

Capítulo III:

Análisis de fallas

ME57A - Mantenición de Maquinaria

Canek Jackson De Castro

canek.jackson@lan.com

17 - 27 Agosto 2009

En este capítulo...

- Arboles
- Análisis FMECA
- Principio de Pareto
- Diagramas Jack-Knife

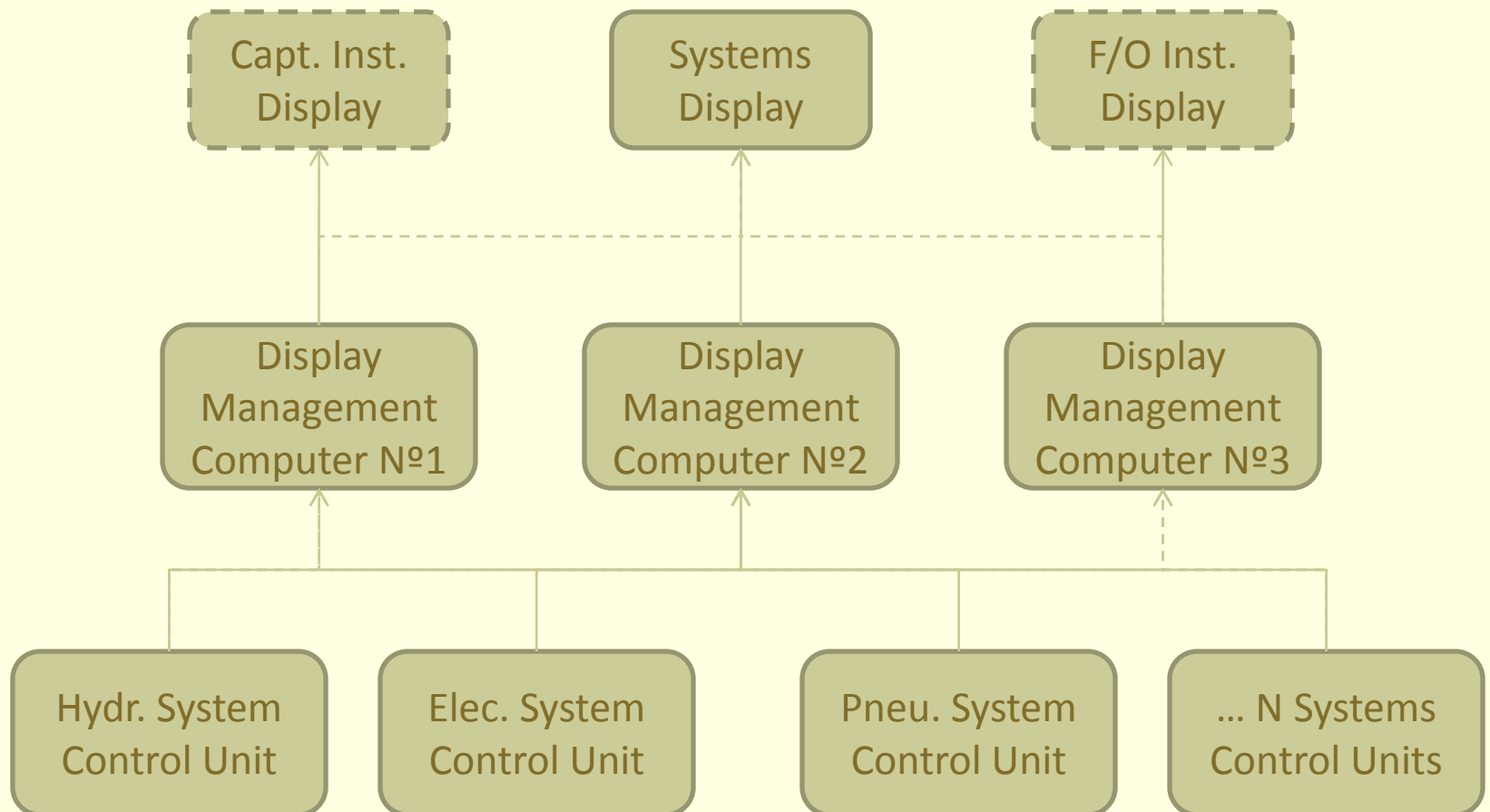
... les défaillances sont a la maintenance ce
que les maladies sont a la medicine: leur raison d'exister.

