

Explotación de Datos RAM



Blas J. Galván
Ingeniero, *PhD*

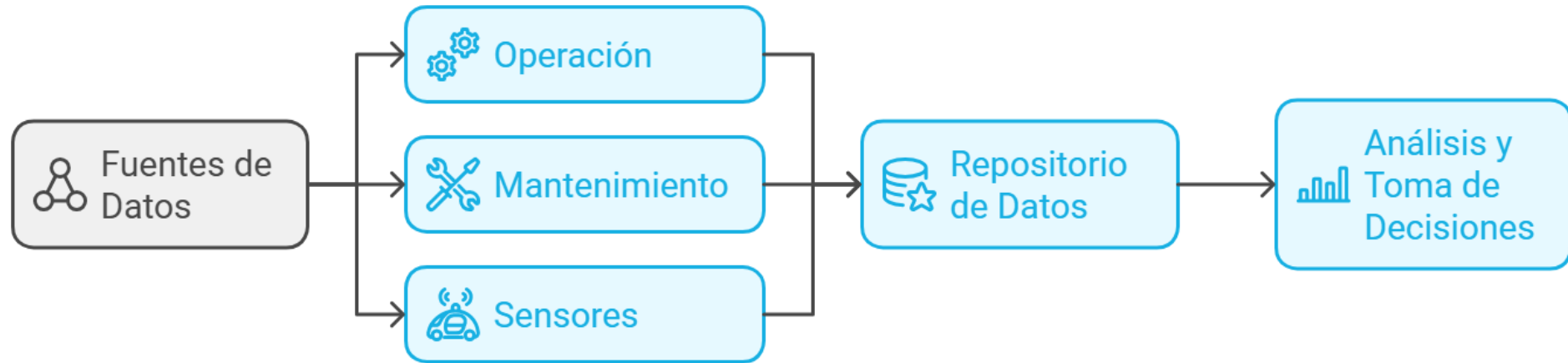
Índice

Datos RAM (Fiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad)

- Fuentes de datos
- ¿Qué datos?
- ¿Dónde obtener los datos?
- Tipos de datos
- ¿Cuántos datos?
- Importancia de la visualización
- Limpieza de datos
- Etapas del Análisis de datos RAM
- Caso del Mantenimiento Predictivo

Fuentes de Datos

A nivel de planta de producción, existen tres grandes fuentes principales de datos a considerar: Operación, Mantenimiento y Sensores



1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando*(TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

* *Tiempo funcionando o disponible para funcionar*

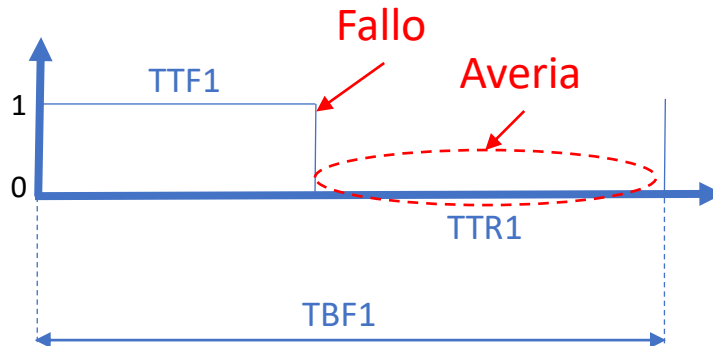
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

Tiempos Entre Fallos (TBF, *Time To Failure*)

Funciona- Falla

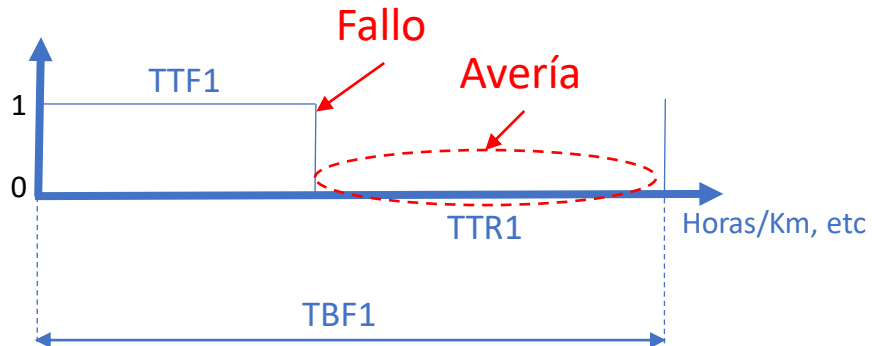
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Ciclo Funciona-Falla

Fallo vs Avería

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

Modo de Fallo 1 (Tiempos del Modo de Fallo)

Modo de Fallo 2 (Tiempos del Modo de Fallo)

Modo de Fallo n (Tiempos del Modo de Fallo)

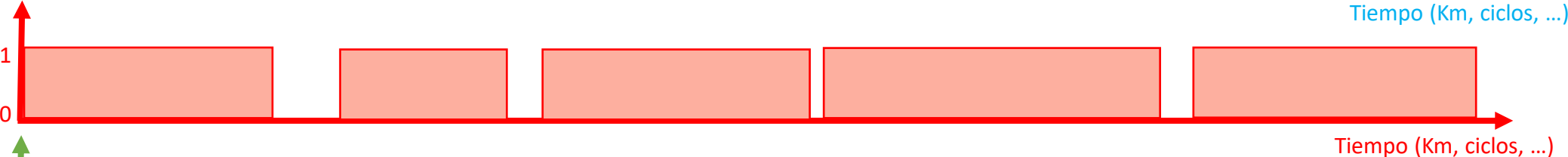
Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo:MF1 Compresor tipo A



Modo de Fallo 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo:MF2 Compresor tipo A



Modo de Fallo n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo:MF3 Compresor tipo A



ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

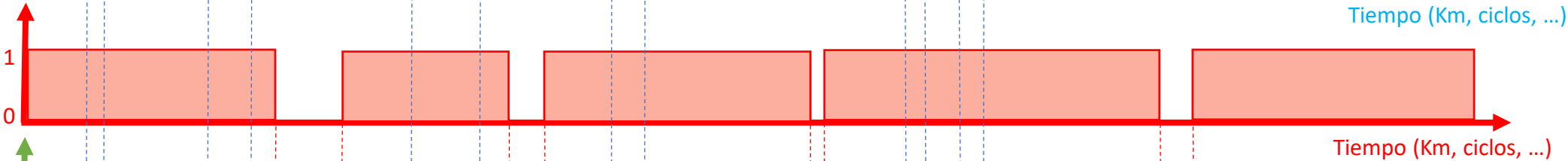
Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo: MF1 Compresor tipo A



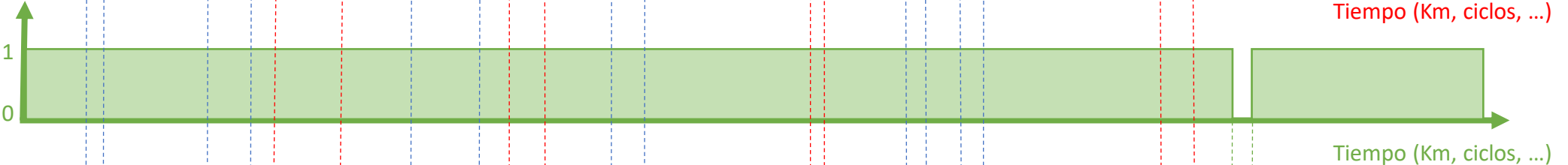
Modo de Fallo 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF2 Compresor tipo A



Modo de Fallo n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF3 Compresor tipo A

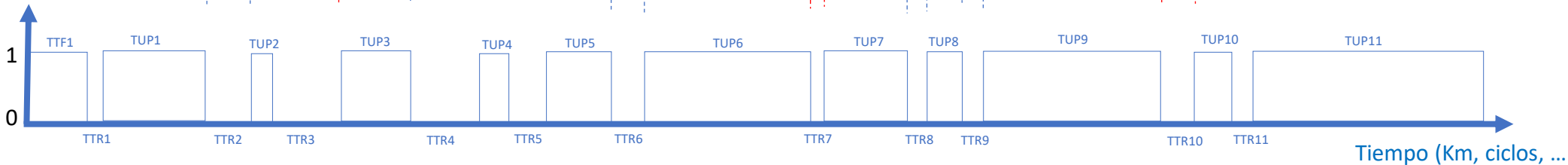


Superposición temporal

Perfil de

Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

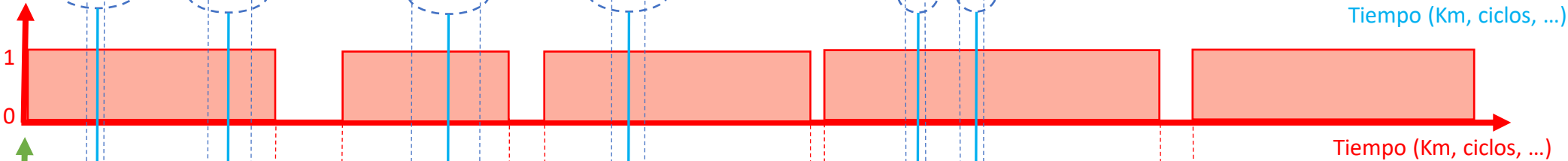
Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo: MF1 Compresor tipo A



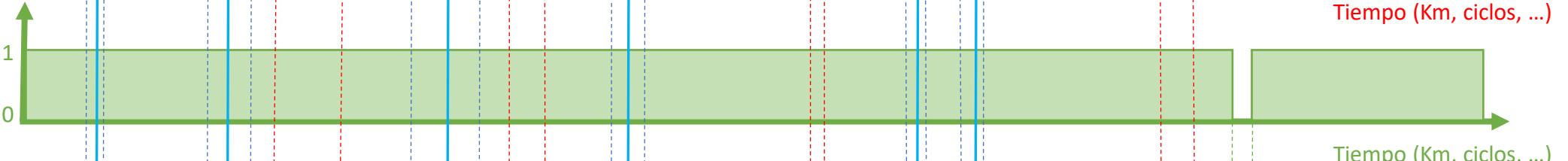
Modo de Fallo 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF2 Compresor tipo A



Modo de Fallo n

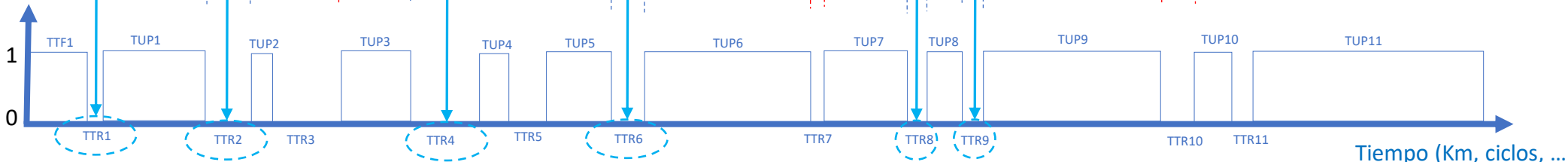
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF3 Compresor tipo A



Perfil de

Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Los Tiempos de Recuperación (TTR) son los de cada Modo de Fallo

ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

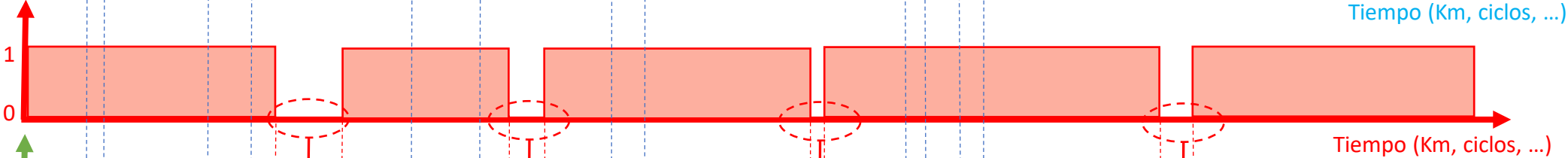
Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo: MF1 Compresor tipo A



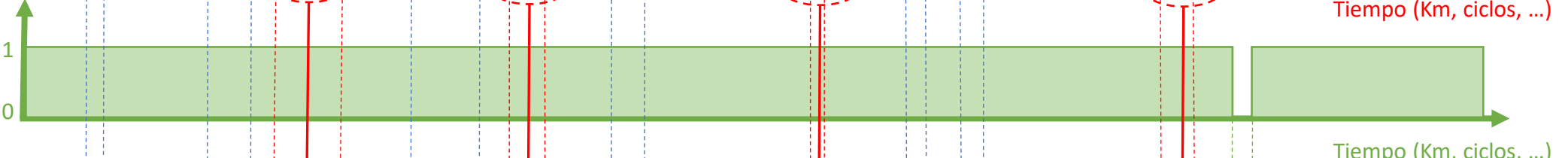
Modo de Fallo 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF2 Compresor tipo A



Modo de Fallo n

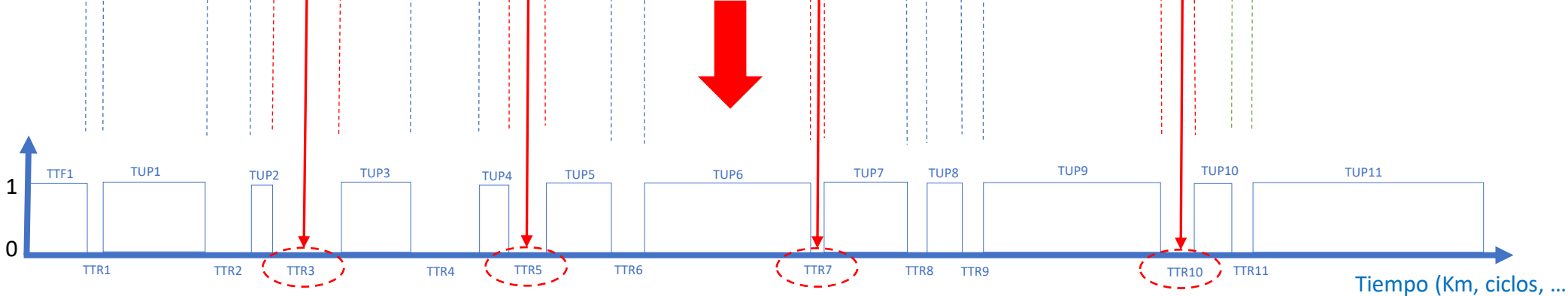
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF3 Compresor tipo A



Perfil de

Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Los Tiempos de Recuperación (TTR) son los de cada Modo de Fallo

ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

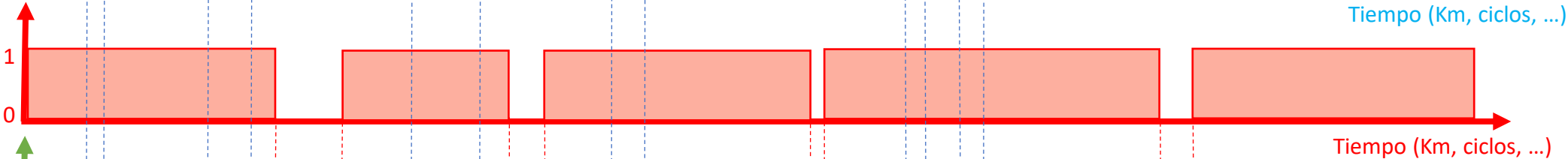
Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo: MF1 Compresor tipo A



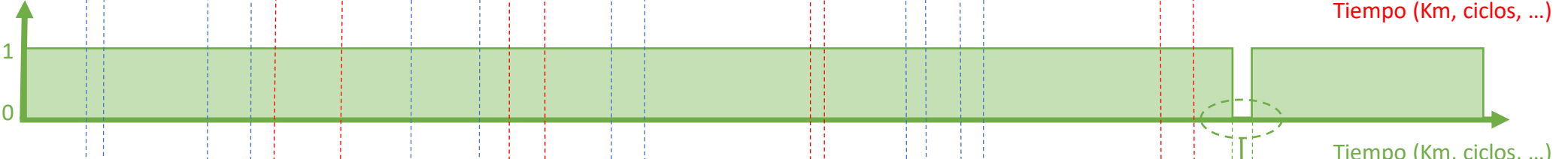
Modo de Fallo 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF2 Compresor tipo A



Modo de Fallo n

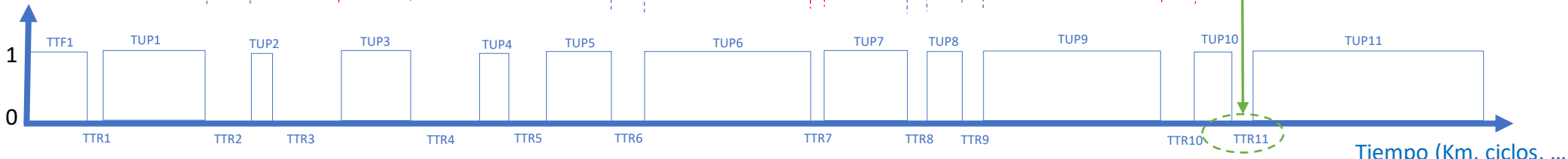
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF3 Compresor tipo A



Perfil de

Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



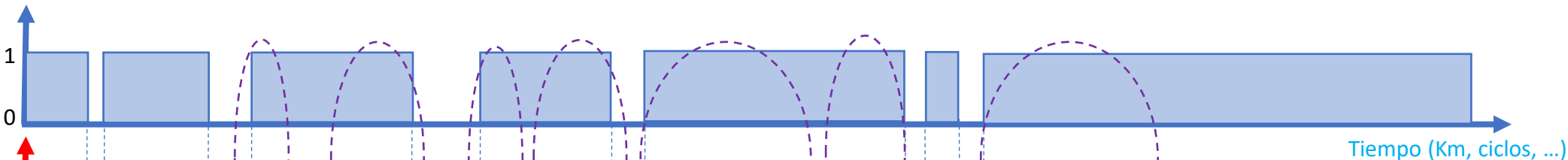
Los Tiempos de Recuperación (TTR) son los de cada Modo de Fallo

ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

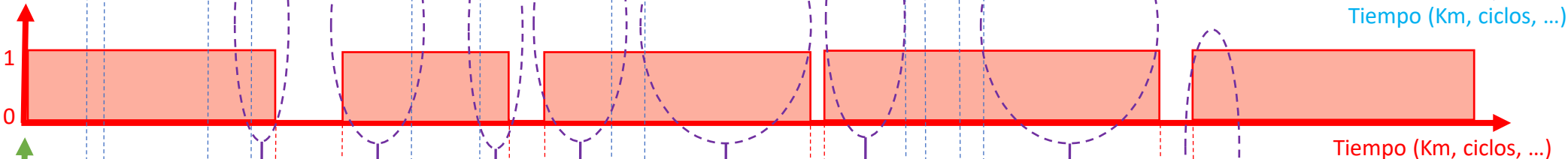
Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo: MF1 Compresor tipo A



