuencias de las Fallas Simultáneas.***



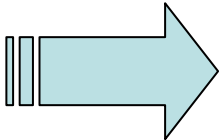


## ***MANTENIMIENTO DETECTIVO***

**¿Bajo qué consideraciones es factible evaluar la alternativa de aplicar una Rutina Detectiva?**



**El modo de falla analizado es realmente oculto.**



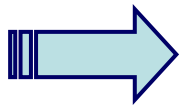
**No es aplicable otra rutina Pro-activa.**



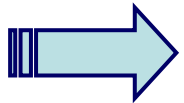


## ***MANTENIMIENTO DETECTIVO***

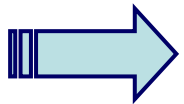
**Evitar la aplicación de Rutinas Detectivas si:**



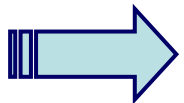
... es posible aplicar otra tarea de mantenimiento Pro-activo eficaz, que garantice a las Seguridades operatividad en todo momento.



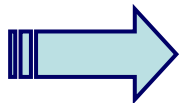
... al ejecutarlas, aumenta el riesgo puntual para la seguridad de las personas, el medio ambiente o los activos.



... se obtienen altas frecuencias de inspección (acostumbramiento).



... aumenta la probabilidad de fallo oculto por daños sobre el propio componente chequeado.



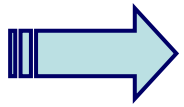
... se obtienen bajas frecuencias de inspección que favorecen el olvido (control difuso).



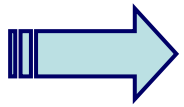


## **MANTENIMIENTO DETECTIVO**

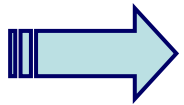
**¿Cuáles son las condiciones necesarias para el Mantenimiento Detectivo?**



Que los modos de falla analizados respondan a la ley de distribución exponencial ( $\lambda = \text{cte}$ ).



Que el tiempo de reparación del fallo oculto (si el dispositivo se encontró dañado), sea despreciable frente al tiempo de servicio. Se asume la realización de una intervención controlada.



Que los mantenedores u operadores estén en condiciones (físicas y aptitudinales) de identificar fallos ocultos.





- ✓ *Introducción*
- ✓ *Dispositivos Redundantes y de Protección*
- ✓ *Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo*
- ✓ ***Riesgo Industrial***
  - ✓ *Frecuencia de las Rutinas Detectivas*
  - ✓ *Conclusiones*





## **Manejo del Riesgo Industrial**

*Cada día es mayor la necesidad de controlar potenciales eventos (sucesos) que, aún con baja probabilidad de ocurrencia, tienen consecuencias graves.*

*Las evaluaciones probabilísticas de riesgo buscan cuantificar las consecuencias de los fallos con gran impacto en la seguridad personal, en el medio ambiente o en los intereses económicos de la compañía.*

*Analizar las secuencias de los fallos es un trabajo laborioso siendo que, además, estos modos de falla generalmente son de baja ocurrencia y obligan a hacer estimaciones que envuelven cierta incertidumbre.*





## Riesgo y nivel de aceptación

*El riesgo es la probabilidad de que un suceso no deseado (potencial pérdida) provoque un accidente durante la realización de una actividad, y cuyas consecuencias son cuantificables. Se trata de un parámetro probabilístico, cuya valoración es subjetiva. No se lo puede medir pero sí estimar en muchos casos.*

*Las personas, por lo general, tienen menos tolerancia al riesgo social que al individual. Por ejemplo, y aunque la tasa de accidentes indique lo contrario, un conductor está dispuesto a tolerar mayor riesgo si es él quien conduce (se suele no ser tan exigente con uno mismo); lo contrario sucede si viaja en un transporte público de pasajeros (se suele ser muy exigente con la empresa y el conductor).*





## Riesgo y nivel de aceptación

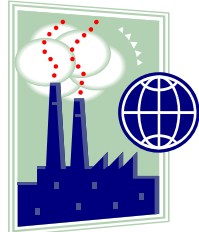
*En términos generales, el riesgo se caracteriza por dos aspectos fundamentales: **Probabilidad de Ocurrencia** (P) y **Magnitud de las Consecuencias** o daño (C).*

$$R = P \cdot C = (1/\text{MTBF}_{\text{modo de falla}}) \cdot C$$

*Si, por ejemplo, un accidente (originado por cierto modo de falla) tiene una probabilidad de ocurrencia de una vez cada 10 años, y la magnitud de la consecuencia es perder u\$s 300.000 por cada evento, entonces el riesgo será:*