H. Kaffel

Arboles

- Arbol de falla
- Arbol de eventos
- Arbol de mantenimiento

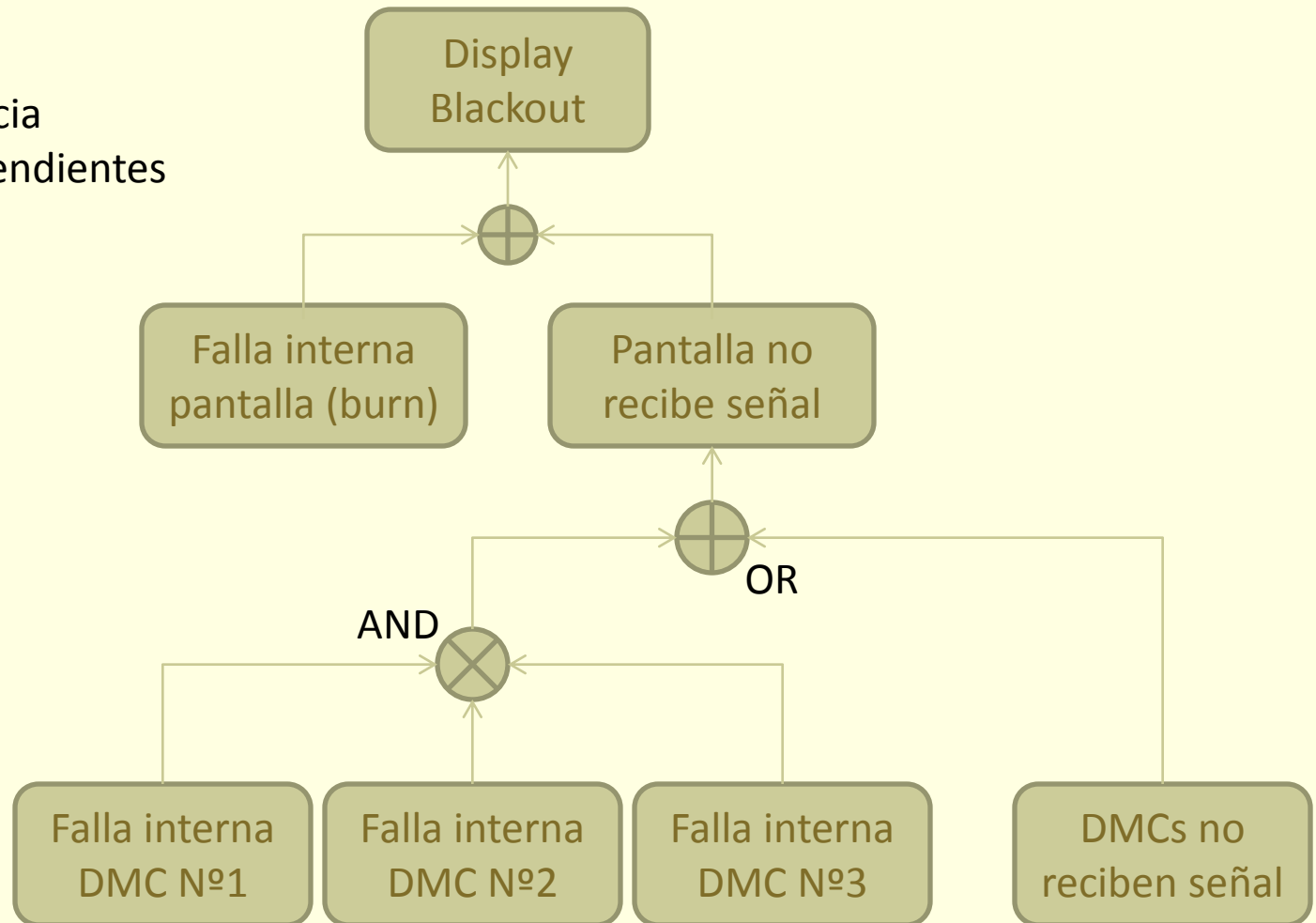
Estudio de caso: aviónica



Arbol de falla

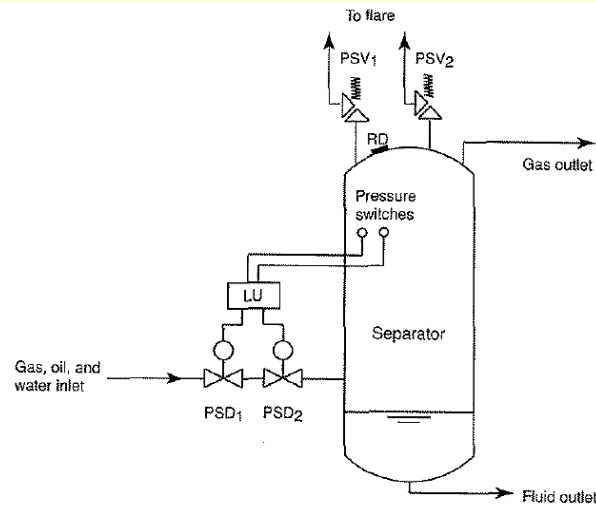
Keywords

- Redundancia
- Fallas dependientes

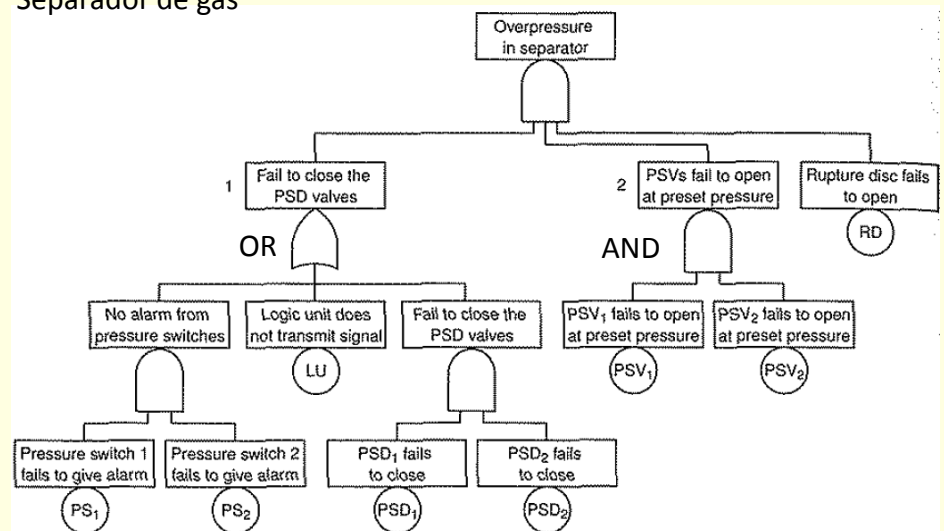


Estudio de caso: separador de gas

Esquema
Separador de gas

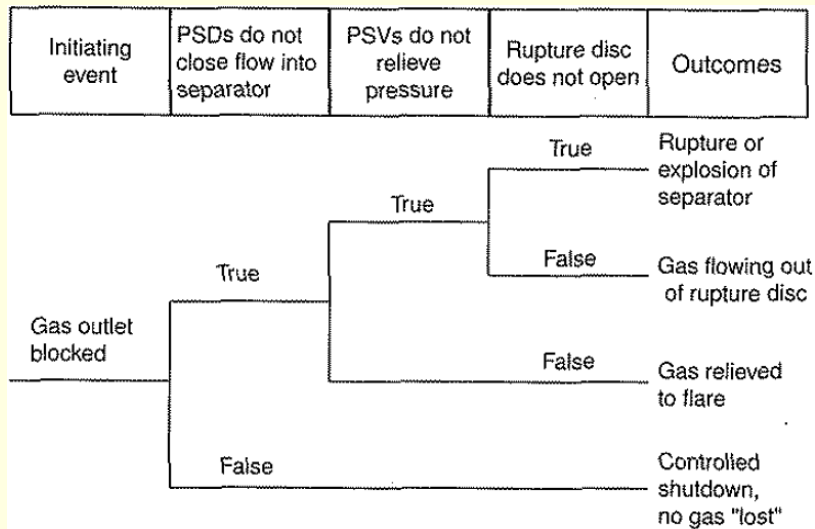


Arbol de falla
Separador de gas

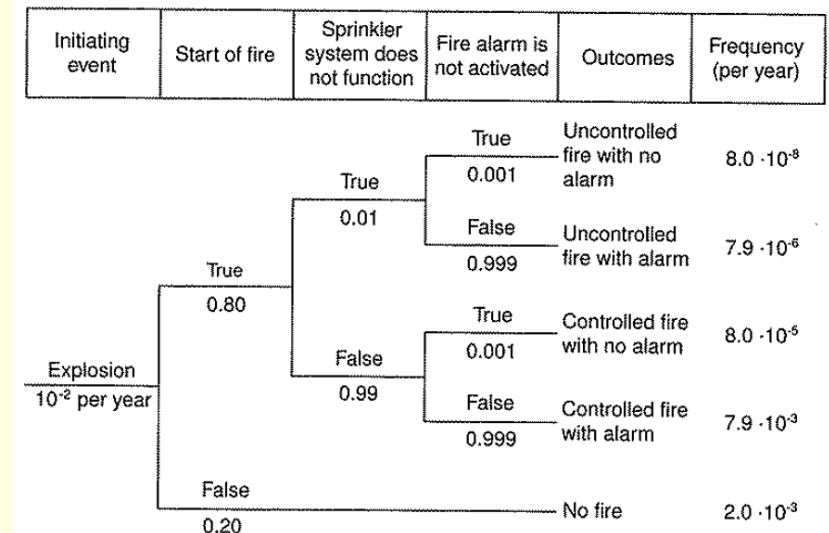


Arbol de eventos

Arbol de eventos
Separador de gas



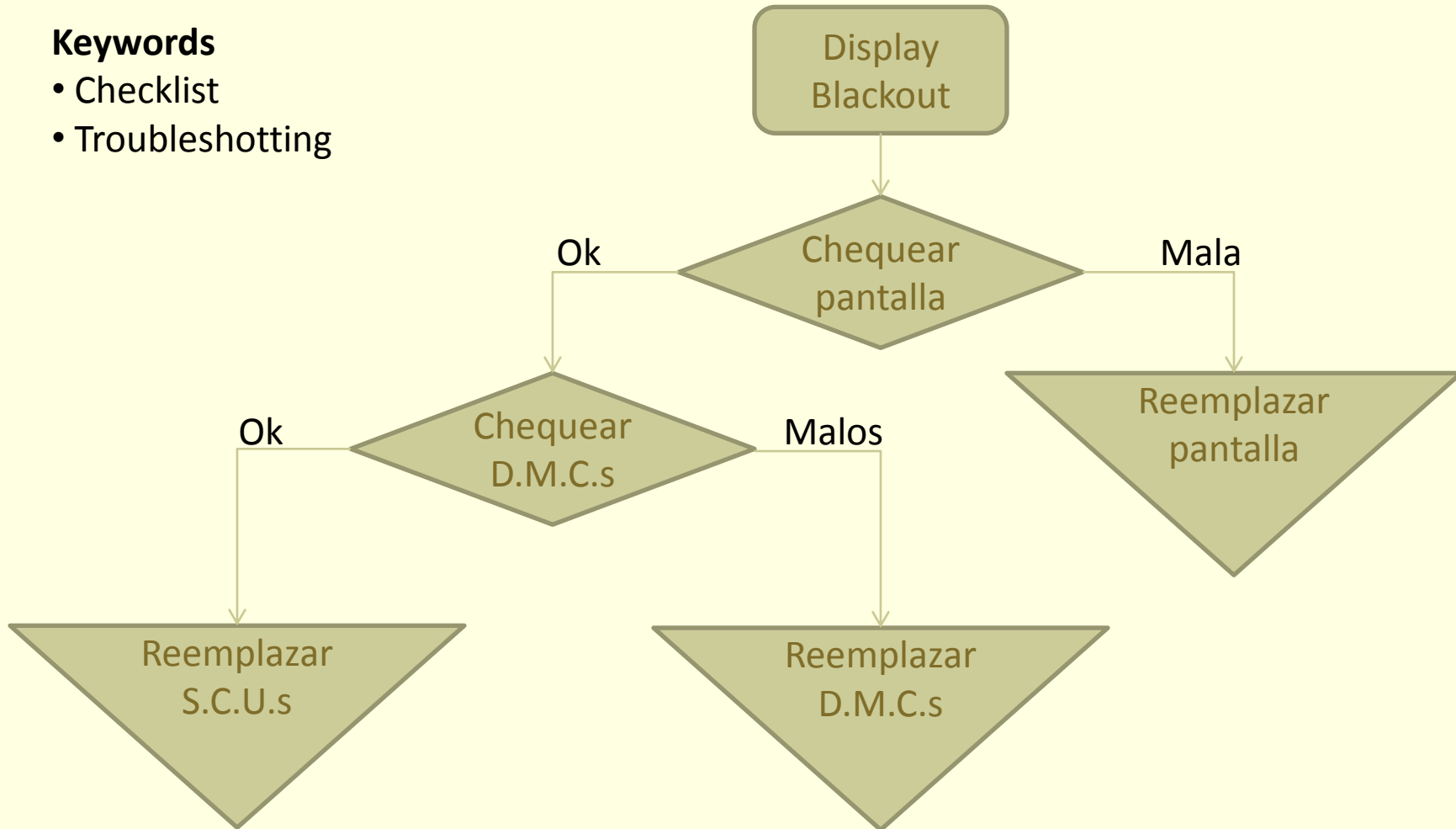
Arbol de eventos
Explosiones de polvo



Arbol de mantenimiento

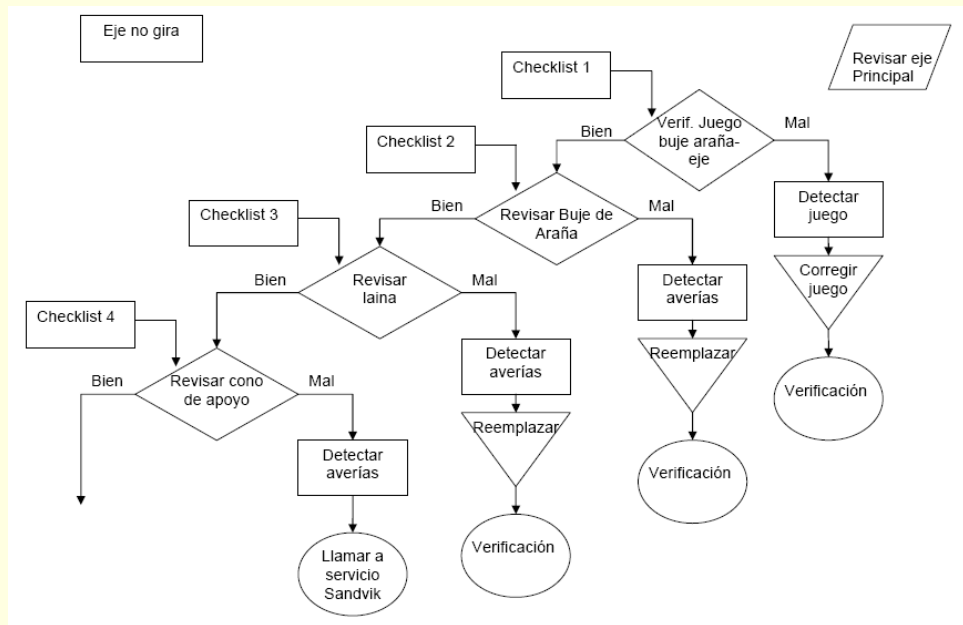
Keywords

- Checklist
- Troubleshooting

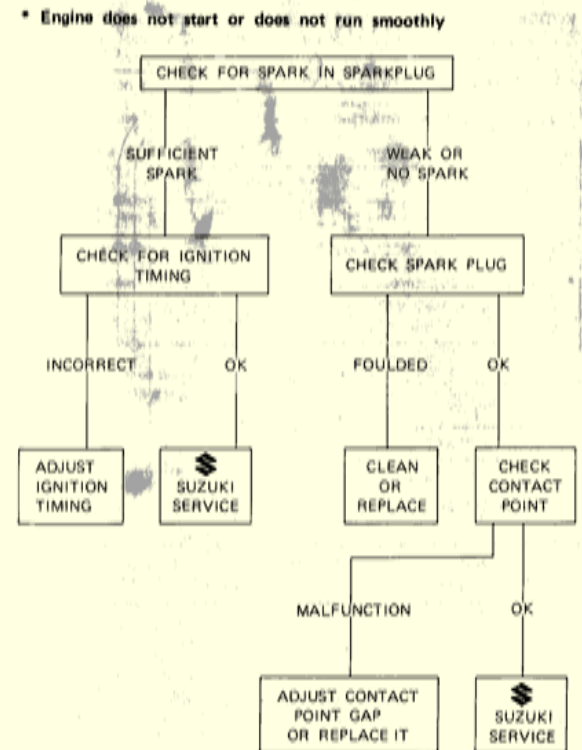


Otros ejemplos

Arbol de mantenimiento
Chancador Sandvik (Fuente: Informe)



Arbol de mantenimiento
Motor Suzuki (Fuente: Manual)



Análisis FMECA

- Failure Modes, ...
- Effects, and ...
- Criticality ...
- Analysis

Etapa 1: Establecer los alcances

- Identificar claramente...

- Fronteras del sistema
- Profundidad del análisis

- Incluir información de...

- Modos
- Causa raíz