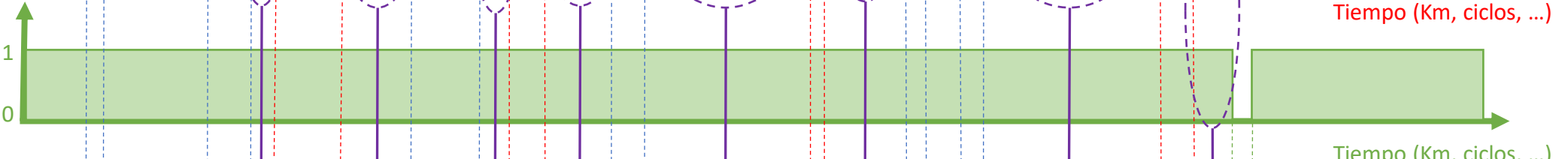
Modo de Fallo 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF2 Compresor tipo A



Modo de Fallo n

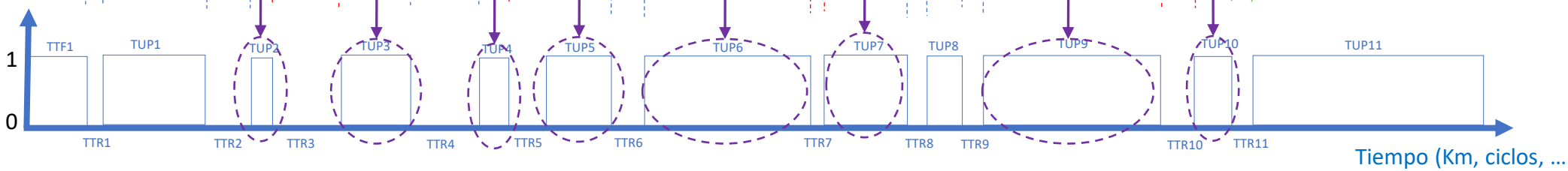
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: MF3 Compresor tipo A



Perfil de

Funcionabilidad

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A



Algunos Tiempos Entre Fallos (TUP) son mixtos (origen en varios Modos de Fallo)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

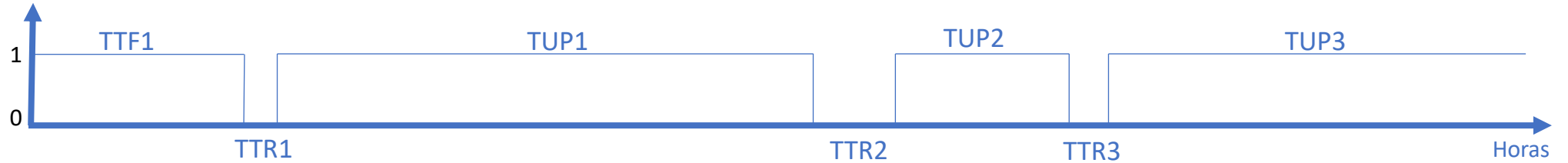
Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

Perfil de
Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

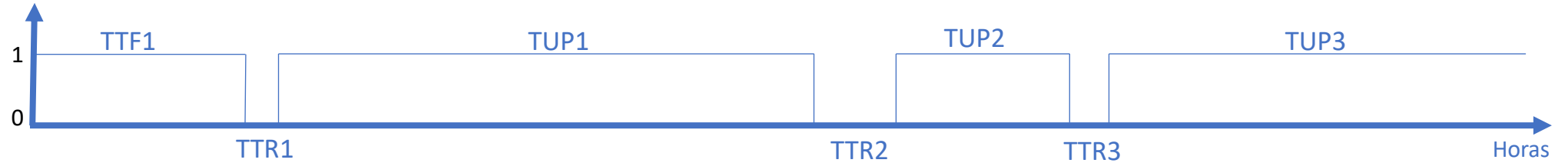
Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

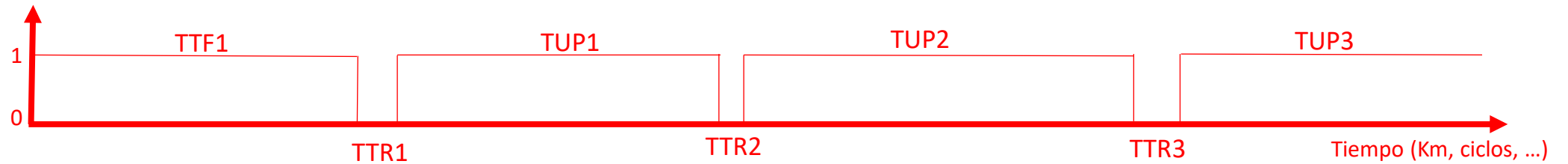
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

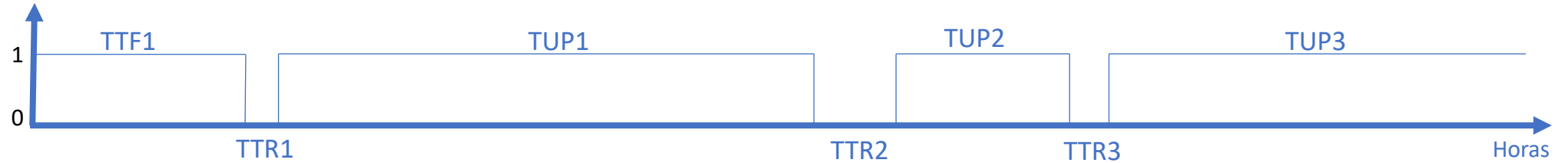
Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

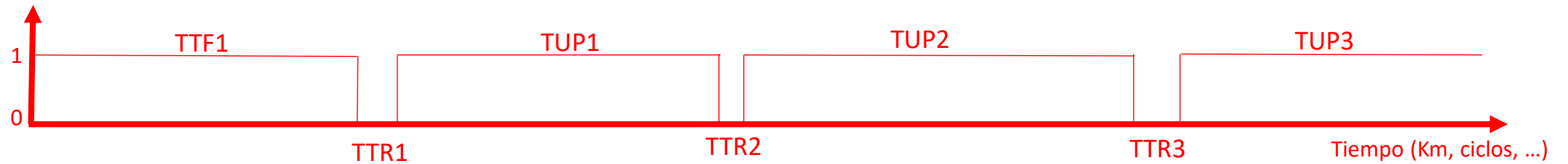
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

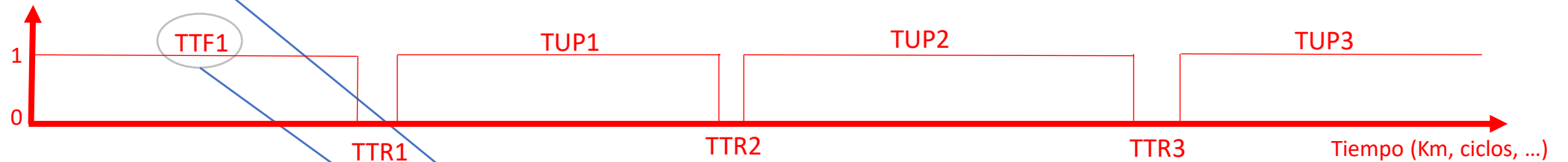
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos Hasta el Fallo (TTF1,...,TTF1,TTF1)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

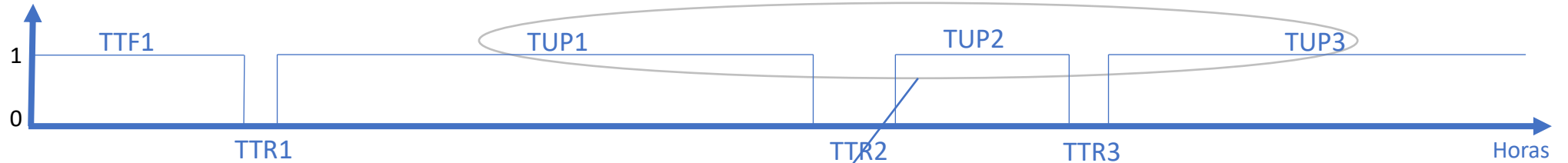
Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

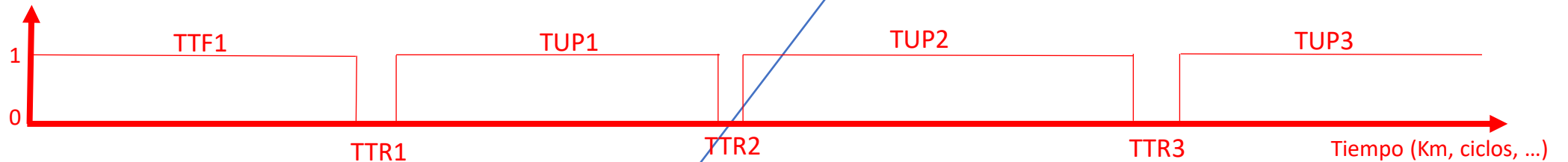
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos Up (TUP1, TUP2, TUP3, TUP1, TUP2, TUP3, ..., TUP1, TUP2, TUP3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

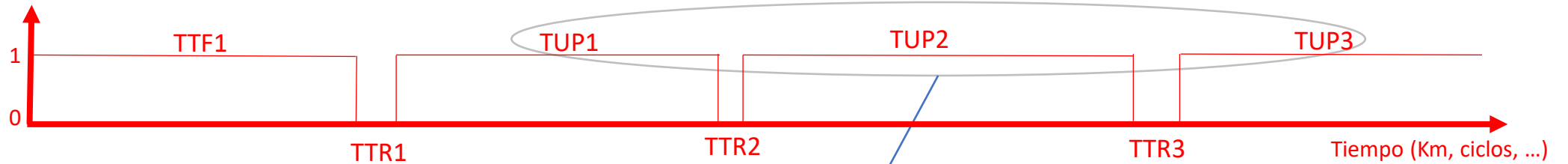
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



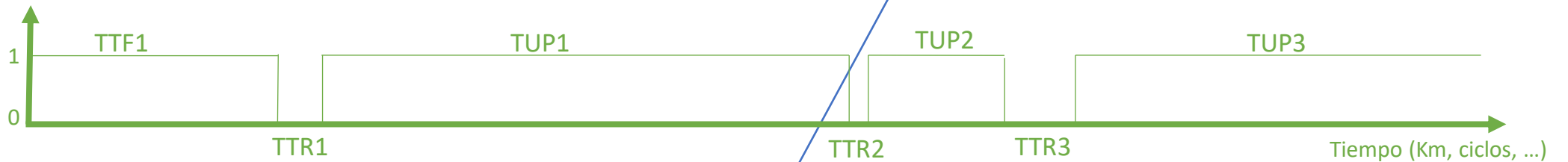
Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos UP (TUP1, TUP2, TUP3, TUP1, TUP2, TUP3, ..., TUP1, TUP2, TUP3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

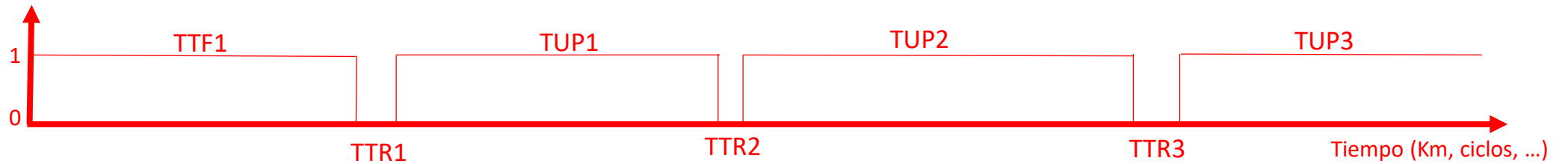
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



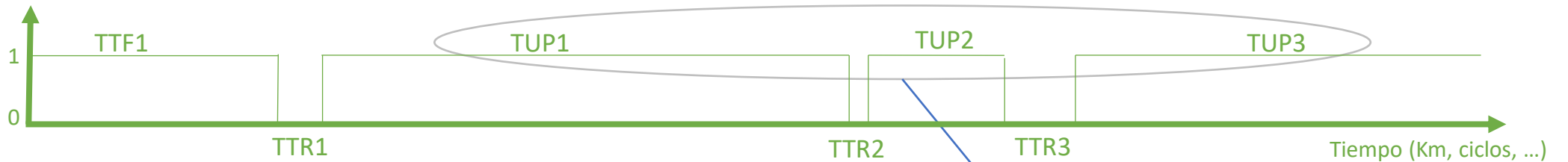
Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos UP (TUP1, TUP2, TUP3, TUP1, TUP2, TUP3, ..., TUP1, TUP2, TUP3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

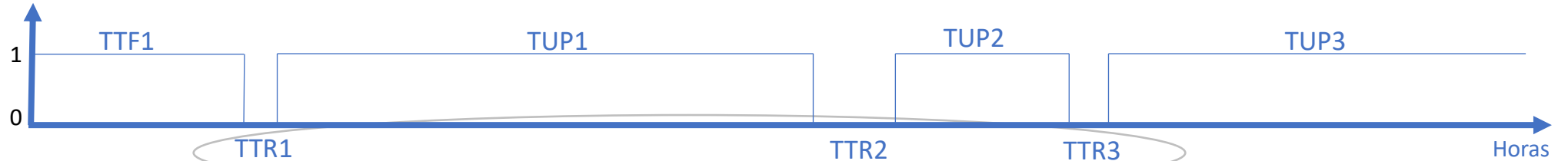
Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

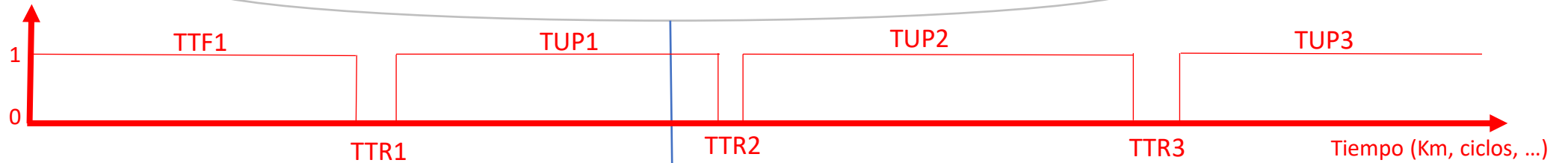
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos de Recuperación (TTR1, TTR2, TTR3, TTR1, TTR2, TTR3, ..., TTR1, TTR2, TTR3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

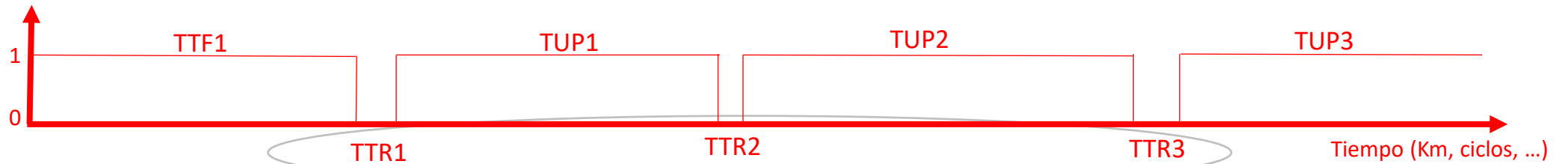
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



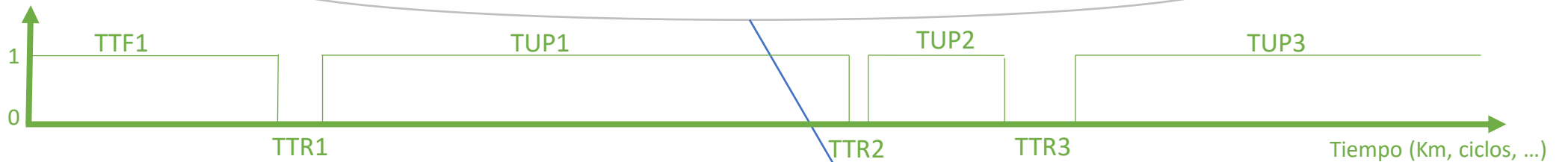
Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos de Recuperación (TTR1, TTR2, TTR3, TTR1, TTR2, TTR3, ..., TTR1, TTR2, TTR3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

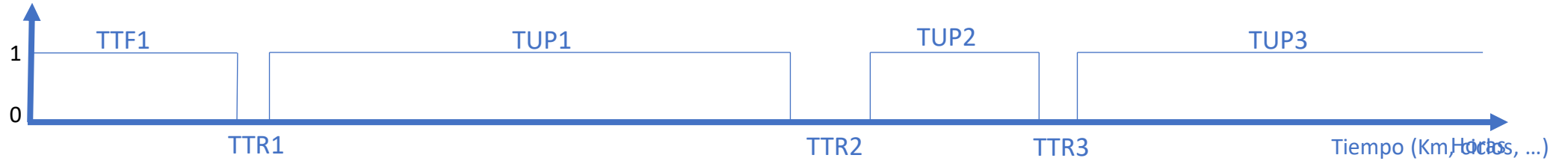
Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

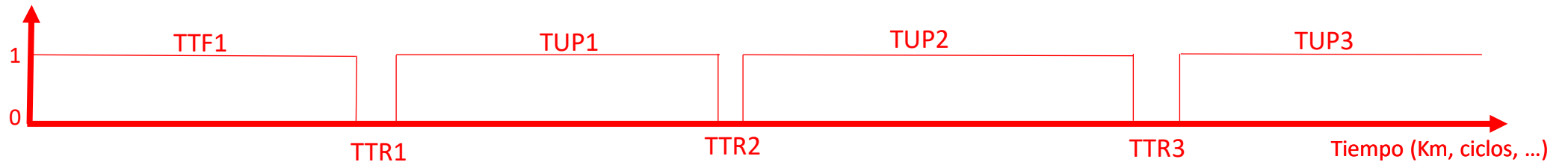
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



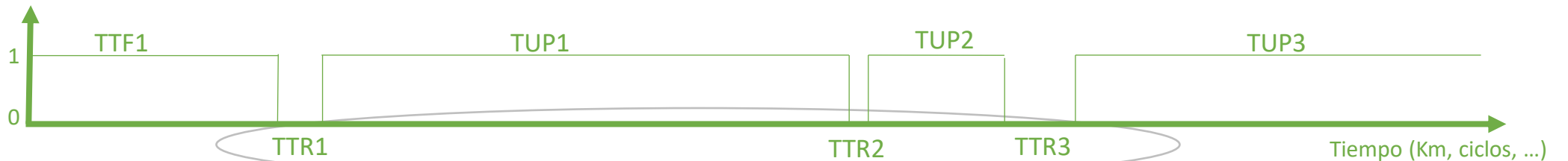
Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos de Recuperación (TTR1, TTR2, TTR3, TTR1, TTR2, TTR3, ..., TTR1, TTR2, TTR3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

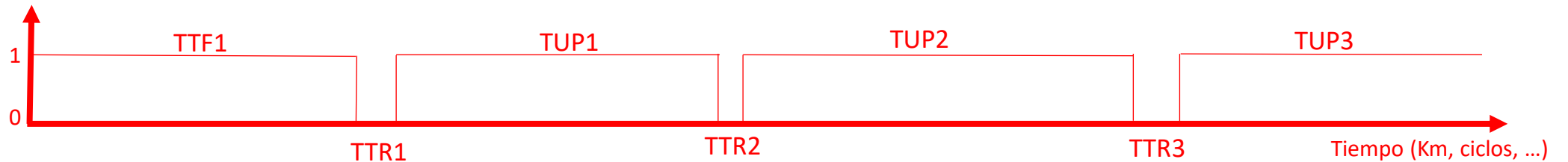
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos Hasta el Fallo (TTF1, TTF1, ..., TTF1)