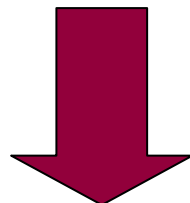
$$R = (1/10 \text{ años}) \times 300.000 \text{ u\$s} = \underline{\underline{\text{u\$s 30.000/años}}}$$





## Riesgo y nivel de aceptación

*El Mantenimiento Detectivo es una herramienta efectiva para actuar sobre el primer término*



***Probabilidad de Ocurrencia***





## **Evaluaciones Probabilísticas de Riesgo – EPR**

*Para determinar la frecuencia de inspección de una tarea detectiva, es recomendable contar con una estimación de la probabilidad de falla tolerada para cada sector, área, equipo y modo de falla.*



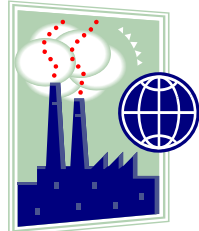


## Ejemplo 5

### **Evaluaciones Probabilísticas de Riesgo – EPR**

Determinada Planta Industrial tolera una probabilidad de 1 en 15.000 años ( $MTBF_{Planta}$ ) para cierto evento de magnitud tal que podría involucrar a una o más personas en un accidente con consecuencias muy graves. Esto último corresponde al Nivel 1 de la siguiente tabla.





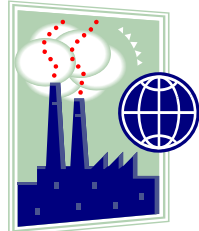
## Ejemplo 5

### Evaluaciones Probabilísticas de Riesgo – EPR

Determinada Planta Industrial tolera una probabilidad de 1 en 15.000 años ( $MTBF_{\text{Planta}}$ ) para cierto evento de magnitud tal que podría involucrar a una persona en un accidente con consecuencias muy graves. Esto último corresponde al Nivel 1 de la siguiente tabla.

Probabilidad del Evento en Planta / Accidente	1 en 15.000 años	1 en 30.000 años	1 en 150.000 años	1 en 600.000 años	1 en 3.000.000 años
	Nivel 1 Planta	Nivel 2 Sector	Nivel 3 Area	Nivel 4 Equipo	Nivel 5 Evento (Modo de Falla)
	P	S1	A1	E1	Evento 1
					Evento 2
					Evento 3
					Evento 4
					Evento 5
				E2	
				E3	
				E4	
			A2		
			A3		
			A4		
			A5		
		S2			





## Evaluaciones Probabilísticas de Riesgo – EPR

### Ejemplo 5

Asumiendo que los sectores  $S_1$  y  $S_2$  son similares (tienen probabilidades equivalentes), y que la suma de sus probabilidades debe ser 1 en 15.000, la probabilidad de ocurrencia en el sector  $S_1$  será:

$$MTBF_{S_1} = ((1/15.000)/2)^{-1} = 30.000 \text{ años}$$

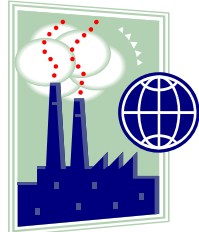
Donde 1/15.000 es la probabilidad tolerada para la Planta. El número 2 en el denominador, se debe a que hay dos sectores  $S_1$  y  $S_2$ . La inversa da como resultado el MTBF del sector  $S_1$ .

$$MTBF_{A_1} = ((1/30.000)/5)^{-1} = 150.000 \text{ años}$$

Donde 1/30.000 es la probabilidad tolerada para el Sector  $S_1$  al que pertenece  $A_1$ . El número 5 en el denominador obedece a que hay cinco sectores.

	1 en 15.000 años	1 en 30.000 años	1 en 150.000 años	1 en 600.000 años	1 en 3.000.000 años	
	Nivel 1 Planta	Nivel 2 Sector	Nivel 3 Area	Nivel 4 Equipo	Nivel 5 Evento (Modo de Falla)	
Probabilidad del Evento en Planta / Accidente	P	S1	A1	E1	Evento 1	
					Evento 2	
					Evento 3	
					Evento 4	
					Evento 5	
			S2	A2	E2	
		A3		E3		
		A4		E4		
		A5				





## Ejemplo 5

### Evaluaciones Probabilísticas de Riesgo – EPR

Aplicando el mismo criterio de cálculo hasta el Nivel 5 se obtiene:

$$MTBF_{Planta} = 15.000 \text{ años}$$

$$MTBF_{S1} = 30.000 \text{ años}$$

$$MTBF_{A1} = 150.000 \text{ años}$$

$$MTBF_{E1} = 600.000 \text{ años}$$

$$MTBF_{Eventos} = 3.000.000 \text{ años}$$

	1 en 15.000 años	1 en 30.000 años	1 en 150.000 años	1 en 600.000 años	1 en 3.000.000 años
	Nivel 1 Planta	Nivel 2 Sector	Nivel 3 Area	Nivel 4 Equipo	Nivel 5 Evento (Modo de Falla)
Probabilidad del Evento en Planta / Accidente	P	S1	A1	E1	Evento 1
					Evento 2
					Evento 3
					Evento 4
					Evento 5
		S2	A2	E2	
				E3	
				E4	