- Posibles efectos
- Medios de detección
- Criticidad de los efectos
- Frecuencia y salvaguardias

Etapa 2: Recopilar información

- Especificaciones
- Memorias de cálculo
- Resultados experimentales

Etapa 3: Preparar el listado

- Funciones
- Condiciones ambientales
- Condiciones operacionales
- Diagrama funcional de bloques

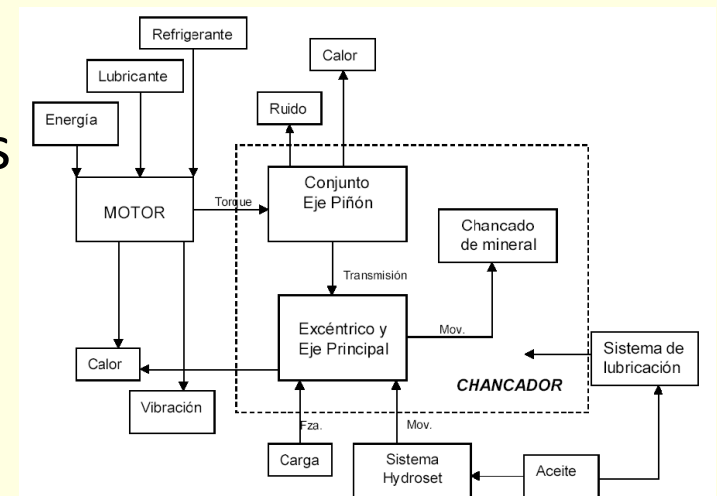


Diagrama Funcional de Bloques
Chancador Sandvik

Etapa 4: Llenado de la ficha

- Modos de falla
- Causas y efectos
- Medios de detección
- Frecuencia de falla
- Categorías de severidad

Failure rate	Severity group			
	Minor	Major	Critical	Catastrophic
Frequent				
Probable				
Occasional	(x)			
Remote		(x)		
Very unlikely	(x)		(x)	

Matriz de riesgo para distintos modos de falla

Matriz de riesgos

■ Frecuencia de falla

■ Improbable	Una vez cada 1000 años
■ Remota	Una vez cada 100 años
■ Ocasional	Una vez cada 10 años
■ Probable	Una vez al año
■ Frecuente	Una vez al mes

■ Categorías de severidad

■ Menor	La performance no se degrada
■ Mayor	Se degrada pero bajo un control
■ Crítica	Se degrada y afecta la seguridad
■ Catastrófica	Resulta en muertes o accidentes