Tiempos UP (TUP1, TUP2, TUP3, TUP1, TUP2, TUP3, ..., TUP1, TUP2, TUP3)

Tiempos de Recuperación (TTR1, TTR2, TTR3, TTR1, TTR2, TTR3, ..., TTR1, TTR2, TTR3)

1 Datos de Mantenimiento: ¿QUÉ DATOS?

Tiempos Hasta el Fallo (TTF, *Time To Failure*)

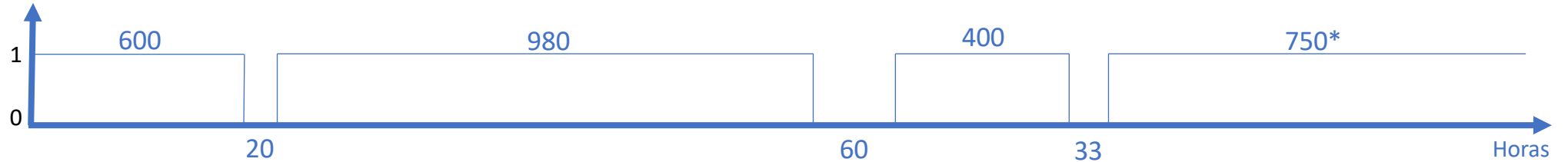
Tiempos Funcionando (TUP, *UP Time*)

Tiempos de Recuperación (TTR, *Time To Recover*)

EJEMPLO

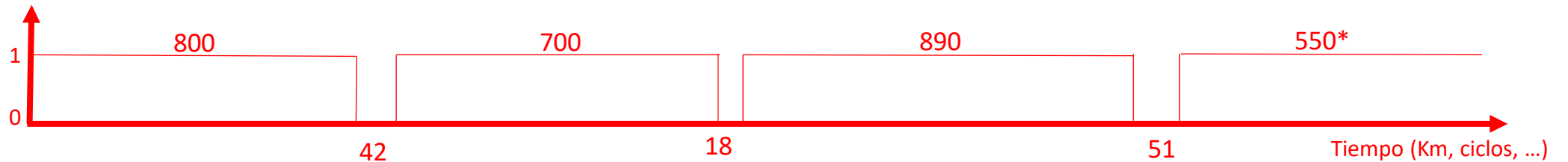
Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



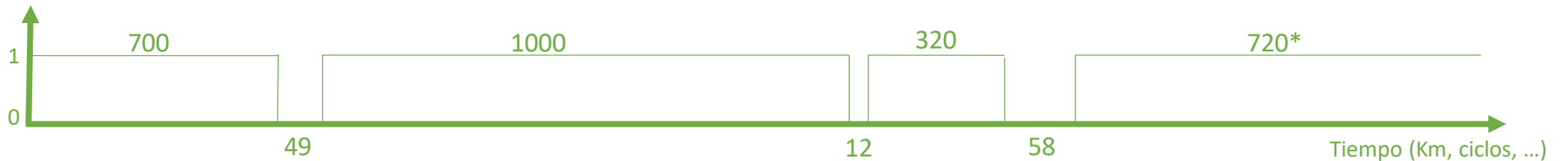
Perfil de Funcionabilidad 2

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 2



Perfil de Funcionabilidad n

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº n



Tiempos Hasta el Fallo (600, 800, ..., 700)

Tiempos UP (980, 400, 750*, 700, 890, 550*, ..., 1000, 320, 720*)

Tiempos de Recuperación (20, 60, 33, 42, 18, 51, ..., 49, 12, 58)

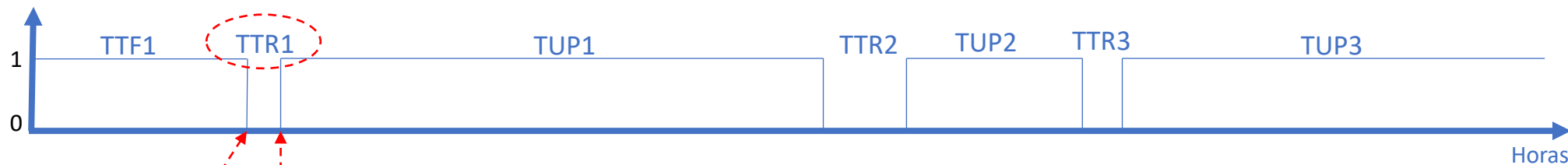
2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50

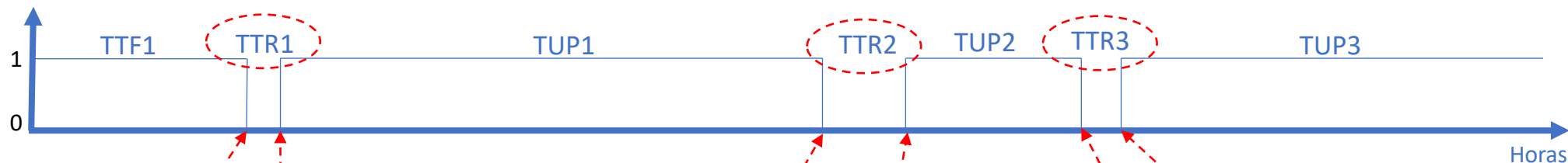
2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50

Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	18/09/2024 14:30	20/09/2024 11:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	18/09/2024 15:10	20/09/2024 10:10

Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	05/12/2024 09:20	08/12/2024 20:34
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	05/12/2024 19:30	08/12/2024 19:50

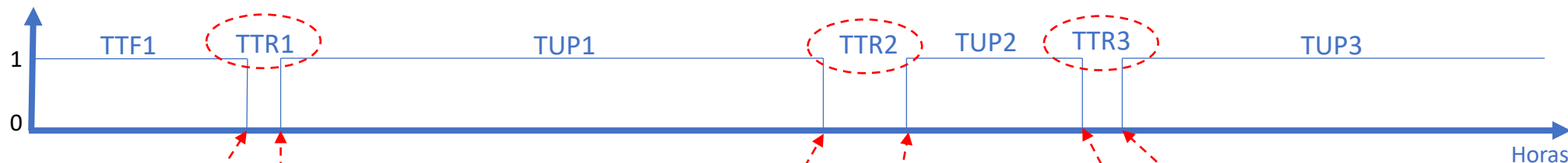
2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50

Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	18/09/2024 14:30	20/09/2024 11:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	18/09/2024 15:10	20/09/2024 10:10

Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	05/12/2024 09:20	08/12/2024 20:34
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	05/12/2024 19:30	08/12/2024 19:50

Pueden existir diferencias entre fecha-hora. En cada organización se debe decidir cuáles son los campos a considerar y el tratamiento de las discrepancias

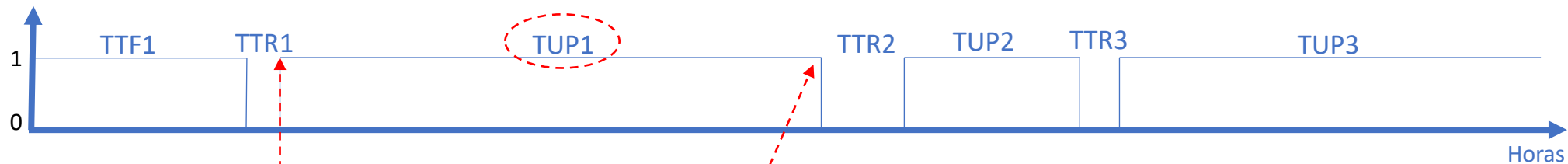
2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50

Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	18/09/2024 14:30	20/09/2024 11:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	18/09/2024 15:10	20/09/2024 10:10

Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	05/12/2024 09:20	08/12/2024 20:34
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	05/12/2024 19:30	08/12/2024 19:50

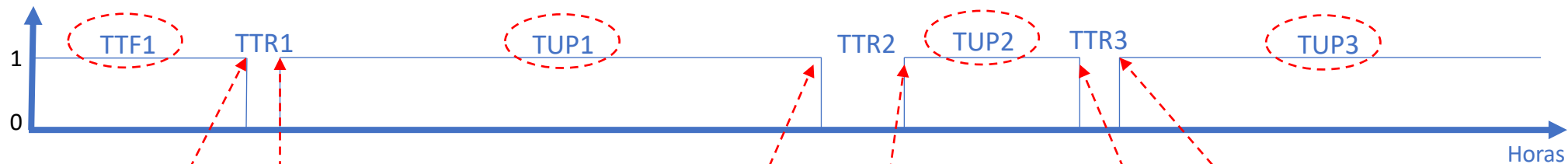
2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50

Orden de Trabajo

OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	18/09/2024 14:30	20/09/2024 11:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	18/09/2024 15:10	20/09/2024 10:10

Orden de Trabajo

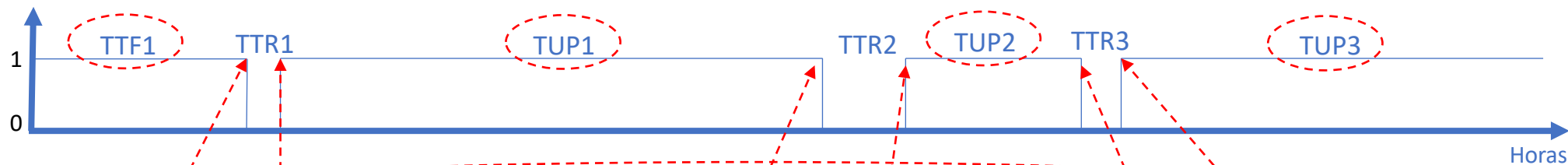
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	05/12/2024 09:20	08/12/2024 20:34
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	05/12/2024 19:30	08/12/2024 19:50

2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de
Funcionabilidad 1
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



PROCESADO DE OTs CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	12/07/2024 12:10	12/07/2024 17:50

Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	18/09/2024 14:30	20/09/2024 11:50
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	18/09/2024 15:10	20/09/2024 10:10

Orden de Trabajo		
OT código	Fecha-hora Apertura	Fecha-hora Cierre
	05/12/2024 09:20	08/12/2024 20:34
Incidente	Fecha-hora Inicio	Fecha-hora Fin
	05/12/2024 19:30	08/12/2024 19:50

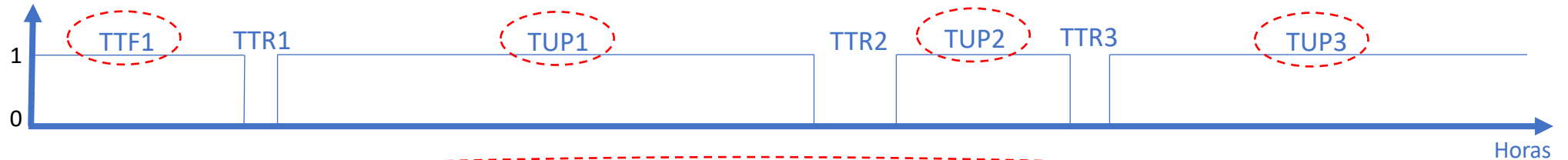
2 DATOS: ¿de dónde?

Mis Datos suelen estar en los registros de Operación y/o Mantenimiento

Fuente más frecuente: **Órdenes de Trabajo (OTs)**

Perfil de Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



PROCESADO DE OTs CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA



RAMS Ajuste a Weibull de dos parámetros (MV)

Realiza un ajuste a Weibull de dos parámetros (Máxima Verosimilitud) V 1.0



Analizador de Modos de Fallo

Analiza órdenes de trabajo y clasifica modos de fallo de forma interactiva. Creado por VideoRAMS



Análisis de Datos RAM

Análisis de Datos de Confiabilidad y Mantenimiento V1.0 (beta)



RAMS Ajuste a Exponencial de dos parámetros (MV)

Ajuste Exponencial de dos parámetros (Máxima Verosimilitud) V1.0



Análisis de Datos RAM

Conocer y saber aplicar la Estadística para analizar datos RAM en la industria



Analista Estadístico RAMS con Algoritmo SAFE1

Asistente estadístico con enfoque en RAMS y algoritmo SAFE1



RAMS Ajuste a Exponencial de dos parámetros (MC)

Realiza el ajuste a exponencial de dos parámetros por Mínimos Cuadrados V1.0

3 TIPOS DE DATOS

DATOS

```
graph TD; A[DATOS] --> B[Completo];
```

A blue rounded rectangle labeled 'DATOS' is at the top. A blue arrow points from its bottom-left corner to a white rectangle labeled 'Completo' on the left.

Completo

Ejemplos: 345, 1231

3 TIPOS DE DATOS

DATOS

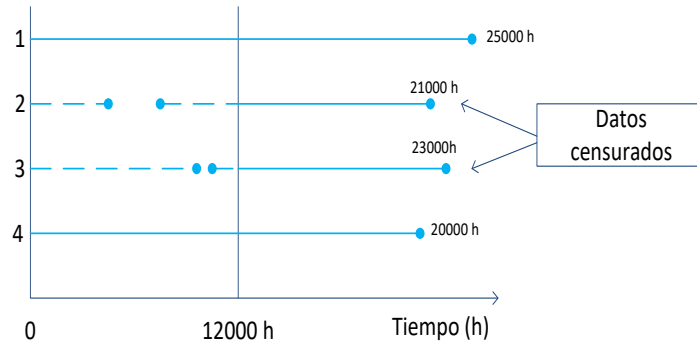
Completos

Ejemplos: 345, 1231

Censurados

Censura a la Izquierda

Activos



Ejemplos: 25000, *12000-21000,
*12000-23000, 20000

3 TIPOS DE DATOS

DATOS

Completos

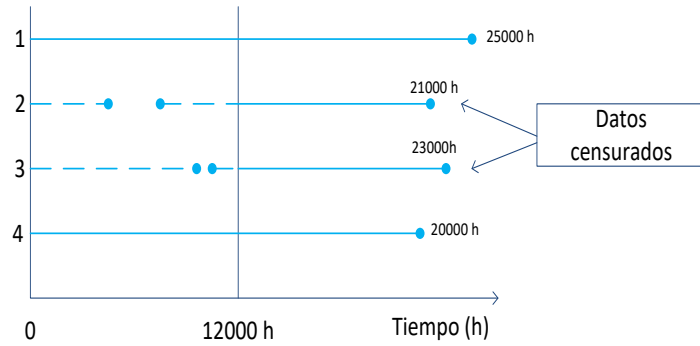
Ejemplos: 345, 1231

Censurados

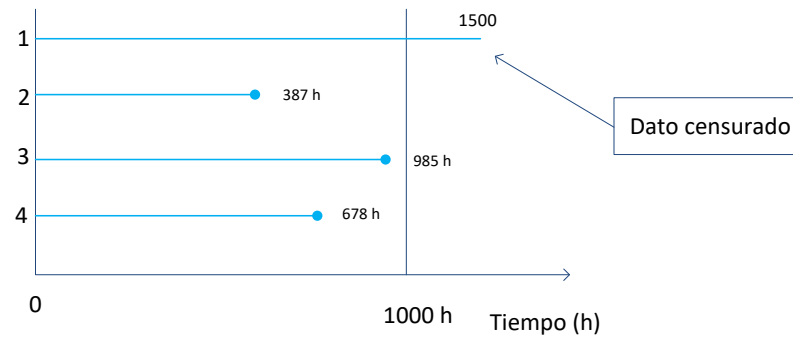
Censura a la Izquierda

Censura a la derecha

Activos



Ejemplos: 25000, *12000-21000,
*12000-23000, 20000



Ejemplo: 1500*,387,985,687

3 TIPOS DE DATOS

DATOS

Completos

Ejemplos: 345, 1231

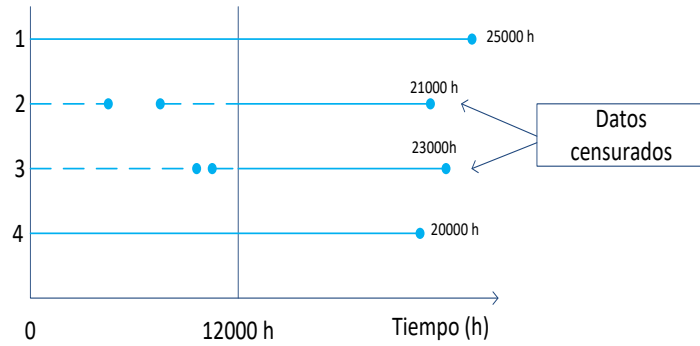
Censurados

Censura a la Izquierda

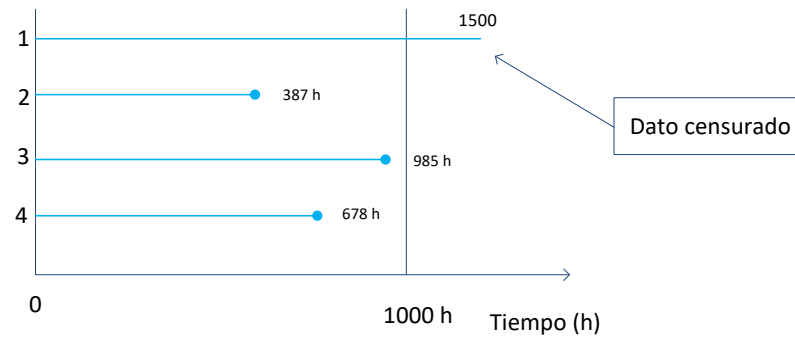
Censura a la derecha

Censura en intervalos

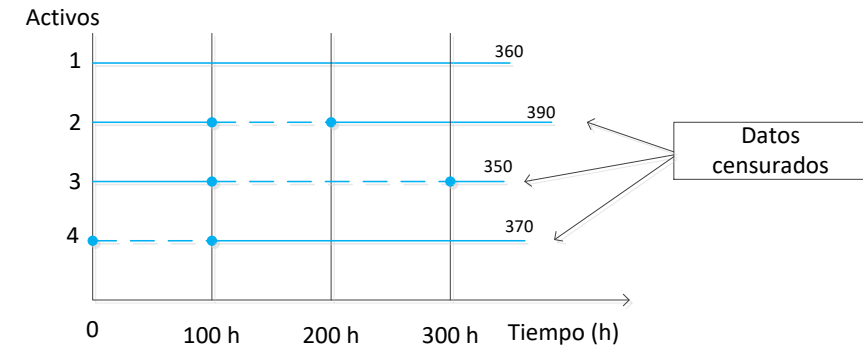
Activos



Ejemplos: 25000, *12000-21000,
*12000-23000, 20000



Ejemplo: 1500*,387,985,687



Ejemplos: 360, (100*, *200-390*),
(100*, *300-350*),
(*100,370*)