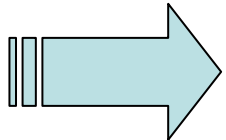
- ✓ *Introducción*
- ✓ *Dispositivos Redundantes y de Protección*
- ✓ *Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo*
- ✓ *Riesgo Industrial*
- ✓ ***Frecuencia de las Rutinas Detectivas***
- ✓ *Conclusiones*



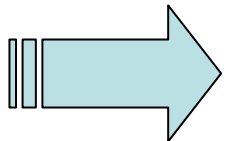


## *Frecuencias Detectivas*

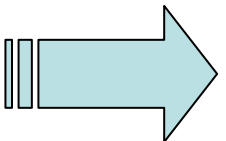
**¿Cuáles son las variables de las que dependen las frecuencias de inspección detectivas?**



La confiabilidad del equipo (ó tasa de demanda de la función) que se desea proteger.



El nivel de disponibilidad que, por diseño, puede ofrecer el dispositivo redundante o de protección (Seguridad).



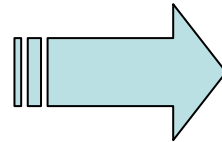
La peor consecuencia tolerada para la falla simultánea y su impacto en la seguridad, los activos o el proceso productivo.





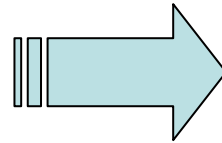
## *Frecuencias Detectivas*

Confiabilidad del equipo  
a proteger



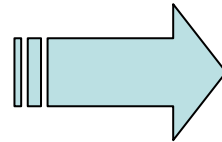
$MTBF_{fp}$

Disponibilidad del  
dispositivo de seguridad



$MTBF_{ds}$

Tolerancia a la falla  
simultánea



$MTBF_{fs}$





## *Frecuencias Detectivas*

**Cuando la consecuencia de la Falla Simultánea  
tiene únicamente impacto en materia de  
Seguridad y/o Medio Ambiente.**





## *Frecuencias Detectivas*

$$t_{ID} = 2 \text{ MTBF}_{ds} \left( \frac{\text{MTBF}_{fp}}{\text{MTBF}_{fs}} \right)$$

$$t_{ID} = \text{MTBF}_{ds} \sqrt[n]{(n + 1) \frac{\text{MTBF}_{fp}}{\text{MTBF}_{fs}}}$$

Nota: Válido cuando los modos de falla analizados tienen consecuencias en materia de Seguridad y/o Medio Ambiente, únicamente.





## *Frecuencias Detectivas*

### Ejemplo 6

A lo largo de una línea de envasado de bebidas, están dispuestas todas las máquinas que hacen posible el proceso completo. Algunas máquinas, que involucran procesos de riesgo para el personal de operaciones, están aisladas de la circulación normal del personal por medio de paneles enrejados. En total hay 5 de estas máquinas en la línea. El ingreso a cada uno de los recintos es posible únicamente a través de una puerta de acceso. La misma tiene un **switch** y un circuito eléctrico asociado, cuya función es interrumpir el funcionamiento de la máquina si se abre la puerta. De igual manera impide el arranque si la puerta está abierta. Vale decir que, la **protección interruptiva** (switch + circuito eléctrico asociado) es capaz de detener su marcha.

Supóngase que luego de haber realizado un análisis probabilístico de riesgo en Planta, se llegó a la conclusión que la compañía está dispuesta a tolerar el riesgo de que únicamente una persona sufra algún daño grave en 200.000 años para toda la línea. Aún con la implementación de programas en prevención de accidentes, se sabe que todavía la probabilidad que una persona intente abrir una de las puertas durante la operación normal de la línea, o que intente ponerla en marcha con la puerta abierta, es de 1 en 100 años. Por su parte, los switches instalados garantizan un  $MTBF_{\text{switch}}$  de 30 años.





## ***FRECUENCIAS DETECTIVAS***

### Ejemplo 6

Se pide estimar la frecuencia con la que tendría que comprobarse el funcionamiento del switch para cada una de las puertas.