Estudio de caso: chancador

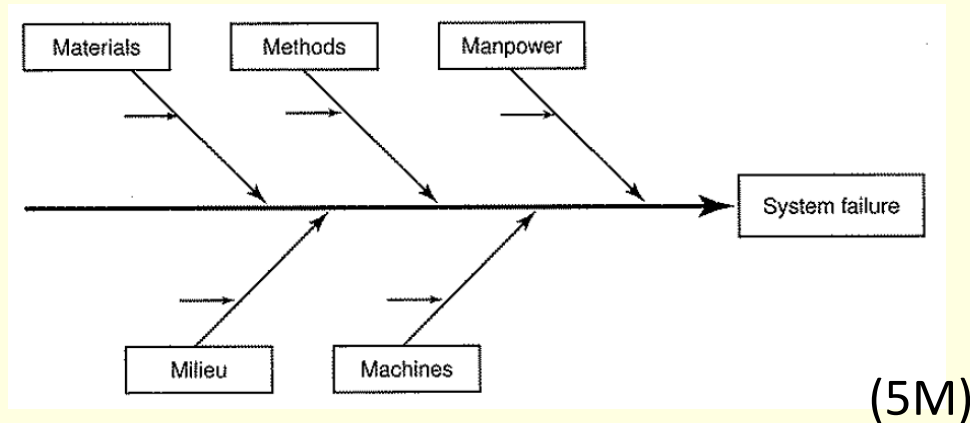
■ Ejemplo eje principal

Subsistema	Función	Modo de Falla	Causas	Efectos locales	Daños		Métodos de detección	Acciones correctivas	Gravedad(1 a 5)
					Efectos de nivel superior	Efectos finales			
Eje Principal	Chancado de mineral	Eje no gira	Gripaje entre eje principal y buje excéntrico	Mal funcionamiento del eje	Ruptura de eje	Chancador no opera	Color que toma el eje, (más oscuro)	Desmontar eje principal y unidad excéntrica	IV
	Chancado de mineral	Eje gira muy rápido o con régimen excéntrico	Gripaje en portacojinetes de collar	Mal funcionamiento del eje	Ruptura de eje	Chancador no opera	Color que toma el eje, (más oscuro)	Parar y desmontar chancador, controlar piezas de cojinetes	IV
	Chancado de mineral	Lainas quebradas	Elementos extraños en el chancador	fractura de material de desgaste	Ruptura de eje	Chancador no opera	Virutas de acero a la salida del chancador	Reemplazar lainas	IV
	Chancado de mineral	Eje con fracturas	Fatiga de material debido a vibraciones presentes	Fractura de eje	Posibles daños con mayores consecuencias	Chancador no opera	Instrumentos	Reemplazar eje	IV

■ Reproducir para cada subsistema

Otras técnicas cualitativas

- Diagramas causa-efecto o fishbones (Ishikawa)

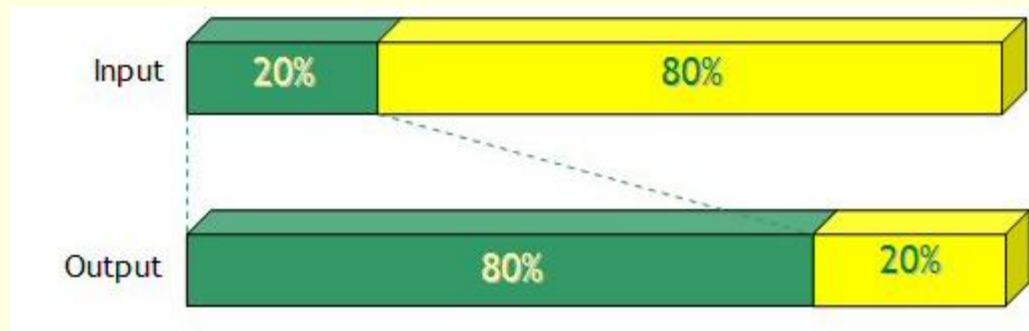


- PHA: Preliminary Hazard Analysis

- HAZOP: Hazard and Operability Analysis

Principio de Pareto

- Observación empírica
- Regla del 80-20 y análisis ABC
- Los “pocos de mucho” y los “muchos de poco”



Vilfredo Pareto

Análisis ABC

■ Zona A

- Fallas de mayor criticidad
- 20% de los modos de falla = 80% de los costos (u otro indicador)

■ Zona B

- Fallas de criticidad media
- 30% de los modos de falla = 15% de los costos (u otro indicador)

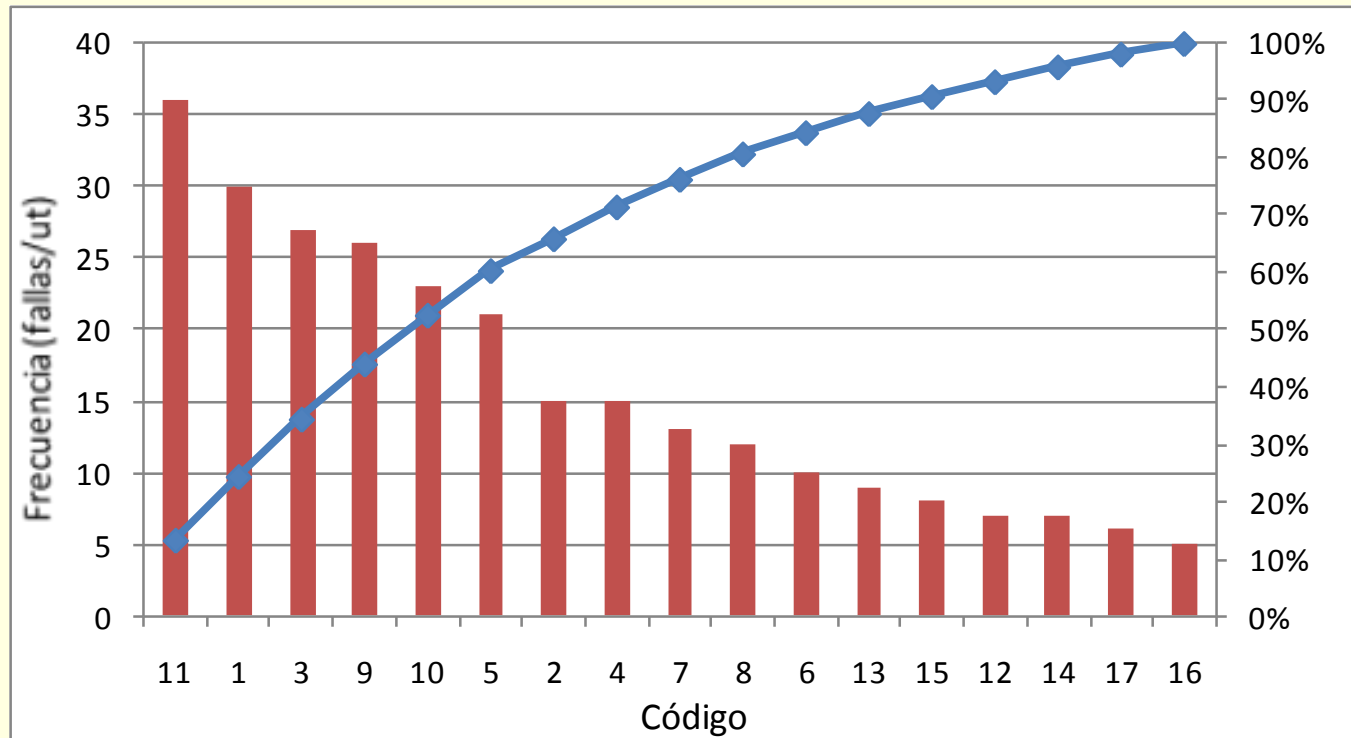
■ Zona C

- Fallas de poca criticidad
- 50% de los modos de falla = 5% de los costos (u otro indicador)