3 TIPOS DE DATOS

DATOS

Completos

Ejemplos: 345, 1231

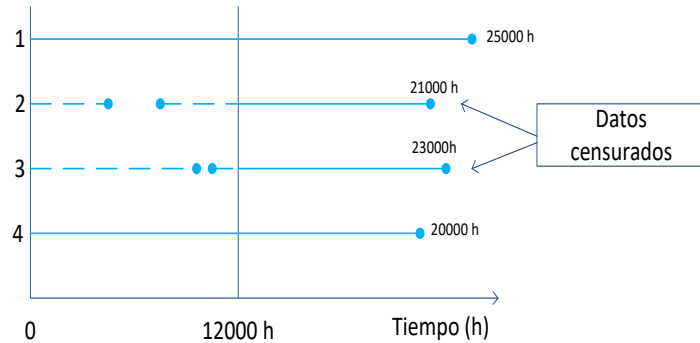
Censurados

Censura a la Izquierda

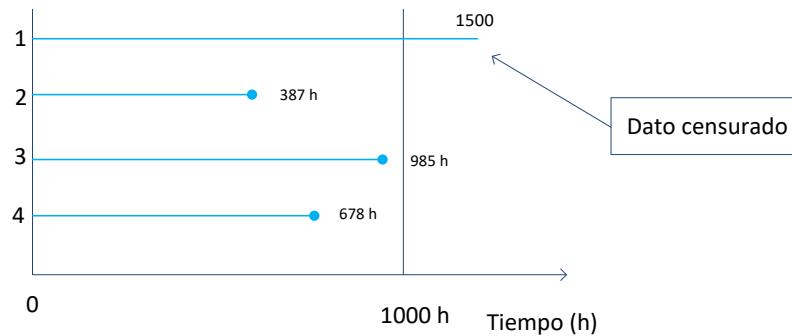
Censura a la derecha

Censura en intervalos

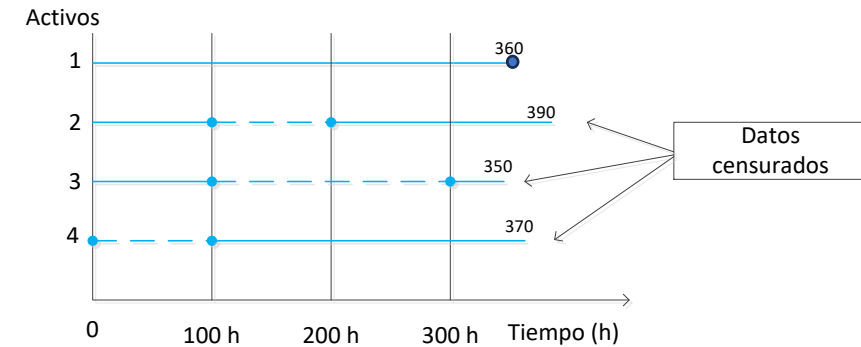
Activos



Ejemplos: 25000, *12000-21000,
*12000-23000, 20000



Ejemplo: 1500*,387,985,687



Ejemplos: 360, (100*, *200-390*),
(100*, *300-350*),
(*100,370*)

NOTA: Cada software tiene una forma diferente de indicar la censura

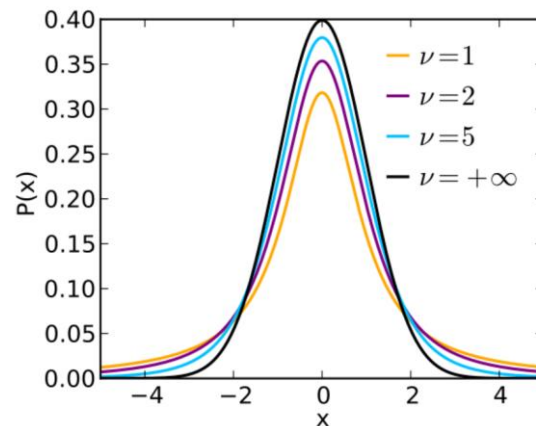
4 ¿CUÁNTOS DATOS?

Nº de DATOS

≤ 10 (sucesos raros)

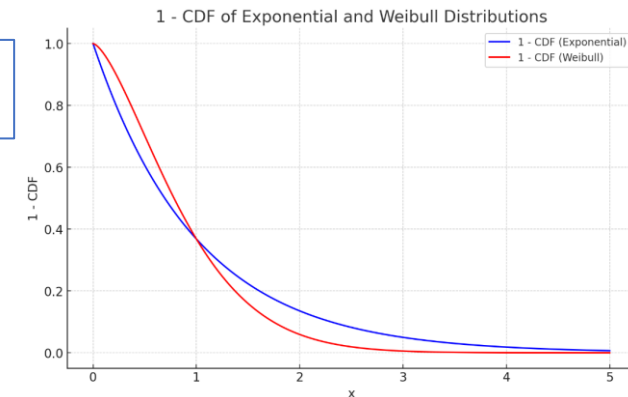
≥ 30 (recomendado)

T Student
(análisis recomendado)



Otras Distribuciones
(análisis recomendado)

Exponencial
Weibull
Normal
Log-Normal
Etc.



Como ejemplo: Se puede considerar que una planta con 1000 activos físicos reparables y una tasa media de Fallos del orden de 4 fallos/año, en un histórico de 20 años tendría entre 250000 y 300000 datos RAM

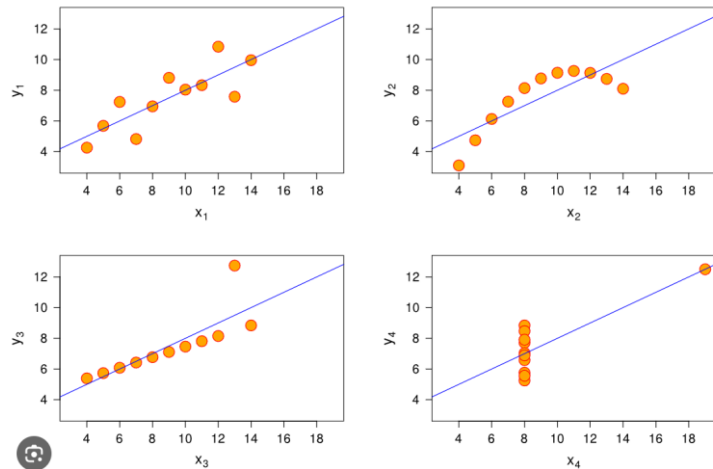
5 ¿VISUALIZAR DATOS?

Siempre representar gráficamente los DATOS

Un análisis estadístico simple puede ser engañoso

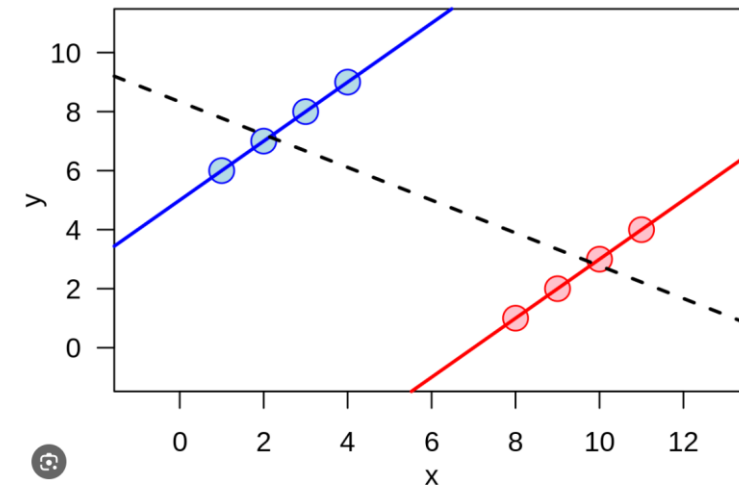
Cuarteto de Ascombe

Cuarteto de Anscombe consta de cuatro conjuntos de datos que tienen propiedades estadísticas casi idénticas, pero que muestran comportamientos muy diferentes cuando se visualizan gráficamente. Cada uno de estos cuatro conjuntos de datos tiene el mismo promedio y desviación estándar en ambas variables, el mismo coeficiente de correlación y la misma línea de regresión lineal ($y = 3.00 + 0.500x$), entre otras estadísticas.



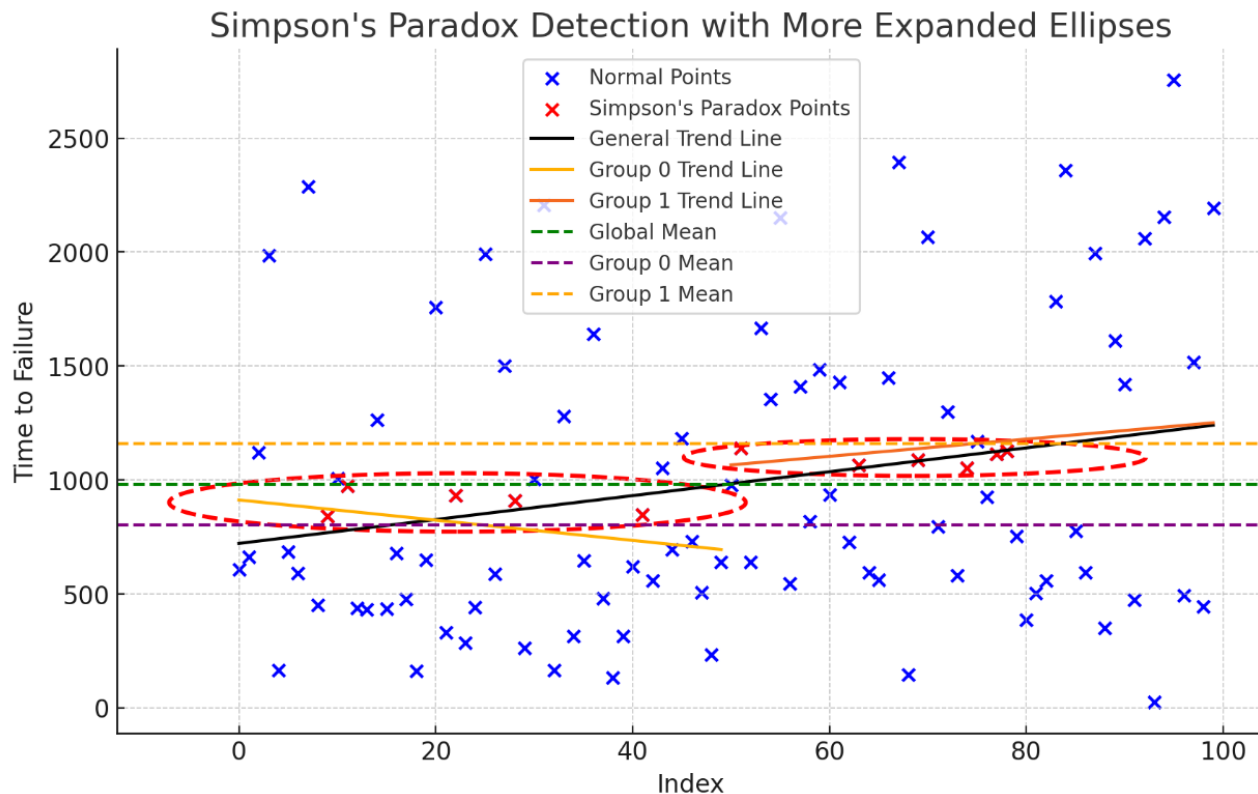
Paradoja de Simpson

la paradoja de Simpson o efecto Yule-Simpson es una paradoja en la cual una tendencia que aparece en varios grupos de datos desaparece cuando estos grupos se combinan y en su lugar aparece la tendencia contraria para los datos agregados.



EJEMPLO con ChatGPT (Data Analyst)

Simpson's Paradox Detection With More Expanded Ellipses



Prompt: Genera un conjunto de 100 datos simulados que sigan una distribución Weibull con parámetros $\beta=1.8$ y $\eta=1200$. Divide los datos en dos subconjuntos y manipúlalos para que se cumpla la paradoja de Simpson. Identifica los puntos que contribuyen a la paradoja considerando diferencias significativas en las tendencias entre los subconjuntos y la tendencia general. Luego:

1. Dibuja un gráfico con:

1. Puntos normales en color azul.
2. Puntos que cumplen con la paradoja en color rojo.
3. La línea de tendencia general en negro.
4. Líneas de tendencia específicas para cada subconjunto.
5. Elipses ampliadas que abarcan completamente los puntos de cada subconjunto que cumple con la paradoja.

2. Asegúrate de etiquetar adecuadamente el gráfico, incluir las medias de los subconjuntos y del conjunto global, y proporcionar un título descriptivo.

6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

Siempre comprobar los DATOS

Pueden contener valores anómalos o no adecuados

6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

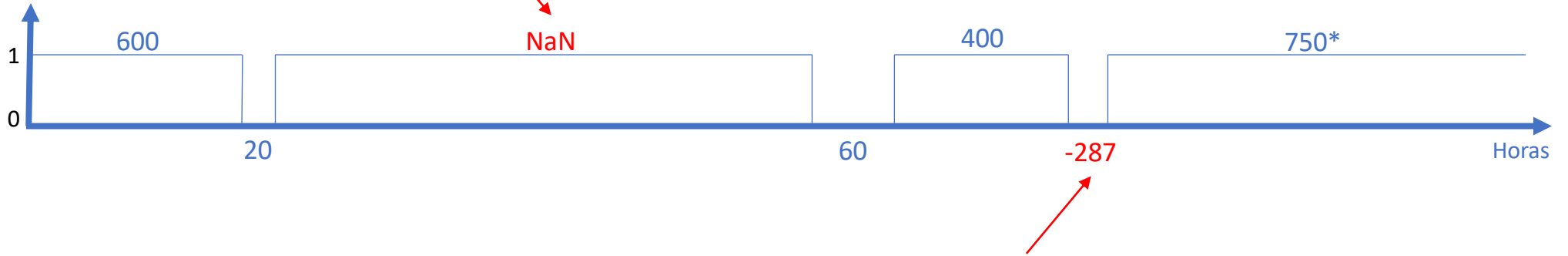
Siempre comprobar los DATOS

Pueden contener valores anómalos o no adecuados

Verificación.- Revisar que los datos recogidos son consistentes y fiables. Esto incluye verificar la precisión de los sensores o instrumentos de medición y asegurar que los datos no han sido alterados o corrompidos.

Perfil de
Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

Siempre comprobar los DATOS

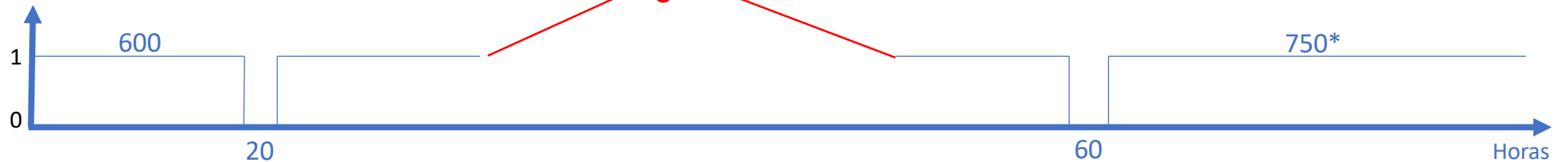
Pueden contener valores anómalos o no adecuados

Verificación.- Revisar que los datos recogidos son consistentes y fiables. Esto incluye verificar la precisión de los sensores o instrumentos de medición y asegurar que los datos no han sido alterados o corrompidos.

Valores Faltantes.- Determinar si los valores faltantes son completamente al azar o tienen alguna dependencia sistemática. Métodos comunes incluyen la imputación (sustituir los valores faltantes por la media, mediana, interpolación, etc.), o el uso de modelos estadísticos para predecir los valores faltantes.

Perfil de
Funcionabilidad 1

(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

Siempre comprobar los DATOS

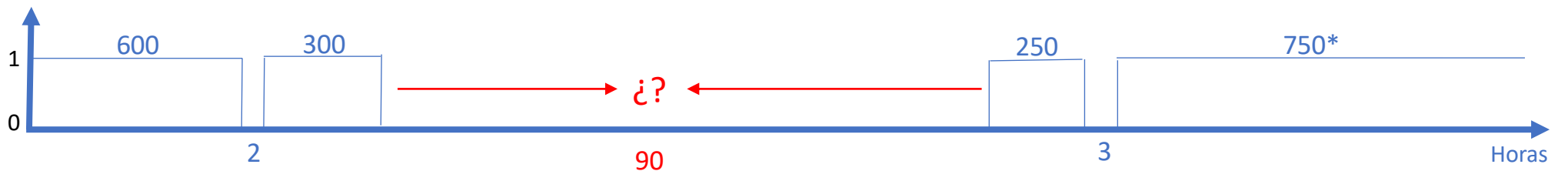
Pueden contener valores anómalos o no adecuados

Verificación.- Revisar que los datos recogidos son consistentes y fiables. Esto incluye verificar la precisión de los sensores o instrumentos de medición y asegurar que los datos no han sido alterados o corrompidos.

Valores Faltantes.- Determinar si los valores faltantes son completamente al azar o tienen alguna dependencia sistemática. Métodos comunes incluyen la imputación (sustituir los valores faltantes por la media, mediana, interpolación, etc.), o el uso de modelos estadísticos para predecir los valores faltantes.

Detección de Outliers.- Identificar y evaluar los valores atípicos (extremos) que pueden ser errores de medición o condiciones anormales reales. Los métodos pueden incluir análisis estadístico como las pruebas de Grubbs o Dixon, o técnicas de visualización como box plots.

Perfil de
Funcionabilidad 1
(Componente, Equipo, Sistema)
Ejemplo: Compresor tipo A nº 1



6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

Siempre comprobar los DATOS

Pueden contener valores anómalos o no adecuados

Verificación.- Revisar que los datos recogidos son consistentes y fiables. Esto incluye verificar la precisión de los sensores o instrumentos de medición y asegurar que los datos no han sido alterados o corrompidos.

Valores Faltantes.- Determinar si los valores faltantes son completamente al azar o tienen alguna dependencia sistemática. Métodos comunes incluyen la imputación (sustituir los valores faltantes por la media, mediana, interpolación, etc.), o el uso de modelos estadísticos para predecir los valores faltantes.

Detección de Outliers.- Identificar y evaluar los valores atípicos (extremos) que pueden ser errores de medición o condiciones anormales reales. Los métodos pueden incluir análisis estadístico como las pruebas de Grubbs o Dixon, o técnicas de visualización como box plots.

Análisis de correlación y causalidad.- Investigar las relaciones entre diferentes variables para identificar posibles correlaciones o causas de fallos o problemas de fiabilidad. Esto puede ayudar a simplificar los modelos y centrarse en los factores más críticos.

Corrección y tratamiento de Sesgos.- En situaciones donde los datos no están equilibrados (por ejemplo, más datos sobre fallos que sobre operaciones normales), se pueden emplear métodos para reequilibrar los conjuntos de datos o ajustar los modelos estadísticos para compensar el sesgo.

Integración de datos de múltiples fuentes.- En sistemas complejos, los datos pueden venir de múltiples fuentes y formatos. La integración eficaz de estos datos es crucial para obtener una vista holística y precisa de la operación y el estado del sistema.

Normalización y Estandarización.- Ajustar los datos a una escala común para evitar sesgos debido a las unidades de medida. La estandarización (transformar los datos para tener una media de cero y desviación estándar de uno) y la normalización (ajustar los datos en un rango, típicamente 0 a 1) son prácticas comunes.

Validación cruzada de datos.- Utilizar técnicas como la validación cruzada para dividir el conjunto de datos en subconjuntos de entrenamiento y prueba. Esto permite validar la robustez del análisis y garantizar que los modelos son generalizables.

Agrupación y reducción de dimensionalidad.- Métodos como el análisis de componentes principales (PCA) o el análisis de factores pueden ser útiles para reducir la cantidad de variables y enfocarse en las más influyentes, simplificando los modelos y mejorando la interpretación.