Sabiendo que la probabilidad tolerada para la falla simultánea, y para toda la línea es de 1 en 200.000, para cada máquina será de 1 en 1.000.000 de años (5 máquinas x 200.000 años).

$$t_{ID} = 2 \times MTBF_{\text{switch}} \times (MTBF_{fp} / MTBF_{fs})$$

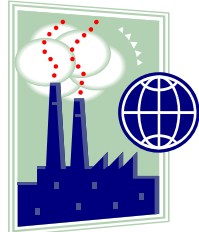
$$t_{ID} = 2 \times 30 \text{ años} \times (100/1.000.000) = 0,006 \text{ años} = \mathbf{2,16 \text{ días}}$$

$$t_{ID} \approx \mathbf{2 \text{ días}}$$

Vemos que el intervalo entre chequeos depende directamente de la **confiabilidad del switch** (1 en 30 años), la **probabilidad de que una persona intente abrir la puerta** aún funcionando la máquina (1 en 100 años) y el **riesgo tolerado para enfrentar un accidente** (1 en 1.000.000 años).

**Nota:** Se asume que la inspección detectiva nunca podría dejar al switch en estado de falla.





## ***FRECUENCIAS DETECTIVAS***

### Ejemplo 7

Sea el caso anterior, sólo que ahora por cuestiones de seguridad y dado que el intervalo detectivo es muy bajo, se instalaron en cada puerta, dos switchs. Cada uno de ellos cuenta con un circuito independiente capaz de detener la marcha de la máquina o impedir su arranque. Siendo que al abrir la puerta se inspeccionan simultáneamente los dos switchs, calcular  $t_{ID}$ .

$$t_{ID} = MTBF_{\text{switch}} \times [(n+1) \times MTBF_{fp} / MTBF_{fs}]^{1/n}$$

En este caso  $n=2$

$$t_{ID} = 30 \text{ años} \times [(2+1) \times (100/1.000.000)]^{1/2} = 0,519 \text{ años} = 189,6 \text{ días} = \mathbf{6,32 \text{ meses}}$$

$$t_{ID} \approx \mathbf{6 \text{ meses}}$$

Evidentemente la instalación de otro switch, ha logrado mejorar sustancialmente el intervalo de inspección detectivo  $t_{ID}$ .

**Nota:** En ninguno de los dos ejemplos anteriores se tuvieron en cuenta los modos de falla que pueden acontecer sobre el circuito de protección interruptivo (cables, conexiones, etc.). Sólo se consideró el periodo promedio entre fallas de los switchs.





## *Frecuencias Detectivas*

**Cuando la consecuencia de la Falla Simultánea  
únicamente tiene impacto Económico.**





## ***FRECUENCIAS DETECTIVAS***

Si la Falla Simultánea no tiene consecuencias para la seguridad de las personas o el medio ambiente, el riesgo se estima únicamente en función de las consecuencias económicas.

Así, es posible encontrar un equilibrio entre lo que constará afrontar la Falla Simultánea a lo largo de un horizonte de validez definido (generalmente anual), y el costo de realizar la tarea de búsqueda de fallos ocultos, también a lo largo de un año.





## *Frecuencias Detectivas*

$$t_{ID} = \left( \frac{(n + 1) \text{MTBF}_{ds}^n \text{MTBF}_{fp} C_{ID}}{n C_{fs}} \right)^{1/n + 1}$$

$C_{ID}$ : Costo de cada intervención detectiva

$C_{fs}$ : Costo a consecuencia de la falla simultánea

Nota: Válido cuando los modos de falla analizados tienen consecuencias exclusivamente económicas.





## *FRECUENCIAS DETECTIVAS*

### **Optimización de la frecuencia de inspección**

La realidad muestra que al calcular el tiempo entre inspecciones detectivas ( $t_{ID}$ ) se hacen varias aproximaciones, por lo que siempre es aconsejable ajustar las frecuencias de inspección de acuerdo al resultado obtenido de su implementación.

Una vez implementada la rutina de inspección detectiva, es necesario registrar todos los resultados favorables y desfavorables para, luego de un tiempo razonable, ajustar el  $MTBF_{ds}$  y recalcular la frecuencia.





## Paradigma

**Antes**

Con un abultado historial de fallas y registros, es posible establecer estrategias de Mantenimiento útiles y exitosas.

**Ahora**

Un extenso historial de fallas no es suficiente para establecer adecuadas estrategias de Mantenimiento.  
Por lo general, los registros históricos de falla relevados, son inconsistentes e inútiles.





- ✓ *Introducción*
- ✓ *Dispositivos Redundantes y de Protección*
- ✓ *Fallos Ocultos y Mantenimiento Detectivo*
- ✓ *Riesgo Industrial*
- ✓ *Frecuencia de las Rutinas Detectivas*
- ✓ **Conclusiones**