Estudio de caso: equipos mineros

Código	Descripción	Cantidad (fallas/ut)	Duración (ut)	Costo alm. (x10 ⁴ USD)
1	Electrical inspections	30	1015	5,5
2	Damaged feeder cable	15	785	300
3	Change of substation	27	690	15
4	Coupling repairs or checks	15	225	7
5	Power cuts to substations	21	395	1,8
6	Rope limit protection	10	277	1,5
7	Auxiliary motors	13	600	35
8	Main motors	12	555	80
9	Lighting system	26	240	4
10	Overload relay	23	685	70
11	Motor over temperature	36	745	1
12	Earth faults	7	575	5
13	Miscellaneous	9	115	12
14	Control system	7	165	23
15	Air compressor	8	355	1
16	Operator controls	5	155	8
17	Over current faults	6	220	3

Priorización por frecuencia de fallas

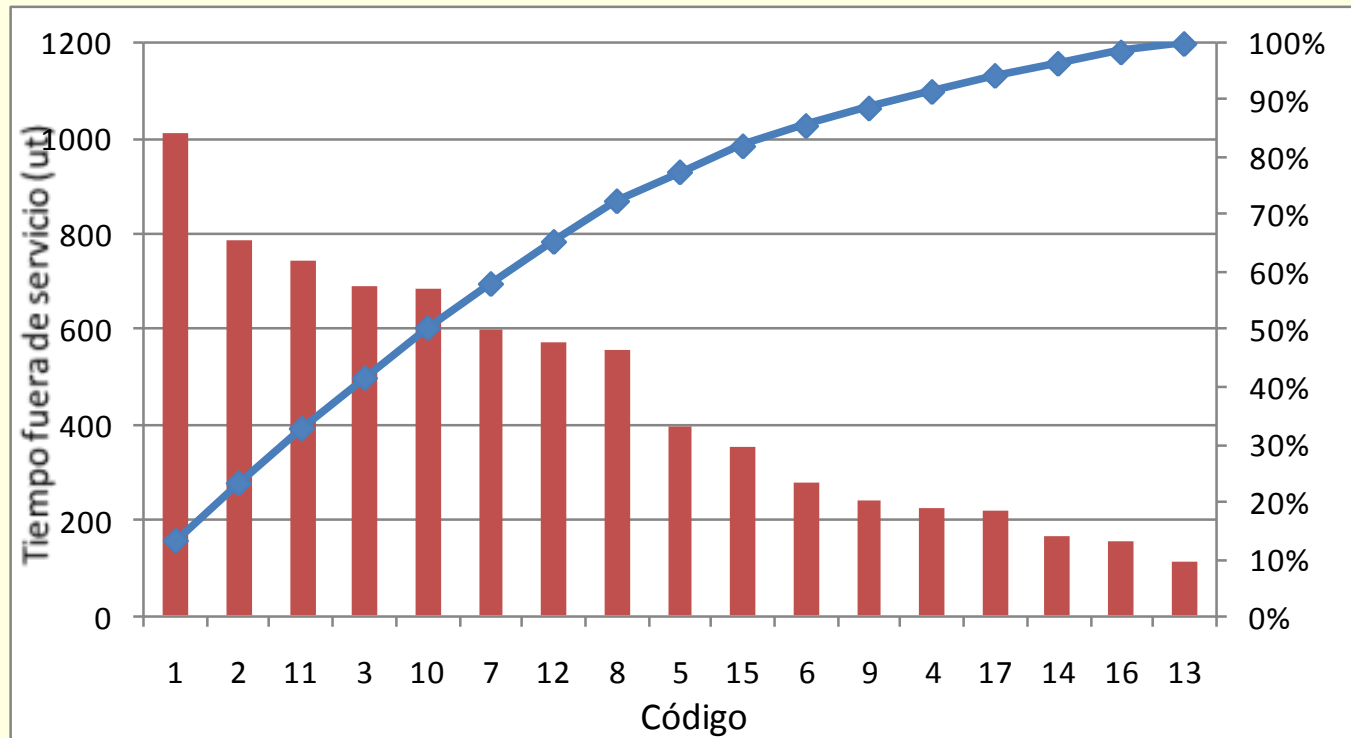


Grupo A: 11, 1, 3, 9, 10, 5, 2, 4, 7, 8 (59% de los modos de falla)

Grupo B: 6, 13, 15, 12, 14 (29% de los modos de falla)

Grupo C: 17, 16 (12% de los modos de falla)

Priorización por tiempo indisponible

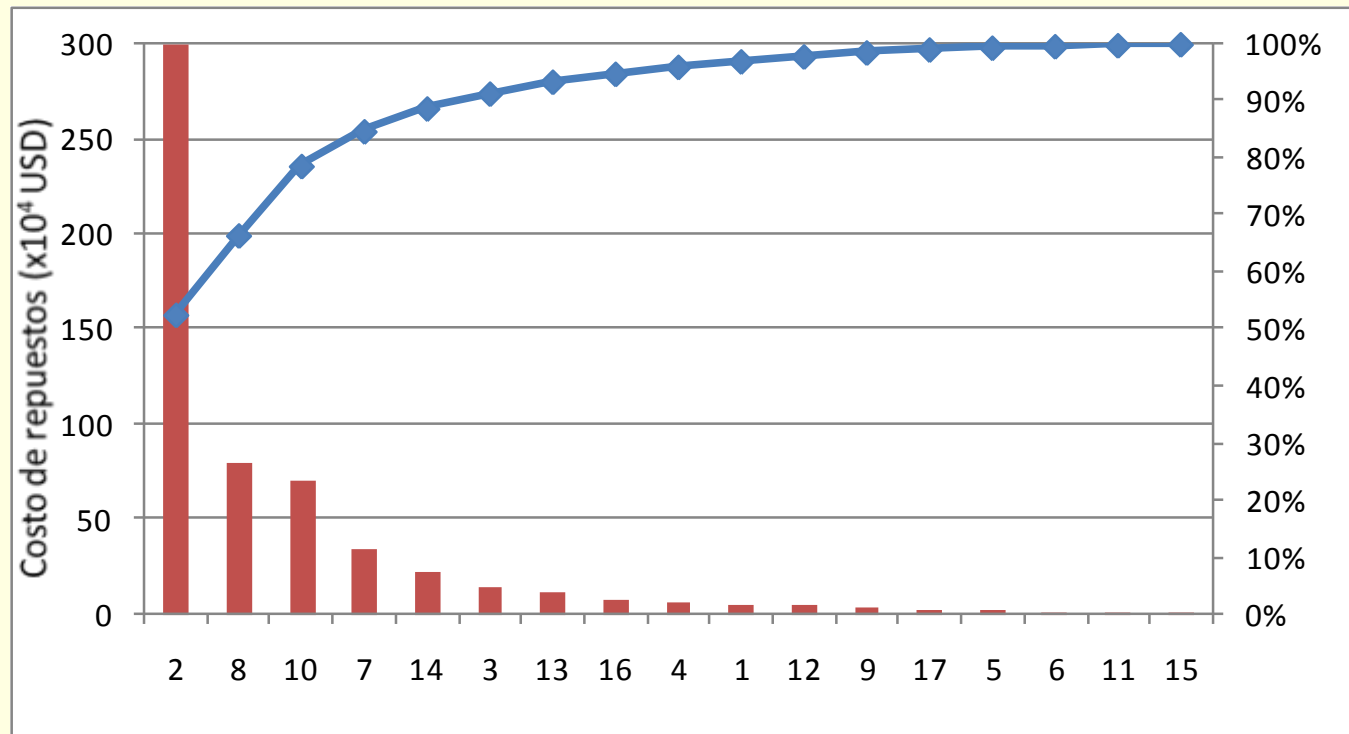


Grupo A: 1, 2, 11, 3, 10, 7, 12, 8, 5, 15 (59% de los modos de falla)

Grupo B: 6, 9, 4, 17 (24% de los modos de falla)

Grupo C: 14, 16, 13 (17% de los modos de falla)

Priorización por capital de repuestos



Grupo A: 2, 8, 10 (18% de los modos de falla)

Grupo B: 7, 14, 3, 13, 16 (29% de los modos de falla)

Grupo C: 4, 1, 12, 9, 17, 5, 6, 11, 15 (53% de los modos de falla)

Deficiencias en Pareto

- Son incapaces de discernir entre eventos aislados con alto costo de falla, y fallas frecuentes de costo reducido.
- Los diagramas de Pareto pueden ser realizados sólo en términos de un único criterio: λ , D, MTTR, costos, etc.
- Es difícil hacer análisis de tendencia, dado que las posiciones relativas de los modos de falla cambian.