6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

Siempre comprobar los DATOS
Pueden contener valores anómalos o no adecuados

Documentación y mantenimiento de un registro de cambios
Mantener un registro detallado de todas las operaciones de limpieza y preprocesamiento de datos, incluyendo la justificación de las decisiones tomadas, lo que es crucial para la trazabilidad y la replicabilidad del análisis

Verificación.- Revisar que los datos recogidos son consistentes y fiables. Esto incluye verificar la precisión de los sensores o instrumentos de medición y asegurar que los datos no han sido alterados o corrompidos.

Valores Faltantes.- Determinar si los valores faltantes son completamente al azar o tienen alguna dependencia sistemática. Métodos comunes incluyen la imputación (sustituir los valores faltantes por la media, mediana, interpolación, etc.), o el uso de modelos estadísticos para predecir los valores faltantes.

Detección de Outliers.- Identificar y evaluar los valores atípicos (extremos) que pueden ser errores de medición o condiciones anormales reales. Los métodos pueden incluir análisis estadístico como las pruebas de Grubbs o Dixon, o técnicas de visualización como box plots.

Análisis de correlación y causalidad.- Investigar las relaciones entre diferentes variables para identificar posibles correlaciones o causas de fallos o problemas de fiabilidad. Esto puede ayudar a simplificar los modelos y centrarse en los factores más críticos.

Corrección y tratamiento de Sesgos.- En situaciones donde los datos no están equilibrados (por ejemplo, más datos sobre fallos que sobre operaciones normales), se pueden emplear métodos para reequilibrar los conjuntos de datos o ajustar los modelos estadísticos para compensar el sesgo.

Integración de datos de múltiples fuentes.- En sistemas complejos, los datos pueden venir de múltiples fuentes y formatos. La integración eficaz de estos datos es crucial para obtener una vista holística y precisa de la operación y el estado del sistema.

Normalización y Estandarización.- Ajustar los datos a una escala común para evitar sesgos debido a las unidades de medida. La estandarización (transformar los datos para tener una media de cero y desviación estándar de uno) y la normalización (ajustar los datos en un rango, típicamente 0 a 1) son prácticas comunes.

Validación cruzada de datos.- Utilizar técnicas como la validación cruzada para dividir el conjunto de datos en subconjuntos de entrenamiento y prueba. Esto permite validar la robustez del análisis y garantizar que los modelos son generalizables.

Agrupación y reducción de dimensionalidad.- Métodos como el análisis de componentes principales (PCA) o el análisis de factores pueden ser útiles para reducir la cantidad de variables y enfocarse en las más influyentes, simplificando los modelos y mejorando la interpretación.

6 ¿LIMPIEZA DE DATOS?

Siempre comprobar los DATOS

Pueden contener valores anómalos o no adecuados

Documentación y mantenimiento de un registro de cambios

Mantener un registro detallado de todas las operaciones de limpieza y preprocesamiento de datos, incluyendo la justificación de las decisiones tomadas, lo que es crucial para la trazabilidad y la replicabilidad del análisis

Integración de datos de múltiples fuentes.- En sistemas complejos, los datos pueden venir de múltiples fuentes y formatos. La integración eficaz de estos datos es crucial para obtener una vista holística y precisa de la operación y el estado del sistema.

Normalización y Estandarización.- Ajustar los datos a una escala común para evitar sesgos debido a las unidades de medida. La estandarización (transformar los datos para tener una media de cero y desviación estándar de uno) y la normalización (ajustar los datos en un rango, típicamente 0 a 1) son prácticas comunes.

Validación cruzada de datos.- Utilizar técnicas como la validación cruzada para dividir el conjunto de datos en subconjuntos de entrenamiento y prueba. Esto permite validar la robustez del análisis y garantizar que los modelos son generalizables.

Agrupación y reducción de dimensionalidad.- Métodos como el análisis de componentes principales (PCA) o el análisis de factores pueden ser útiles para reducir la cantidad de variables y enfocarse en las más influyentes, simplificando los modelos y mejorando la interpretación.

La Inteligencia Artificial Generativa puede aportar soluciones efectivas en todas estas tareas

Corrección y tratamiento de Sesgos.- En situaciones donde los datos no están equilibrados (por ejemplo, más datos sobre fallos que sobre operaciones normales), se pueden emplear métodos para reequilibrar los conjuntos de datos o ajustar los modelos estadísticos para compensar el sesgo.

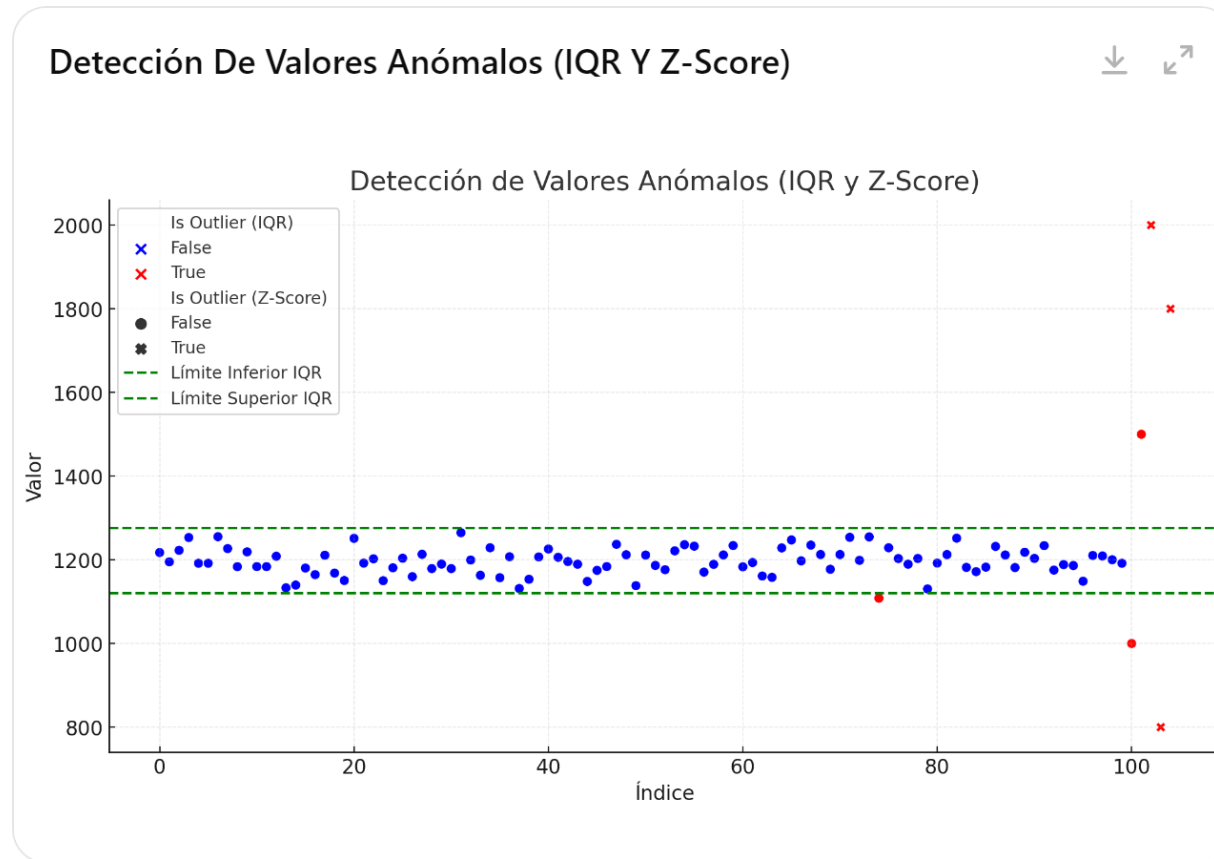
Verificación.- Revisar que los datos recogidos son consistentes y fiables. Esto incluye verificar la precisión de los sensores o instrumentos de medición y asegurar que los datos no han sido alterados o corrompidos.

Valores Faltantes.- Determinar si los valores faltantes son completamente al azar o tienen alguna dependencia sistemática. Métodos comunes incluyen la imputación (sustituir los valores faltantes por la media, mediana, interpolación, etc.), o el uso de modelos estadísticos para predecir los valores faltantes.

Detección de Outliers.- Identificar y evaluar los valores atípicos (extremos) que pueden ser errores de medición o condiciones anormales reales. Los métodos pueden incluir análisis estadístico como las pruebas de Grubbs o Dixon, o técnicas de visualización como box plots.

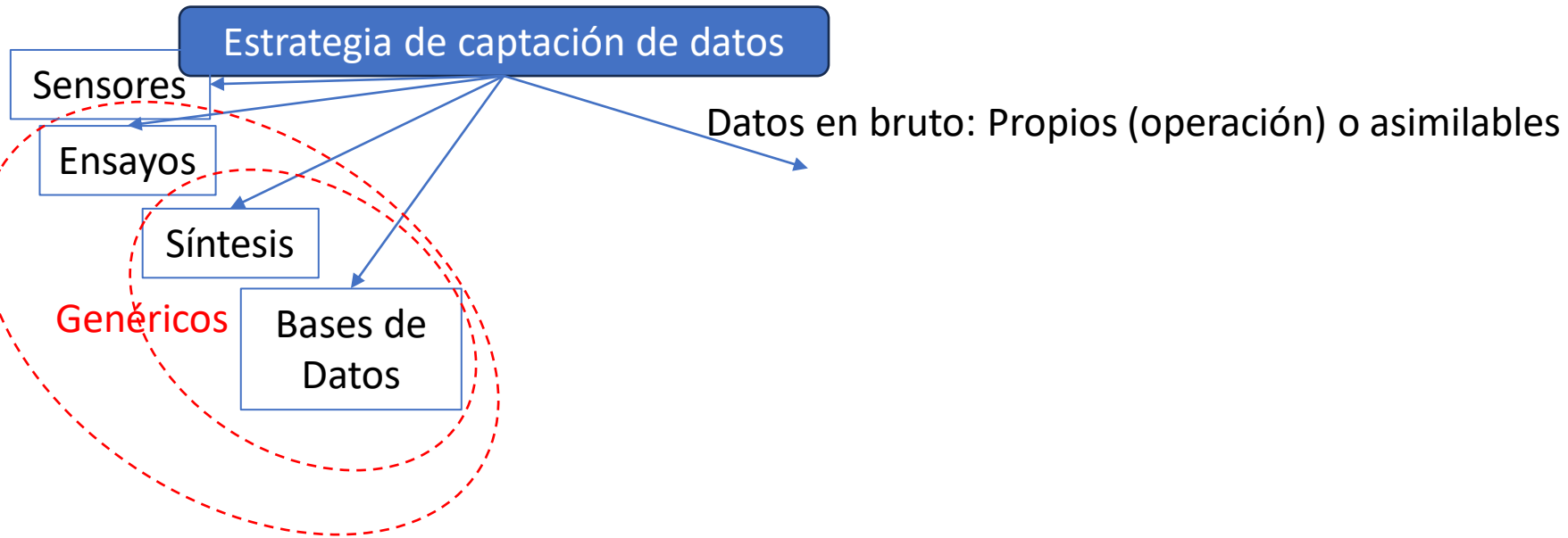
Análisis de correlación y causalidad.- Investigar las relaciones entre diferentes variables para identificar posibles correlaciones o causas de fallos o problemas de fiabilidad. Esto puede ayudar a simplificar los modelos y centrarse en los factores más críticos.

EJEMPLO con ChatGPT (Data Analyst)

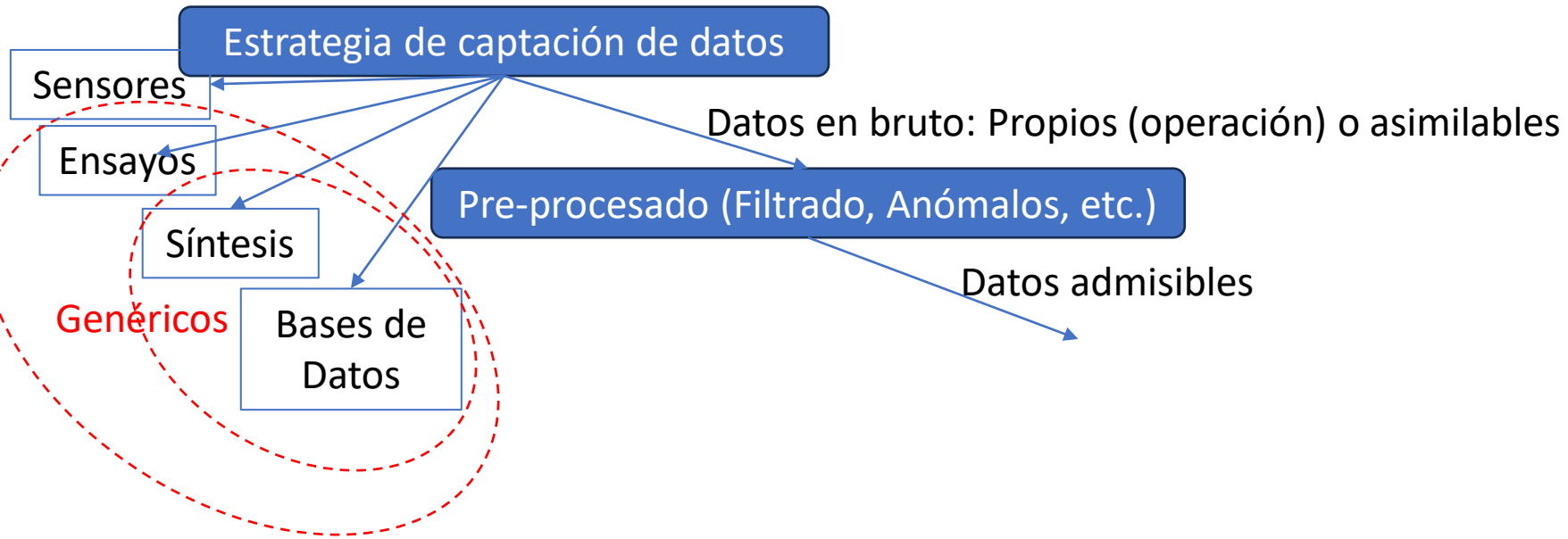


Prompt: Genera un conjunto de 100 Datos de Tiempos Hasta el Fallo que sigan una distribución Normal de media 1200 hrs. y Desviación típica 35 hrs. Asegúrate de incluir varios valores claramente anómalos en ese conjunto de datos. Aplica, al conjunto de datos, al menos dos métodos diferentes para encontrar valores anómalos (outliers) y muestra los resultados obtenidos. Incluyendo una representación gráfica de los datos con identificación de los anómalos (otro color)