Diagramas Jack-Knife

■ Criterios combinados

- Confiabilidad
- Mantenibilidad

■ Fallas agudas

- $MTTR_i > MTTR_{avg}$
- $MTTR_{avg} = \sum_i D_i / \sum_i \lambda_i$

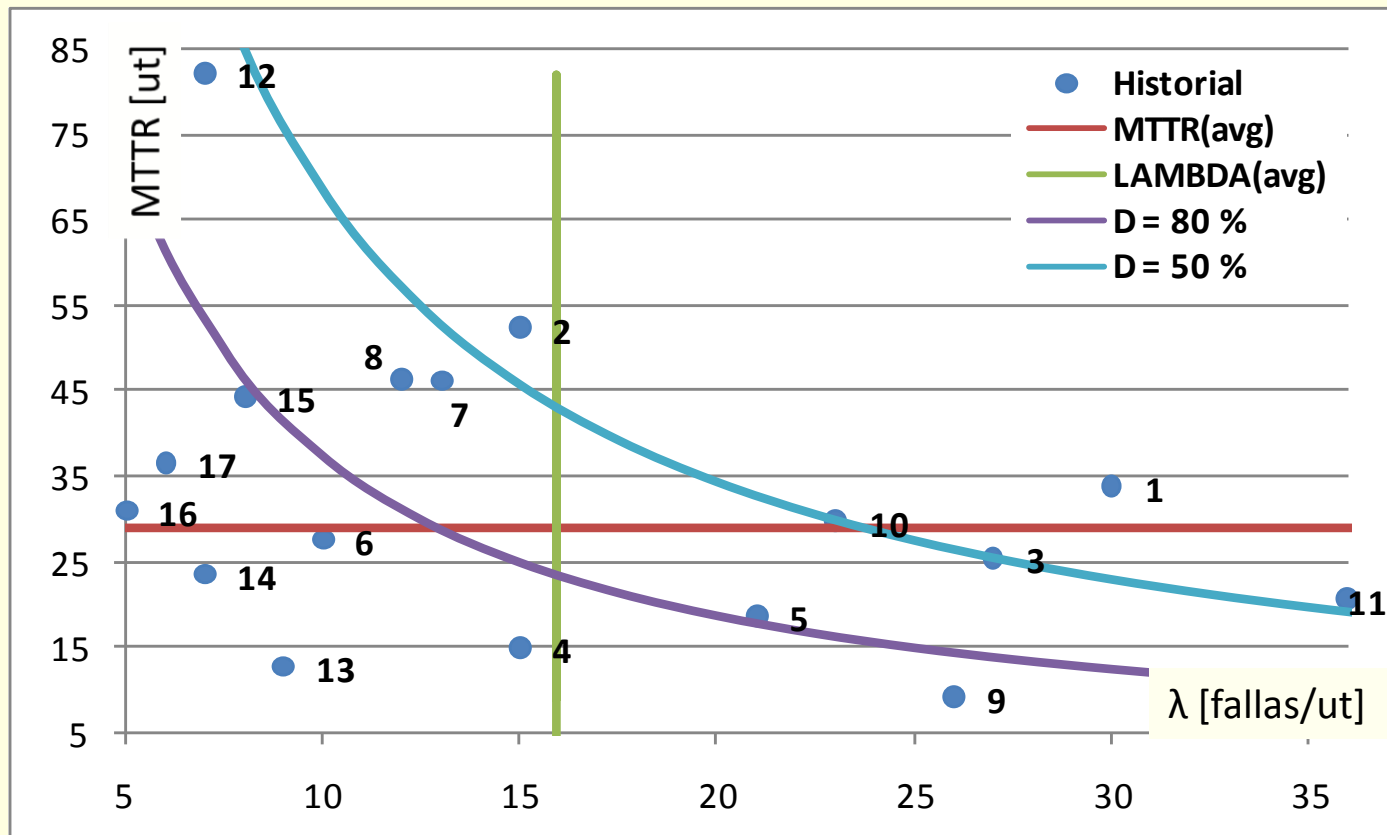
■ Fallas crónicas

- $\lambda_i > \lambda_{avg}$
- $\lambda_{avg} = \sum_i \lambda_i / N$

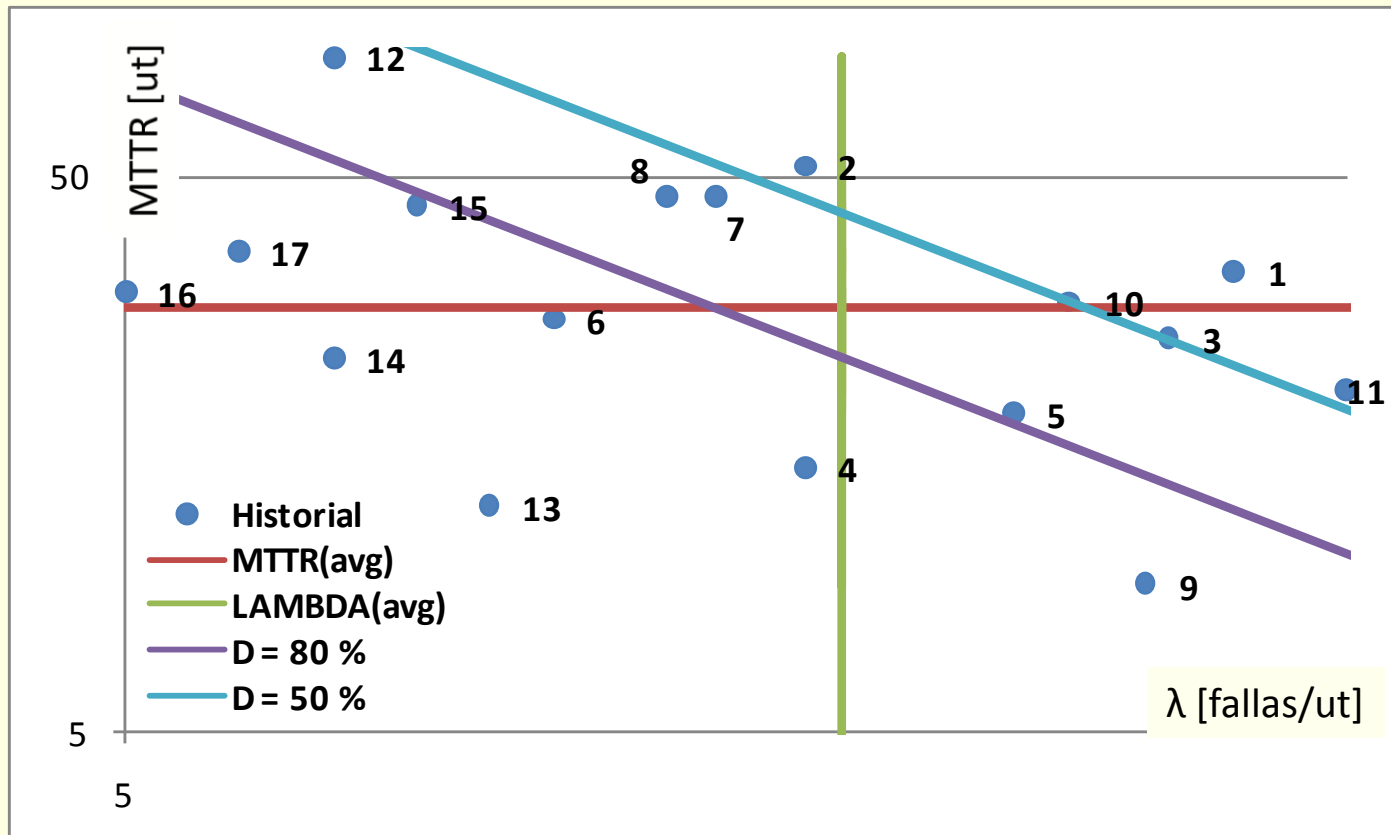
Estudio de caso: equipos mineros

Código	Cantidad (fallas/ut)	Duración (ut)	Tiempo (%)	Tiempo acum. (%)	MTTR (min)
1	30	1015	13%	13%	34
2	15	785	10%	23%	52
11	36	745	10%	33%	21
3	27	690	9%	41%	26
10	23	685	9%	50%	30
7	13	600	8%	58%	46
12	7	575	7%	65%	82
8	12	555	7%	72%	46
5	21	395	5%	78%	19
15	8	355	5%	82%	44
6	10	277	4%	86%	28
9	26	240	3%	89%	9
4	15	225	3%	92%	15
17	6	220	3%	94%	37
14	7	165	2%	97%	24
16	5	155	2%	99%	31
13	9	115	1%	100%	13
Σ	270	7797	100%		

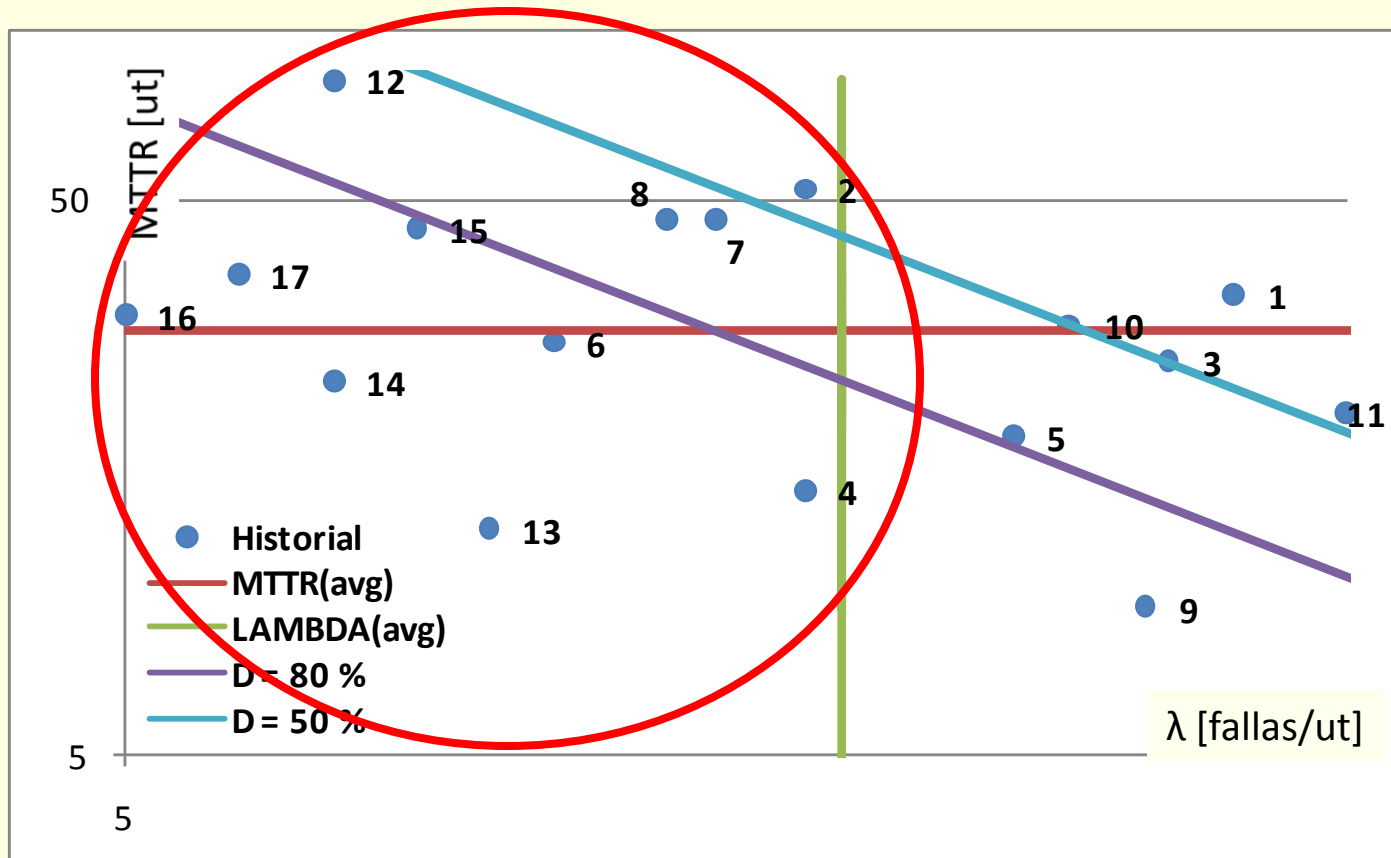
Escala lineal de ejes



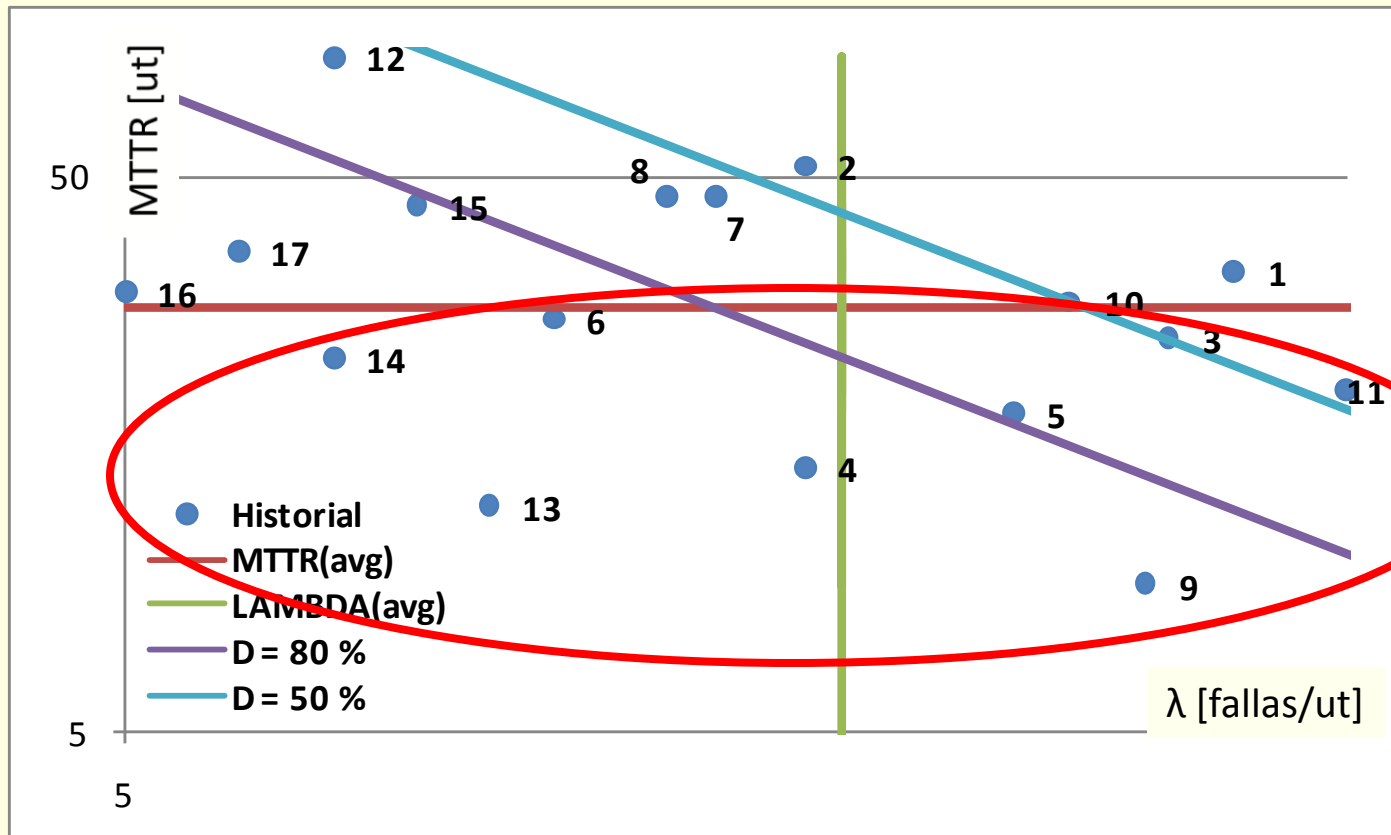
Escala logarítmica de ejes



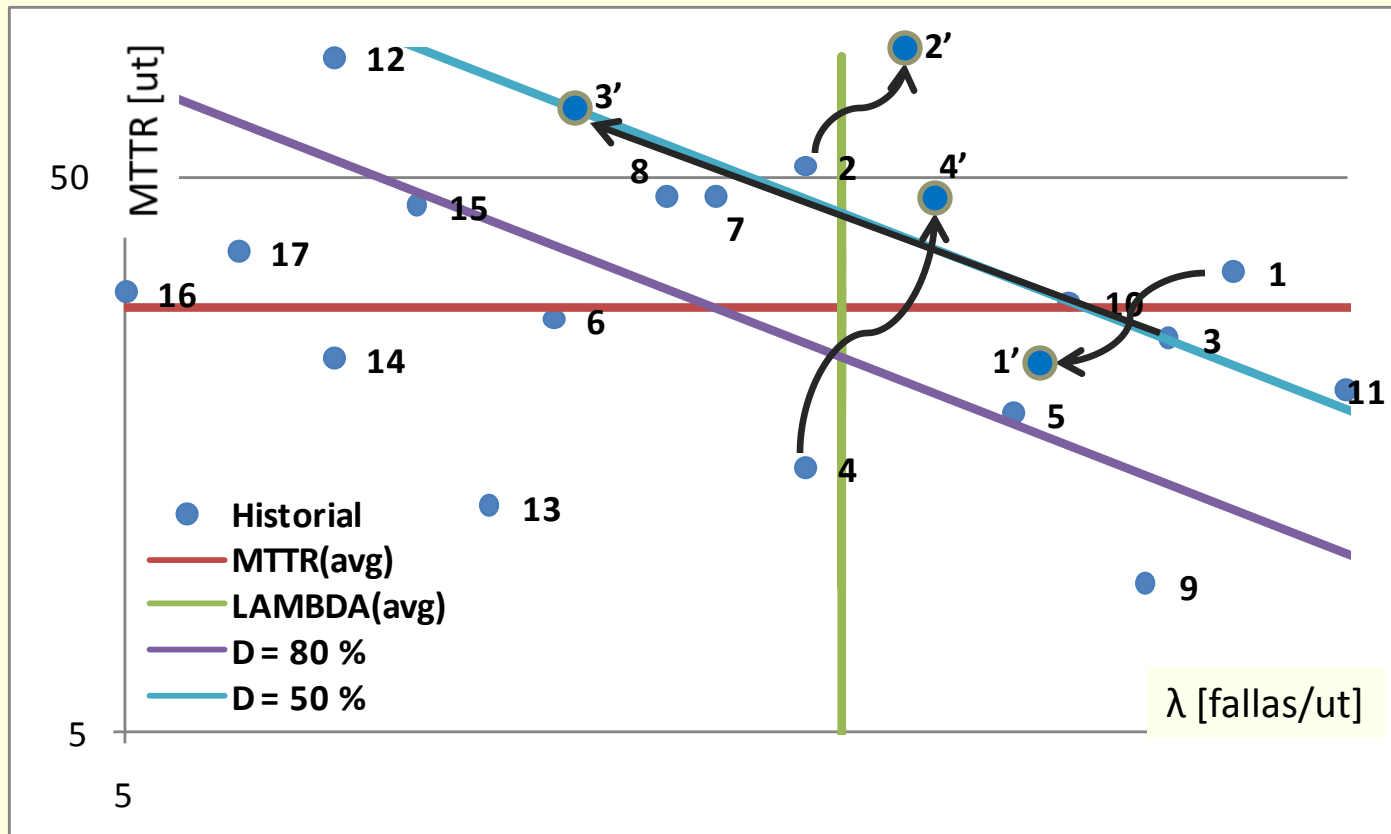
Subsistemas más confiables



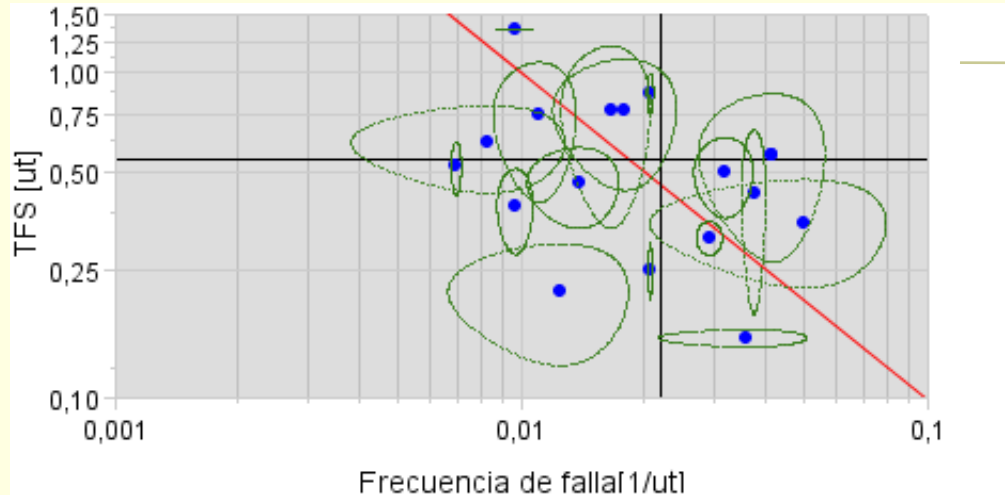
Subsistemas más mantenibles



Análisis de tendencias