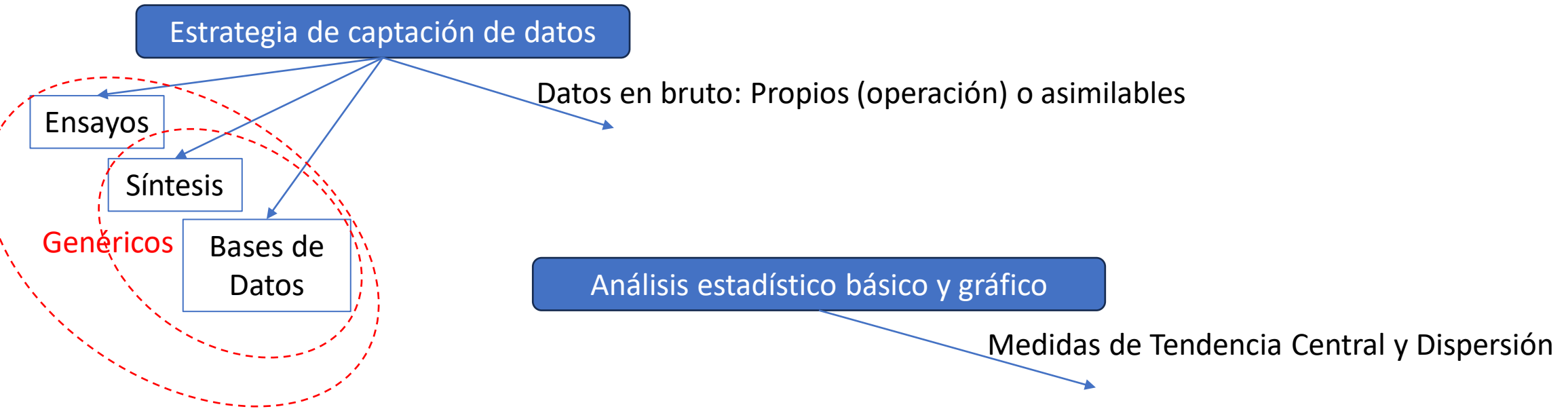
7 ETAPAS DEL ANÁLISIS DE DATOS RAM



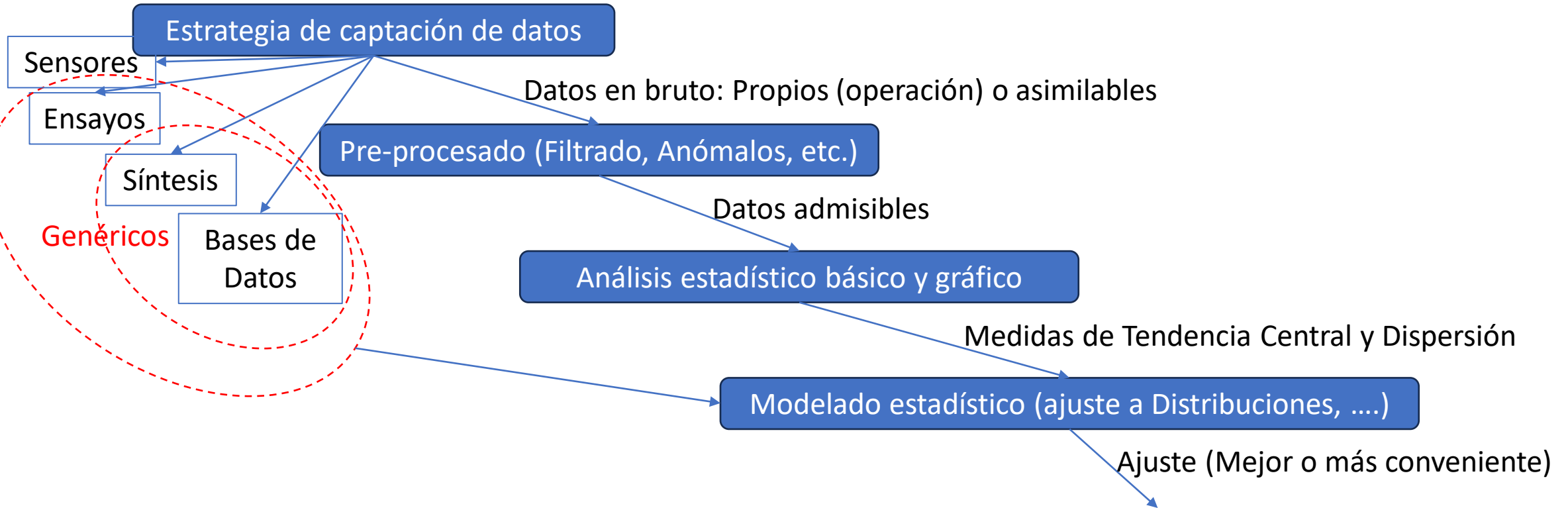
ETAPAS DEL ANÁLISIS DE DATOS RAM



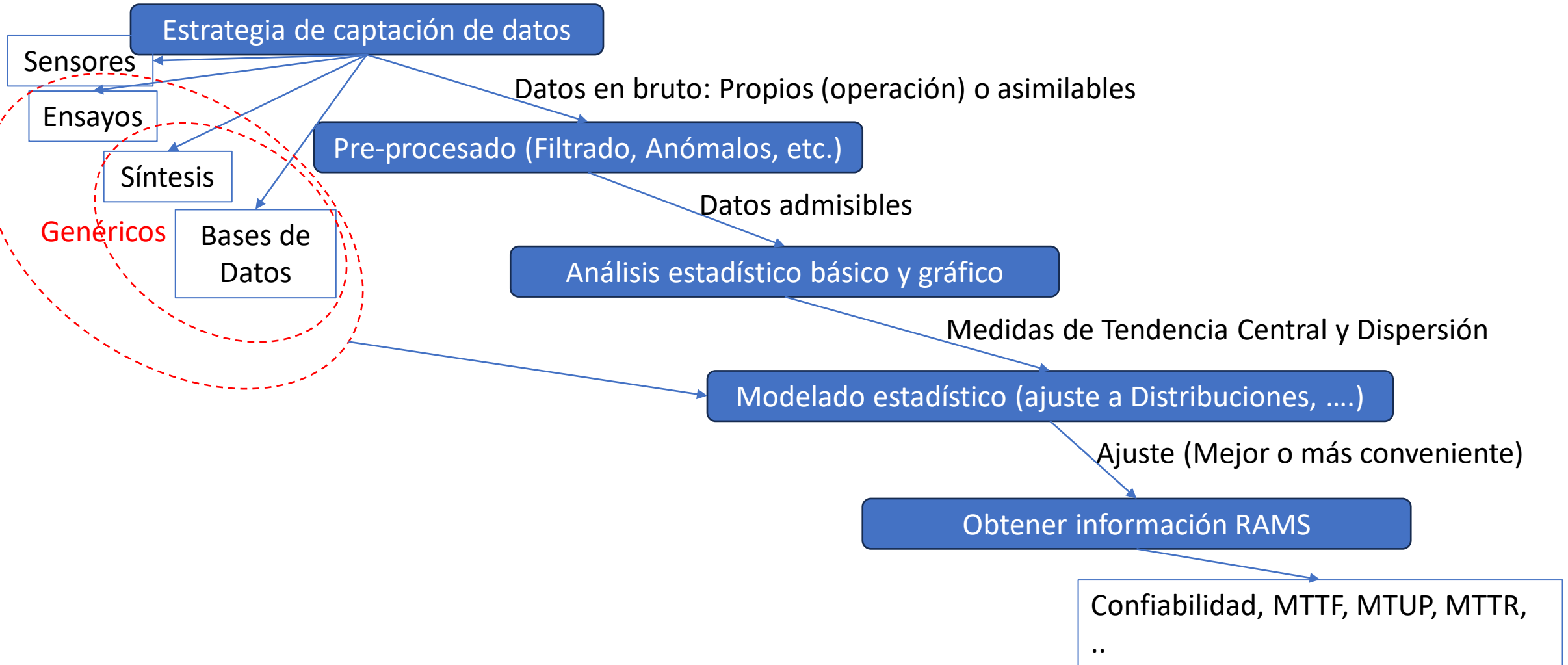
ETAPAS DEL ANÁLISIS DE DATOS RAM



ETAPAS DEL ANÁLISIS DE DATOS RAM



ETAPAS DEL ANÁLISIS DE DATOS RAM



MODELADO PARAMÉTRICO DE DATOS



Nuestros datos son sólo una “**muestra**” de un conjunto mayor y desconocido de datos (**población**)

Tiempos Hasta el Fallo (**TTF1**,**TTF1**,...,**TTF1**

Tiempos UP (**TUP1**,**TUP2**,**TUP3**, **TUP1**,**TUP2**,**TUP3**,...,**TUP1**, **TUP2**,**TUP3**)

Tiempos de Recuperación (**TTR1**,**TTR2**,**TTR3**,**TTR1**,**TTR2**,**TTR3**,...,**TTR1**,**TTR2**,**TTR3**)

MODELADO PARAMÉTRICO DE DATOS



Siempre en parejas: ejemplo (Me,Desv)
 $Desv < Me/10$

- Medidas de Tendencia Central
- Medidas de Dispersión

Moda, Mediana y Media
Varianza y Desviación típica

EJEMPLO:

Datos TTF (Hrs.) 1200,1350,1897,2100,1345

Media Aritmetica	Mediana	Media Geometrica	Varianza	Rango	Desv.Tipica	Qu 25%	Qu 75%	Minimo	Maximo
1578.40	1350.00	1540.65	155850.30	900.00	394.78	1345.00	1897.00	1200.00	2100.00

(1578.40 , 394.78)

MODELADO PARAMÉTRICO DE DATOS

Siempre en parejas: ejemplo (Me,Desv)
 $Desv < Me/10$



Medidas de Tendencia Central

Moda, Mediana y Media

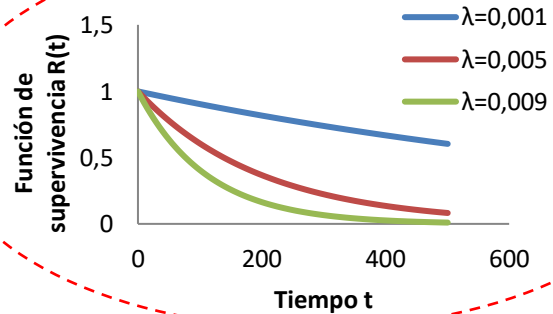
Medidas de Dispersión

Varianza y Desviación típica

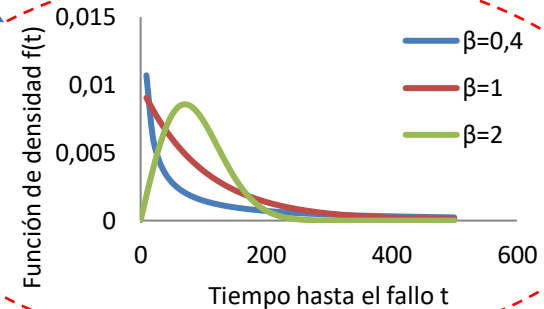
MÉTODOS DE AJUSTE

Mínimos Cuadrados
Máxima Verosimilitud
Momentos

Ajuste Exponencial



Ajuste Weibull 2 parámetros



Test Hipótesis
Bondad del Ajuste,...
Coef. Correlación
Coef. Determinación
Test Chi-cuadrado
Kolmogorov-Smirnov
Anderson-Darling
Gráficos Q-Q etc.

MODELADO PARAMÉTRICO CLASICO



Método clásico

Intervalo de clase	Marca de clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia acumulada relativa
(0-200]	100	4	4	4/30 = 0,13
(200-400]	300	8	8+4=12	12/30 = 0,4
(400-600]	500	9	12+9=21	0,7
(600-800]	700	5	26	0,86
(800-1000]	900	4	30	1

Dato	FAC
100	0,13
300	0,4
500	0,7
700	0,86
900	1

Ajuste a Distribuciones
Exponencial, Weibull,...
Bondad del ajuste
Coef. Correlación
Coef. Determinación
Test Chi-cuadrado
Gráficos Q-Q
etc.

Función	Densidad	Media	Distribución	Supervivencia	Riesgo
Exponencial	$f(t) = \lambda e^{-\lambda(t-\gamma)}$	$\bar{T} = \gamma + \frac{1}{\lambda}$	$F(t) = 1 - e^{-\lambda(t-\gamma)}$	$R(t) = e^{-\lambda(t-\gamma)}$	$\lambda(t) = \lambda$

Weibull

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$$
$$\bar{T} = \gamma + \eta \Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)$$
$$\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{\frac{1}{\beta}} dx$$
$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$$
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta}}$$
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

Normal

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma_T} \right)^2}$$
$$\bar{T} = \mu$$
$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu}{\sigma_T} \right)^2} dt$$
$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu}{\sigma_T} \right)^2} dt$$
$$\lambda(t) = \frac{\frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t-\mu}{\sigma_T} \right)^2}}{\int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu}{\sigma_T} \right)^2} dt}$$

Lognormal

$$f(t') = \frac{1}{\sigma_{T'} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu'}{\sigma_{T'}} \right)^2}$$
$$t' = \ln(t)$$
$$\mu = e^{\mu'} + \frac{1}{2} \sigma_{T'}^2$$
$$\mu' = \ln \mu - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\sigma_{T'}^2}{\mu^2} + 1 \right)$$
$$F(t) = \int_{t'}^{t'} \frac{1}{\sigma_{T'} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu'}{\sigma_{T'}} \right)^2} dt$$
$$R(t) = \int_{t'}^{\infty} \frac{1}{\sigma_{T'} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu'}{\sigma_{T'}} \right)^2} dt$$
$$\lambda(t) = \frac{\frac{1}{\sigma_{T'} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu'}{\sigma_{T'}} \right)^2}}{\int_{t'}^{\infty} \frac{1}{\sigma_{T'} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{t'-\mu'}{\sigma_{T'}} \right)^2} dt}$$

EJEMPLO con “Cálculos RAM”

<https://www.videorams.news> “Cálculos RAM”

Resultados

INICIO

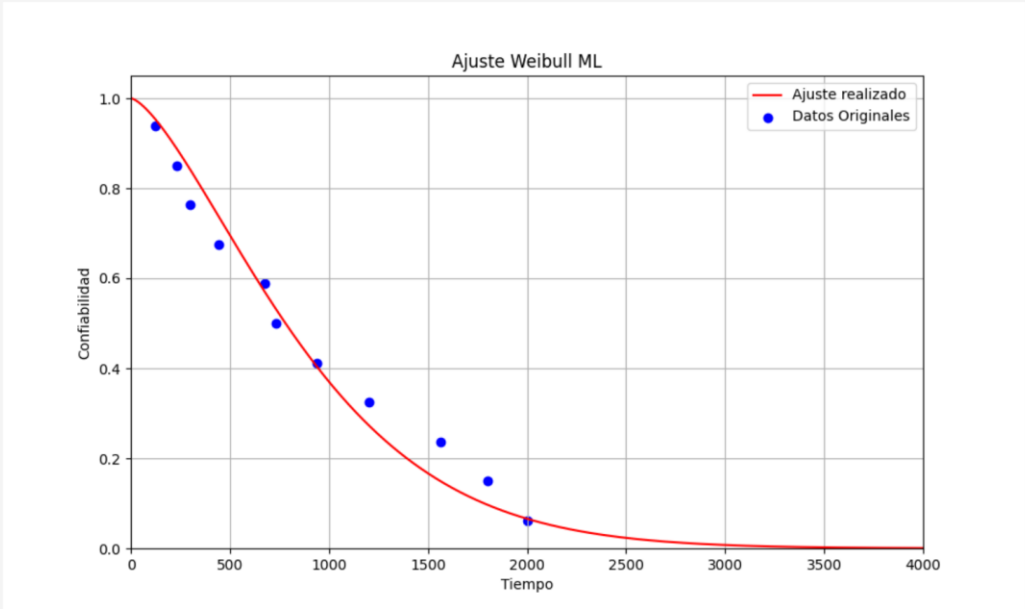
Resultados

No hay mensajes para el usuario

Valores Numéricos

Forma (Beta)	Escala (Eta)	Valor Esperado	KS-Estadístico	KS-P-valor
1.454245672267662	1004.698568666018	910.613564480632	0.12365153025993003	0.988252427346839

Gráfica



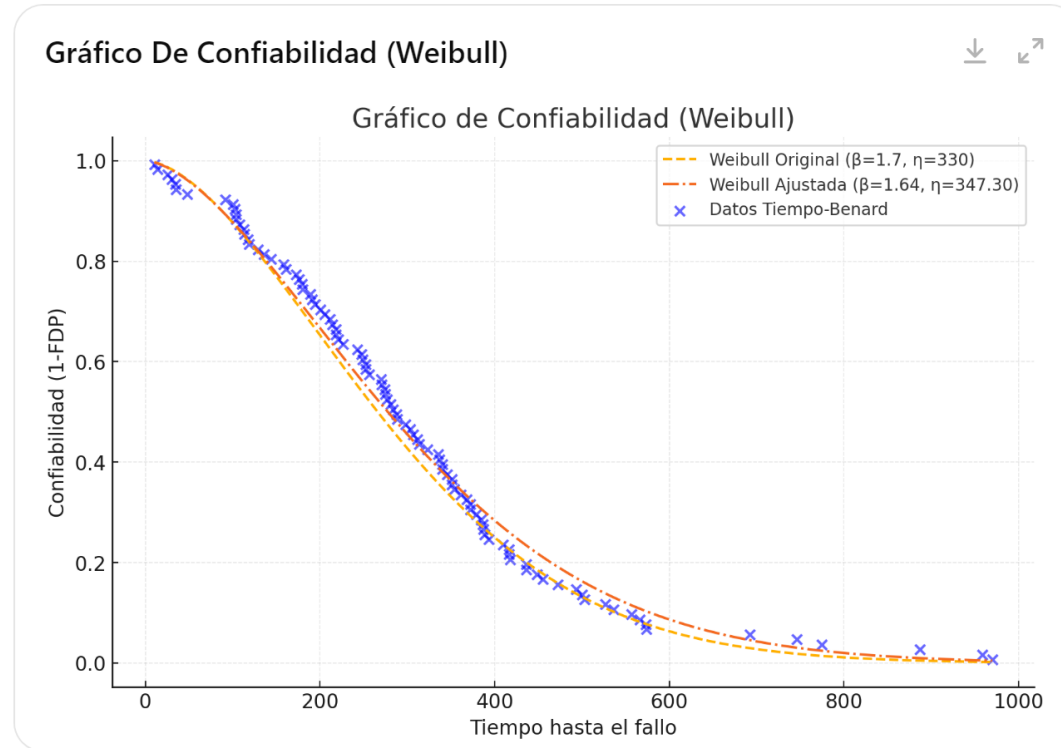
Datos de Entrada:

- 1200
- 1800
- 300
- 675
- 444
- 123
- 941
- 1564
- 2000
- 234
- 732

Tabla de Resultados:

Forma (Beta)	Escala (Eta)	Valor Esperado	KS-Estadístico	KS-P-valor
1.45425	1004.7	910.614	0.123652	0.988252

EJEMPLO con ChatGPT (Data Analyst)



Prompt: Genera 100 datos aleatorios de Tiempos Hasta el Fallo que sigan una distribución Weibull ($\beta=1.7$, $\eta=330$). Ajusta los datos a una distribución de Supervivencia (Fiabilidad) Weibull de dos parámetros y obtén los nuevos parámetros " β, η ". Prepara un gráfico de Confiabilidad con: 1) La función de Supervivencia (1-FDP) de la distribución original Weibull ($\beta=1.7$, $\eta=330$) 2) La función de Supervivencia (1-FDP) de la distribución original Weibull ajustada

MODELADO NO PARAMÉTRICO DE DATOS (EJEMPLO)



Método clásico

Intervalo de clase	Marca de clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia acumulada relativa
(0-200]	100	4	4	$4/30 = 0,13$
(200-400]	300	8	$8+4=12$	$12/30 = 0,4$
(400-600]	500	9	$12+9=21$	0,7
(600-800]	700	5	26	0,86
(800-1000]	900	4	30	1

Dato	FAC
100	0,13
300	0,4
500	0,7
700	0,86
900	1

Ajuste a Distribuciones

Exponencial, Weibull,...

Bondad del ajuste

Coef. Correlación
Coef. Determinación
Test Chi-cuadrado
Gráficos Q-Q
etc.

Método No Paramétrico

Datos

22
37
28
45

Dato	Benard $F_i^{mediana} = \frac{i-0,3}{n+0,4}$
22	$(1-0.3)/(4+0.4) = 0.159$
28	$(2-0.3)/(4+0.4) = 0.386$
37	$(3-0.3)/(4+0.4) = 0.613$
45	$(4-0.3)/(4+0.4) = 0.840$

Dato	FAC
22	0.159
28	0.386
37	0.613
45	0.840

Ajuste a Distribuciones

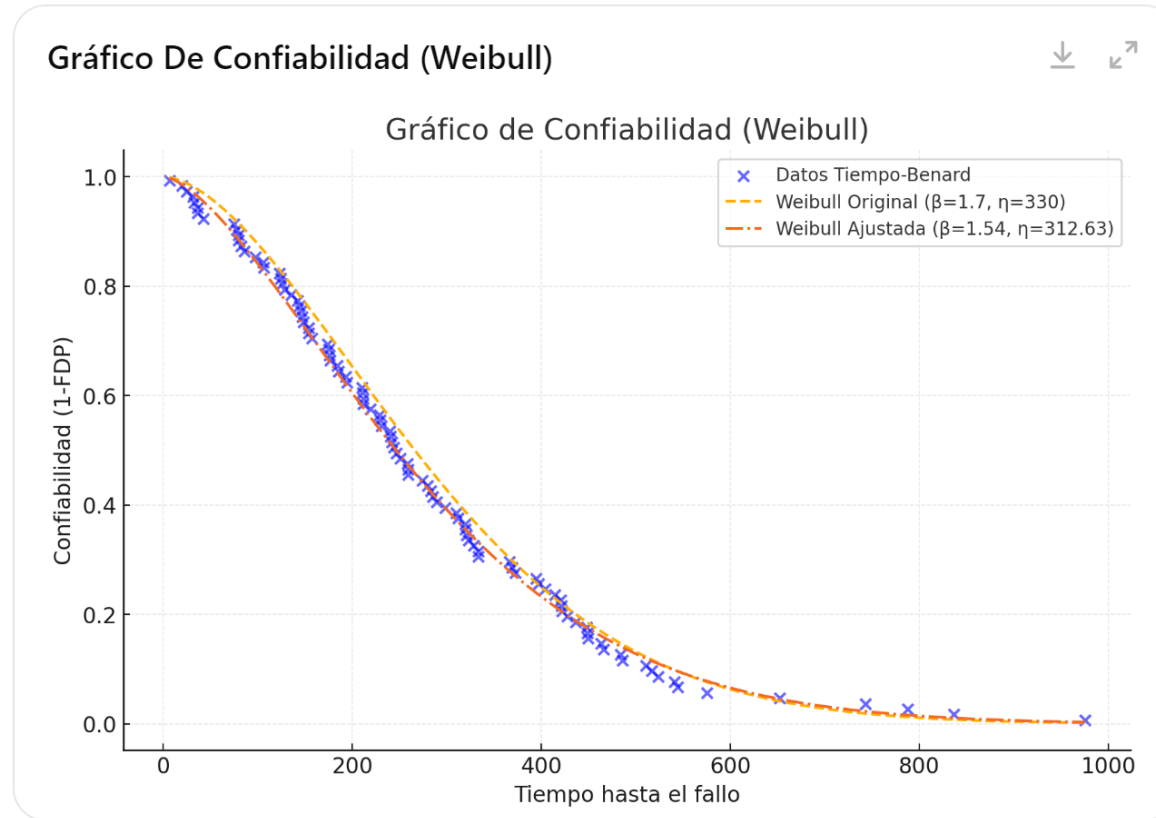
Exponencial, Weibull,...