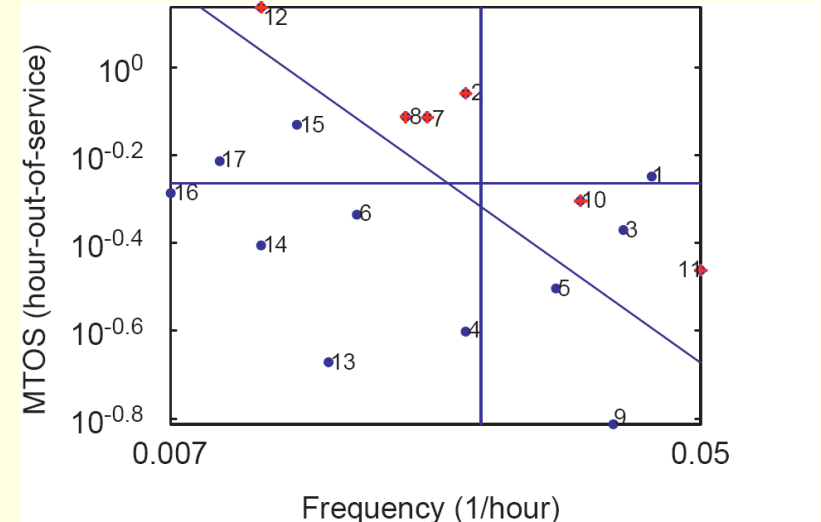
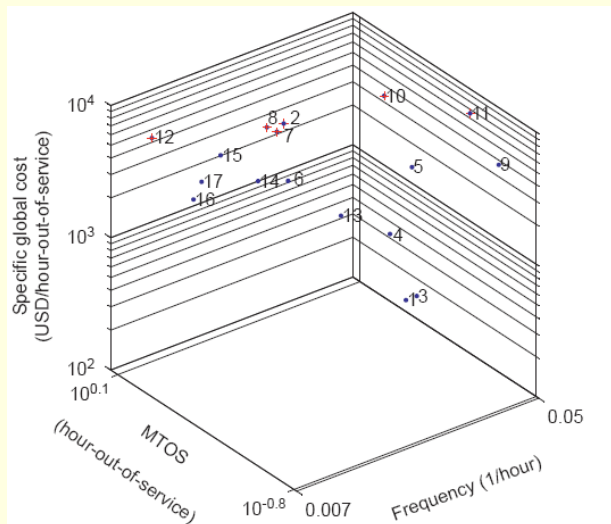
Otras técnicas cuantitativas



Superficies de confianza

¿Volúmenes de confianza?

Orientación al negocio



Fin

Preguntas ?

ME57A - Mantenición de Maquinaria

Canek Jackson De Castro

canek.jackson@lan.com

17 - 27 Agosto 2009