Bondad del ajuste

Coef. Correlación
Coef. Determinación
Test Chi-cuadrado
Gráficos Q-Q
etc.

Benard, $i/(N+1)$
Número de Orden
otros

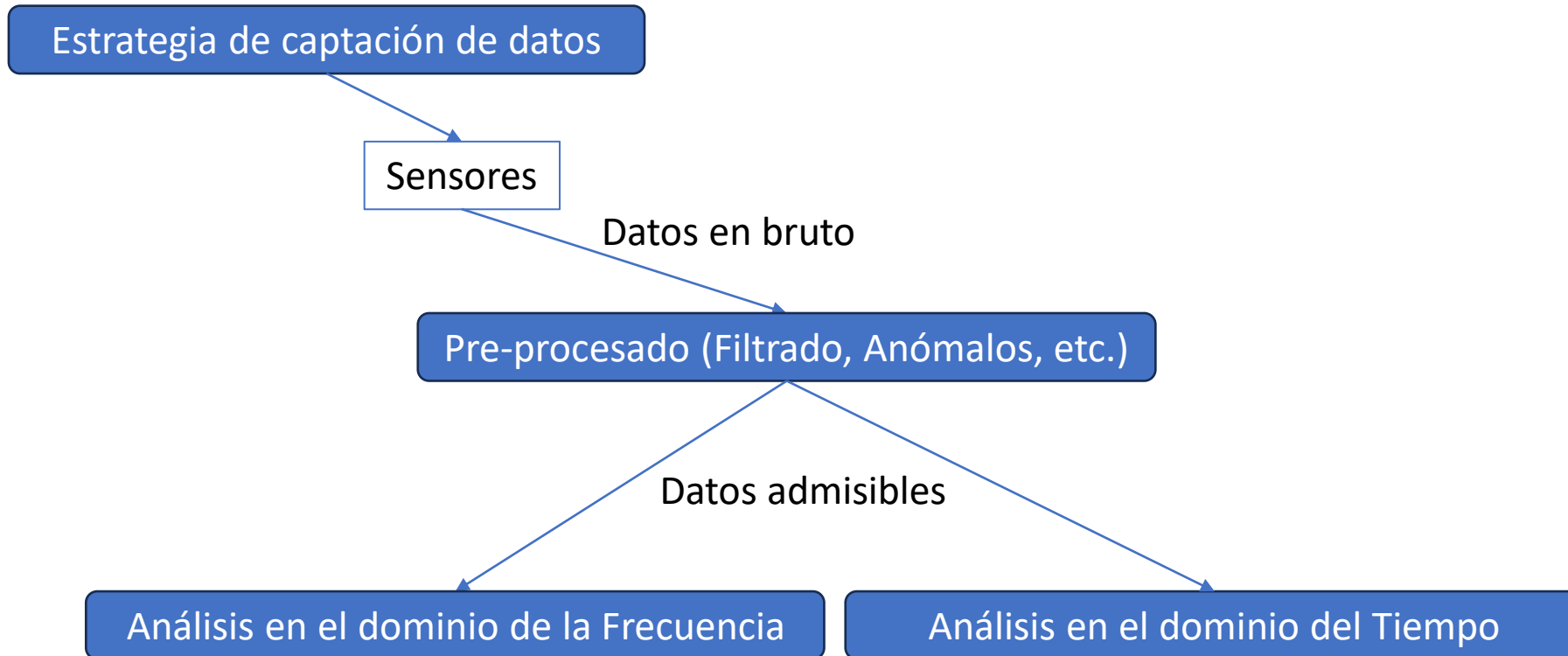
EJEMPLO con ChatGPT (Data Analyst)



Prompt: Genera 100 datos aleatorios de Tiempos Hasta el Fallo que sigan una distribución Weibull ($\beta=1.7$, $\eta=330$). Ordénalos de menor a mayor, asigna a cada valor ordenado un rango de la mediana según la ecuación de Benard. Ajusta las parejas de valores a una Weibull de dos parámetros y obtén los nuevos parámetros "b,e". Prepara un gráfico de Confiabilidad con:

- 1) Las parejas de datos Tiempo,Benard
- 2) La función de Supervivencia (1-FDP) de la distribución original Weibull ($\beta=1.7$, $\eta=330$)
- 3) La función de Supervivencia (1-FDP) de la distribución original Weibull ajustada Weibull(b,e)

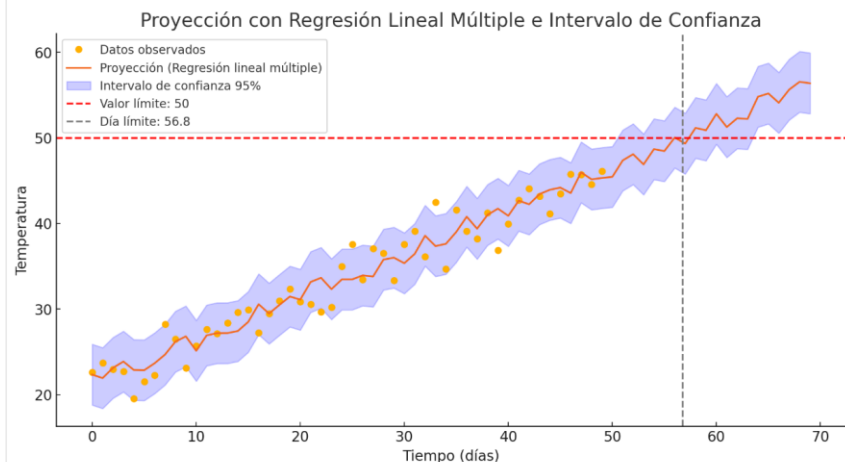
8 CASO DEL MATENIMIENTO PREDICTIVO



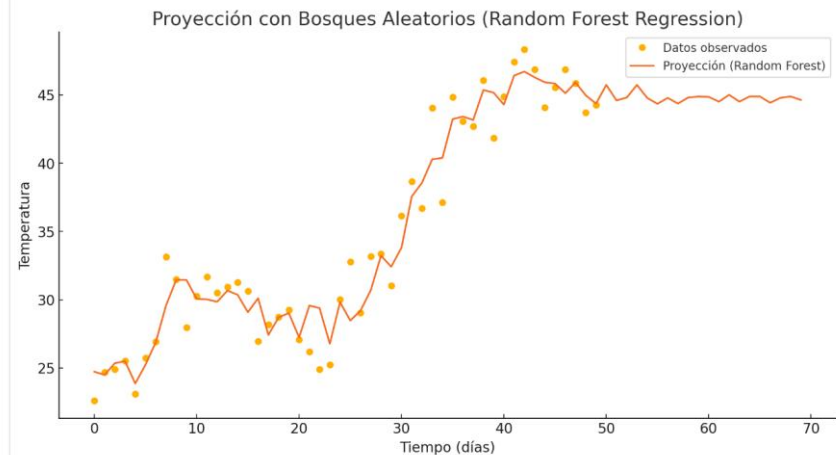
EJEMPLOS con ChatGPT (Dominio del Tiempo)

<https://videorams.news/gpts-para-rams>, GPT: Pronóstico Lineal RAMS

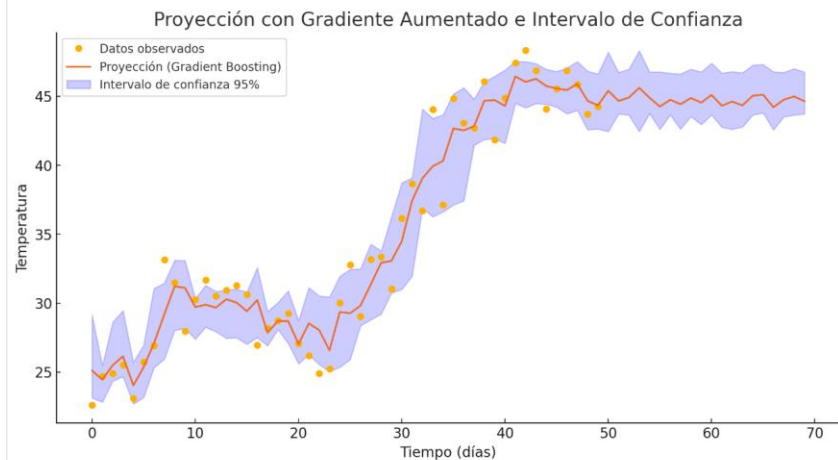
Proyección Con Regresión Lineal Múltiple E Intervalo D...



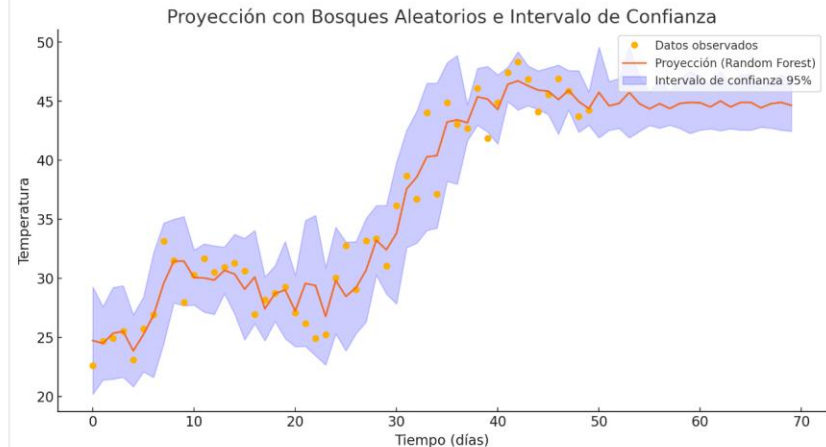
Proyección Con Bosques Aleatorios (Random Forest Re...



Proyección Con Gradiente Aumentado E Intervalo De C...



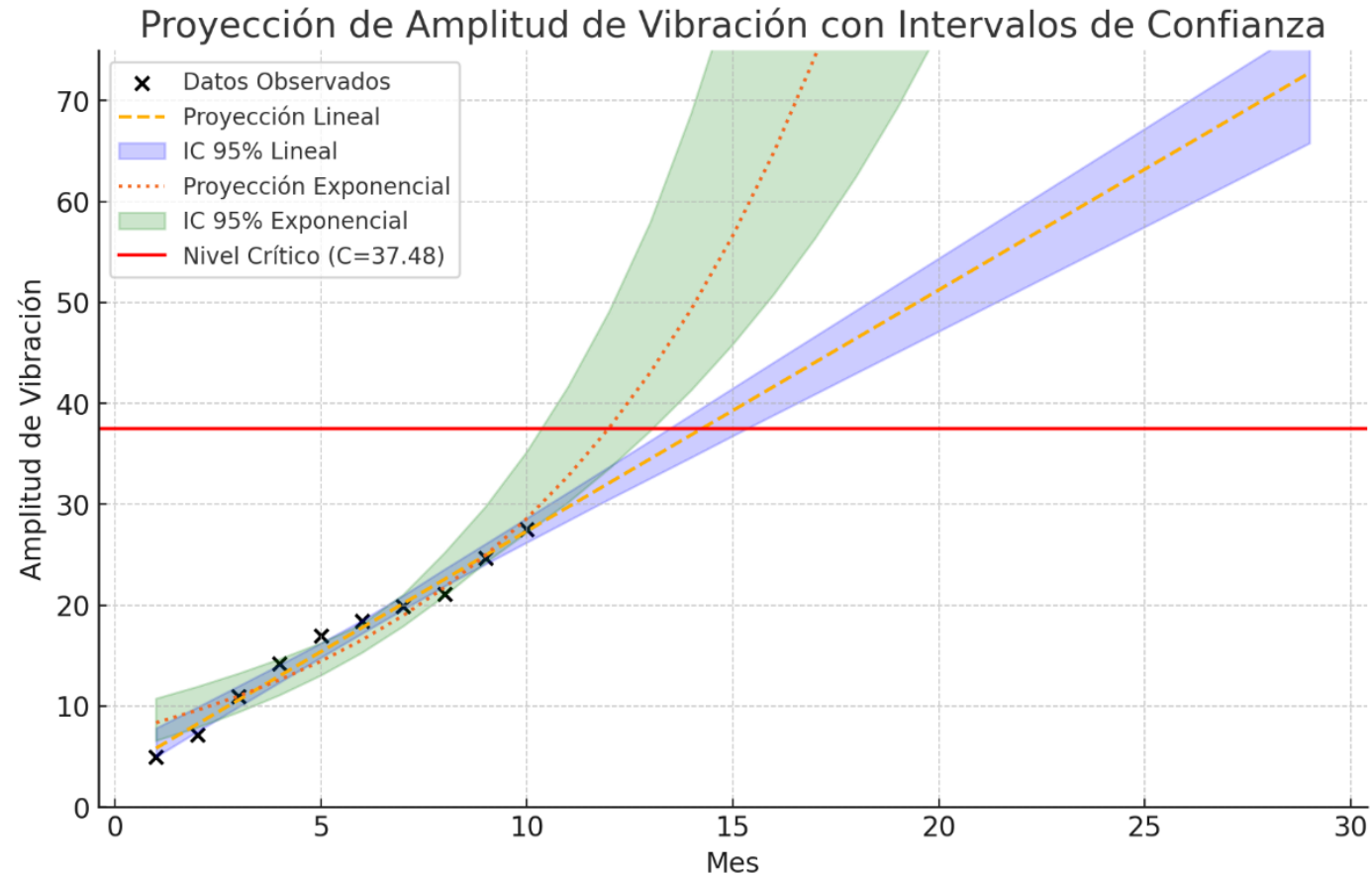
Proyección Con Bosques Aleatorios E Intervalo De Confi...



EJEMPLOS con ChatGPT (Dominio de la Frecuencia)

<https://videorams.news/gpts-para-rams>, GPT: Pronóstico Lineal RAMS

Proyección De Amplitud De Vibración Con Intervalos De Confia...  



Explotación de Datos RAM Usando Inteligencia Artificial Generativa

Conclusiones

- La Explotación de Datos usando Inteligencia Artificial Generativa ofrece un grado de madurez suficiente para desplegarla en las actividades humanas de todo tipo
- En el caso particular de los Datos RAMS:
 - Las metodologías para Datos de Mantenimiento y para el Mantenimiento Predictivo en el dominio del tiempo, ofrecen soluciones completas y variadas.
 - Las soluciones en el dominio de la Frecuencia necesitan de un mayor nivel de desarrollo, esencialmente para evitar errores recurrentes en Metodologías como ARIMA o ETS.

Explotación de Datos RAM

Usando Inteligencia Artificial Generativa

FIN

Muchas Gracias por su atención

Blas J. Galván
Ingeniero, *PhD*

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribución Weibull (2 Parámetros) con métodos disponibles en Weibull ++								
Datos:	17895,53	15044	1803,98	2460,52	3088	10023,17	11683,83	14057,25

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribución Weibull (2 Parámetros) con métodos disponibles en Weibull ++			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Métodos	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
RRX,MRE,MF,MED	1,3099	9752	0,9520
RRX,MRR,MF,MED	1,3099	9752,3	0,9520
RRX,MRE,MF,K-M	1,3338	7988,9	0,9460
RRX,MRE,LLR,MED	1,3099	9752,31	0,9520
RRY,MRE,MF,MED	1,1871	10161	0,9520
RRY,MRE,LLR,MED	1,1871	10161	0,9520
RRY,MRE,LLR,K-M	1,1937	8176,2	0,9460
RRY,MRR,MF,MED	1,1871	10161	0,9520

RRY	Regression Y Ranks
MRE	Standard Regression Method
MF	Fisher Matrix (Confidence Limits)
MED	Mean Ranks (Ranks Method)

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribución Weibull (2 Parámetros) con métodos disponibles en Weibull ++			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Métodos	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
RRX,MRE,MF,MED	1,3099	9752	0,9520
RRX,MRR,MF,MED	1,3099	9752,3	0,9520
RRX,MRE,MF,K-M	1,3338	7988,9	0,9460
RRX,MRE,LLR,MED	1,3099	9752,31	0,9520
RRY,MRE,MF,MED	1,1871	10161	0,9520
RRY,MRE,LLR,MED	1,1871	10161	0,9520
RRY,MRE,LLR,K-M	1,1937	8176,2	0,9460
RRY,MRR,MF,MED	1,1871	10161	0,9520
Estadísticos de la columna (Software DPPLUS)	Media = 1,25 Desv. Típica = 0,07	Media = 9488,09 Desv. Típica = 889,33	Media = 0,95 Desv. Típica = 0,00



Resultados diferentes (estadísticamente diferenciables)

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribución Weibull (2 Parámetros) con métodos disponibles en Weibull ++			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Métodos	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
RRX,MRE,MF,MED	1,3099	9752	0,9520
RRX,MRR,MF,MED	1,3099	9752,3	0,9520
RRX,MRE,MF,K-M	1,3338	7988,9	0,9460
RRX,MRE,LLR,MED	1,3099	9752,31	0,9520
RRY,MRE,MF,MED	1,1871	10161	0,9520
RRY,MRE,LLR,MED	1,1871	10161	0,9520
RRY,MRE,LLR,K-M	1,1937	8176,2	0,9460
RRY,MRR,MF,MED	1,1871	10161	0,9520
Estadísticos de la columna (Software DPPLUS)	Media = 1,25 Desv. Típica = 0,07	Media = 9488,09 Desv. Típica = 889,33	Media = 0,95 Desv. Típica = 0,00



Con un mismo software: Los resultados del ajuste dependen del método usado

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribuciones usando diferente software (caso de ajuste a Weibull 2P)			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Software	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
Weibull ++ (RRY,MRE,MF,MED)			
DpPlus			
Pi+			
ICR 1.837			
ChatGPT 4 (GPT Data Analist)			-

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribuciones usando diferente software (caso de ajuste a Weibull 2P)			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Software	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
Weibull ++ (RRY,MRE,MF,MED)	1,1871	10161	0,9520
DpPlus	1,559502	10546,1	0,896181
Pi+	1,122224	11139	0,9
ICR 1.837	1,1222	11139	0,896180
ChatGPT (GPT Data Analyst)	1,56	10542,08	-

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribuciones usando diferente software (caso de ajuste a Weibull 2P)			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Software	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
Weibull ++ (RRY,MRE,MF,MED)	1,1871	10161	0,9520
DpPlus	1,559502	10546,1	0,896181
Pi+	1,122224	11139	0,9
ICR 1.837	1,1222	11139	0,896180
ChatGPT 4 (GPT Data Analyst)	1,56	10542,08	-



Resultados diferentes (estadísticamente diferenciables)

CONSISTENCIA DE LOS AJUSTES A DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

Ajuste a distribuciones usando diferente software (caso de ajuste a Weibull 2P)			
Datos: 17895,53 15044 1803,98 2460,52 3088 10023,17 11683,83 14057,25			
Software	Factor de Forma	Factor de Escala	Coef. Determinación
Weibull ++ (RRY,MRE,MF,MED)	1,1871	10161	0,9520
DpPlus	1,559502	10546,1	0,896181
Pi+	1,122224	11139	0,9
ICR 1.837	1,1222	11139	0,896180
ChatGPT (GPT Data Analyst)	1,56	10542,08	-



Con diferente software: Los resultados dependen del software usado

Ejemplo con ChatGPT: 10 o menos Datos: Distribución T de Student

- Área de la estadística conocida como "sucesos raros" o "muestras pequeñas"
- tiene en cuenta la variabilidad adicional introducida por el uso de una muestra pequeña
- tiende a ser más amplia que la distribución normal estándar, lo que refleja la mayor incertidumbre asociada
- los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis son más conservadores
- mayor probabilidad de incluir o aceptar la verdadera media poblacional

EJEMPLO: Prompt: Analizar con la T de Student el caso de los siguientes Tiempos hasta el Fallo (1200, 1350, 1320, 1780, 1189). ¿Cuál sería el MTTF y su intervalo de Confianza del 95%?

Dado que tenemos una muestra pequeña de datos ($n = 5$), utilizaremos la distribución T de Student para calcular el intervalo de confianza del 95% para la media poblacional (MTTF).

Paso 1: Calcular la media muestral ($\bar{X}$):

$$\bar{X} = \frac{1200+1350+1320+1780+1189}{5} = 1367.8$$

Paso 2: Calcular la desviación estándar muestral (S):

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\ S &= \sqrt{\frac{(1200-1367.8)^2 + (1350-1367.8)^2 + (1320-1367.8)^2 + (1780-1367.8)^2 + (1189-1367.8)^2}{5-1}} \\ S &\approx \sqrt{\frac{22494.16 + 317.44 + 576.64 + 176472.36 + 26503.24}{4}} \\ S &\approx \sqrt{\frac{227364.8}{4}} \\ S &\approx \sqrt{56841.2} \\ S &\approx 238.12 \end{aligned}$$

Paso 3: Calcular el error estándar de la media (SEM):

$$SEM = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{238.12}{\sqrt{5}} \approx 106.48$$

Paso 4: Determinar el valor crítico de la distribución T de Student:

Para un intervalo de confianza del 95% y 4 grados de libertad ($n-1$), el valor crítico de la distribución T de Student es aproximadamente 2.776.

Paso 5: Calcular el intervalo de confianza del 95% para el MTTF:

$$\text{Intervalo de Confianza} = \bar{X} \pm (\text{Valor Crítico} \cdot SEM)$$

$$\text{Intervalo de Confianza} = 1367.8 \pm (2.776 \cdot 106.48)$$

$$\text{Intervalo de Confianza} = 1367.8 \pm 295.61$$

Por lo tanto, el MTTF estimado es de aproximadamente 1367.8 horas, y el intervalo de confianza del 95% para el MTTF es aproximadamente (1072.19, 1663.41) horas.

COMPLEMENTOS SOBRE DATOS RAM

COMPLEMENTO 1: ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

Ejemplo: Bombas (OREDA)

MF1: Sobrecalentamiento

MF2: Fallo al arranque

MF3: Deficiencia Estructural

..... etc.



Algunos Modos de Fallo muy comunes para Compresores Centrífugos

Fuente: ChatGPT 4

Desgaste de los rodamientos: El desgaste de los rodamientos es uno de los modos de fallo más comunes en compresores centrífugos debido a la carga y las velocidades operativas, lo que puede provocar una disminución en la eficiencia y un aumento en las vibraciones.

Desalineación del eje: La desalineación del eje puede ocurrir debido a instalaciones incorrectas, vibraciones excesivas o problemas en los cojinetes. Esto puede provocar un desgaste prematuro de los cojinetes, vibraciones adicionales y una disminución en el rendimiento del compresor.

Fatiga de los componentes: La fatiga de los componentes, como los rotores, puede ocurrir debido a cargas cíclicas o vibraciones en el sistema. Esto puede resultar en grietas o fracturas en los componentes y eventualmente puede causar una falla catastrófica del compresor.

Fugas en los sellos: Las fugas en los sellos pueden ocurrir en los sellos del eje, los sellos de aceite o los sellos mecánicos, lo que puede provocar una pérdida de presión y una disminución en la eficiencia del compresor.

Contaminación del sistema de lubricación: La contaminación del sistema de lubricación con partículas extrañas o agua puede provocar un aumento en el desgaste de los componentes y una disminución en la vida útil del compresor.

COMPLEMENTO 1: ORIGEN DE LOS DATOS

Modos de Fallo

Modo de Fallo 1 (Tiempos del Modo de Fallo)

Modo de Fallo 1

(Perfil del Modo de Fallo)
Ejemplo: MF1 Compresor tipo A



COMPLEMENTO 2: COTAS DE LOS DATOS

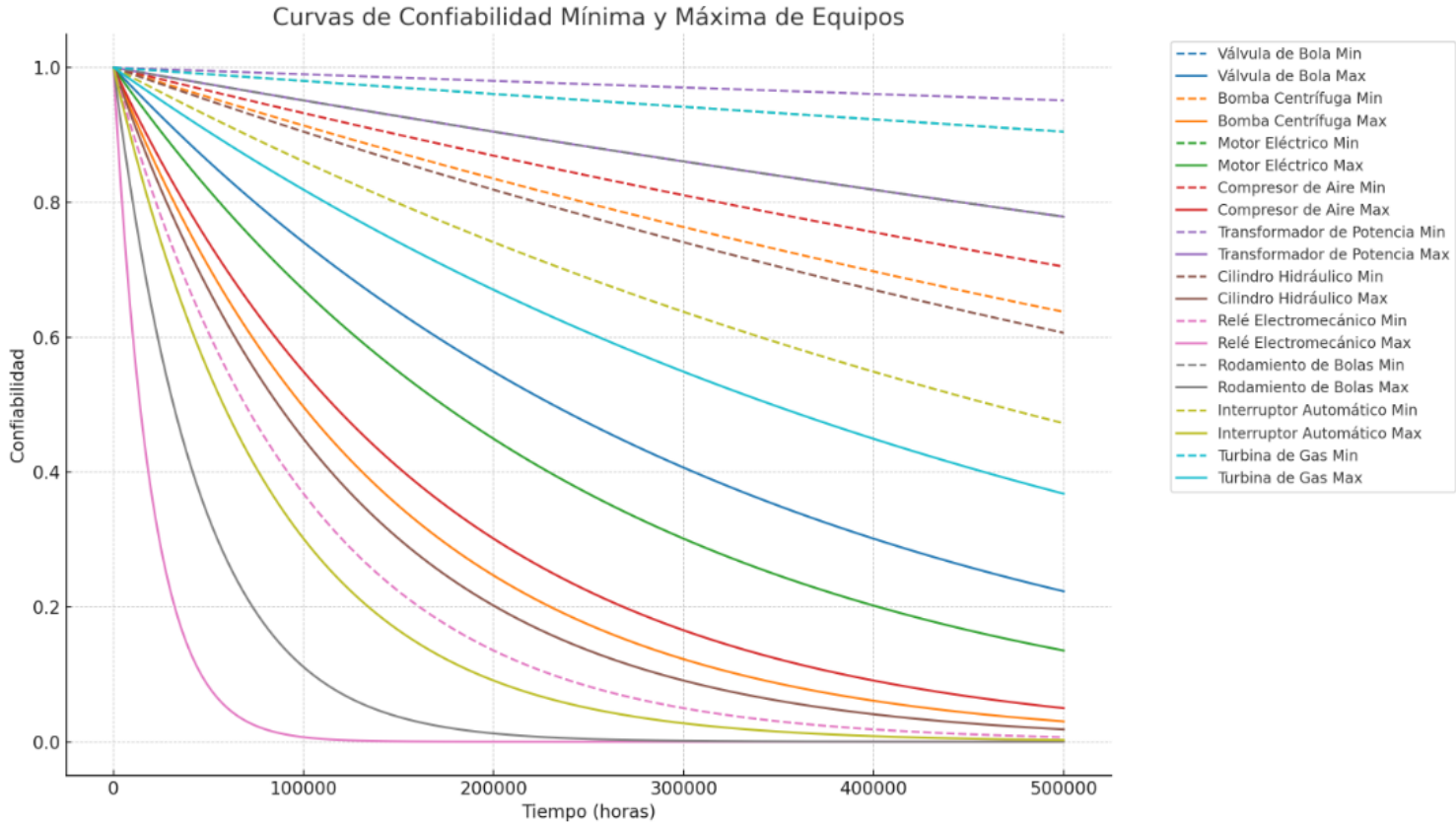
- A veces, solo se conocen las cotas Inferior y Superior de la Tasa de Fallo(a) de los datos
- En otros casos, se usan las cotas para comparar con nuestra Tasa de Fallo(a)

Nombre del Componente	Tasa de Fallos Mínima (fallos por millón de horas)	Tasa de Fallos Máxima (fallos por millón de horas)
Válvula de Bola	0.5	3.0
Bomba Centrífuga	0.9	7.0
Motor Eléctrico	0.2	4.0
Compresor de Aire	0.7	6.0
Transformador de Potencia	0.1	0.5
Cilindro Hidráulico	1.0	8.0
Relé Electromecánico	10.0	50.0
Rodamiento de Bolas	0.5	22.0
Interruptor Automático	1.5	12.0
Turbina de Gas	0.2	2.0

COMPLEMENTO 2: COTAS DE LOS DATOS

- A veces, solo se conocen las cotas Inferior y Superior de la Tasa de Fallo(a) de los datos
- En otros casos, se usan las cotas para comparar con nuestra Tasa de Fallo(a)

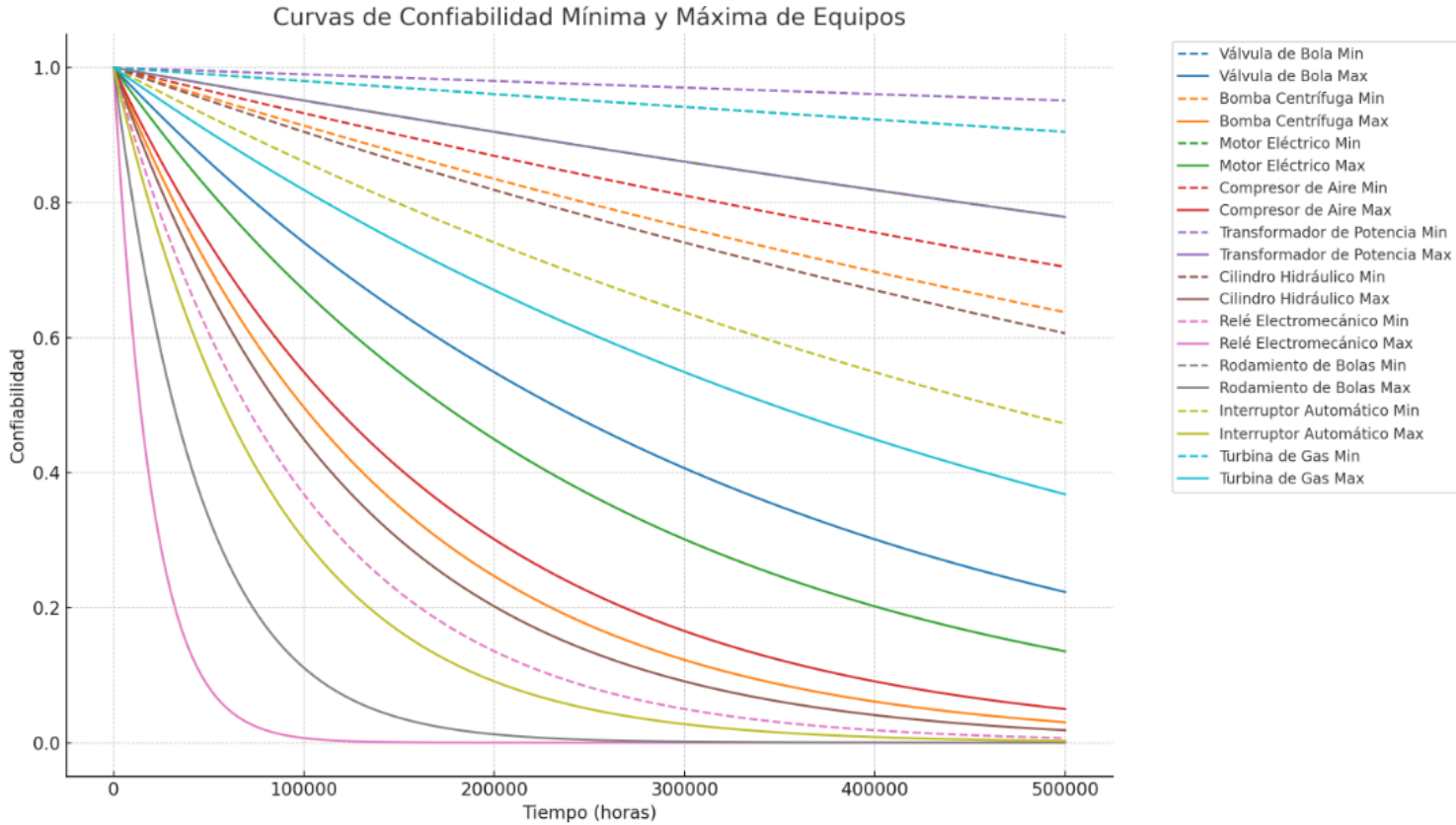
Nombre del Componente	Tasa de Fallos Mínima (fallos por millón de horas)	Tasa de Fallos Máxima (fallos por millón de horas)
Válvula de Bola	0.5	3.0
Bomba Centrífuga	0.9	7.0
Motor Eléctrico	0.2	4.0
Compresor de Aire	0.7	6.0
Transformador de Potencia	0.1	0.5
Cilindro Hidráulico	1.0	8.0
Relé Electromecánico	10.0	50.0
Rodamiento de Bolas	0.5	22.0
Interruptor Automático	1.5	12.0
Turbina de Gas	0.2	2.0



COMPLEMENTO 2: COTAS DE LOS DATOS

- A veces, solo se conocen las cotas Inferior y Superior de la Tasa de Fallo(a) de los datos
- En otros casos, se usan las cotas para comparar con nuestra Tasa de Fallo(a)

Nombre del Componente	Tasa de Fallos Mínima (fallos por millón de horas)	Tasa de Fallos Máxima (fallos por millón de horas)
Válvula de Bola	0.5	3.0
Bomba Centrífuga	0.9	7.0
Motor Eléctrico	0.2	4.0
Compresor de Aire	0.7	6.0
Transformador de Potencia	0.1	0.5
Cilindro Hidráulico	1.0	8.0
Relé Electromecánico	10.0	50.0
Rodamiento de Bolas	0.5	22.0
Interruptor Automático	1.5	12.0
Turbina de Gas	0.2	2.0



NOTA: ChatGPT puede buscar en internet mucha información sobre cotas de Tasas de Falla y otros datos RAM.

COMPLEMENTO 3: RECOLECCIÓN DE DATOS

Si no se dispone de software especializado o de un GMAO/CMMS que pueda registrar los datos RAM, puede usarse una hoja Excel. Si se le da a esa hoja una estructura de Base de Datos con Tablas, será posible consultar cómodamente la información recopilada. Una posible estructura de hoja Excel se muestra en la figura.

Gestión BD

Importar

Exportar

Consolidar BD

Inicio

Volver

INFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Número actual de registros = 469

Tasa de Fallo

Tiempo Medio de Reparación (hrs)

Tiempo hasta el fallo

Tiempo entre fallos

Tiempo Mínimo hasta el fallo

Tiempo máximo de reparación

ITEM_ID	ITEM	FAMILIA	MODO DE FALLO	MEC. DE FALLO	TIPO DE DATO	DATO	COMENTARIOS	FECHA
1	BOMB002	Bombas FLr			Tiempo hasta el fallo (hrs)	6500		
2	FILT001	Filtros Arena			Tiempo hasta el fallo (hrs)	5672		
3	FILT002	Filtros Arena			Tiempo hasta el fallo (hrs)	8900		
4	FILT002	Filtros Arena			Tiempo hasta el fallo (hrs)	10200		
5	FILT002	Filtros Arena			Tiempo hasta el fallo (hrs)	12000		
6	FILT002	Filtros Arena			Tiempo hasta el fallo (hrs)	15600		
7	TNK002	Tanques Agua			Tiempo hasta el fallo (hrs)	13400		
8	TNK002	Tanques Agua			Tiempo hasta el fallo (hrs)	15600		
9	TNK002	Tanques Agua			Tiempo hasta el fallo (hrs)	11234		
10	TNK002	Tanques Agua			Tiempo hasta el fallo (hrs)	17432		
11	TNK002	Tanques Agua			Tiempo hasta el fallo (hrs)	16829		
12	BOMBAP001	Bombas AP			Tiempo hasta el fallo (hrs)	3600		
13	BOMBAP001	Bombas AP			Tiempo hasta el fallo (hrs)	6500		
14	BOMBAP001	Bombas AP			Tiempo hasta el fallo (hrs)	4900		
15	BASTOI001	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	2300		
16	BASTOI001	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	3500		
17	BASTOI001	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	1700		
18	BASTOI001	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	2100		
19	BASTOI002	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	3569		
20	BASTOI002	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	2741		
21	BASTOI002	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	5600		
22	BASTOI002	Bastidor OI			Tiempo hasta el fallo (hrs)	1970		

NOTA: ChatGPT puede sugerir otras muchas estructuras viables, así como el software Excel (Macros) para su gestión.

COMPLEMENTO 4: FUSIÓN DE DATOS PROPIOS Y DATOS EXTERNOS

En determinadas ocasiones, se dispone de un número limitado de datos propios y suele ser conveniente fusionarlos con datos externos para obtener información más fiable. Existen diferentes métodos matemáticos para realizar la fusión.

Caso frecuente: es el de las Tasas de Fallo(a), que pueden fusionarse usando una fórmula con origen en el “Teorema de Bayes”

El subsistema CEC consta de un solo ordenador, que es un modelo nuevo dentro de una serie de modelos con antecesoros instalados en el sistema ferroviario. El proveedor solo aporta un Modelo Exponencial de Confiabilidad con una tasa de Fallos de valor $\lambda_0 = 1,8364\text{E-}05$, mientras que, de la experiencia con modelos previos, solo se han podido encontrar tres valores aproximados de la Tasa de Fallos, cuyos valores son: $\lambda_1 = 5,2714\text{E-}05$, $\lambda_2 = 3,2454\text{E-}05$, $\lambda_3 = 4,1275\text{E-}05$.

$$\lambda = \frac{\lambda_0^2 + \lambda_N^2 \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_N} + \frac{|\lambda_0 - \lambda_N|}{SDn} \right)^2}{\lambda_0 + \lambda_N \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_N} + \frac{|\lambda_0 - \lambda_N|}{SDn} \right)^2} = \frac{(1,8364\text{E-}05)^2 + (4,21477\text{E-}05)^2 \cdot 10,9114622934}{1,8364\text{E-}05 + (4,21477\text{E-}05) \cdot 10,9114622934} =$$

$$\lambda = \frac{1,97206704\text{E-}8}{0,000478257} = 0,0000412345 = 4,12345\text{E-}5$$

COMPLEMENTO 4: FUSIÓN DE DATOS PROPIOS Y DATOS EXTERNOS

En determinadas ocasiones, se dispone de un número limitado de datos propios y suele ser conveniente fusionarlos con datos externos para obtener información más fiable. Existen diferentes métodos matemáticos para realizar la fusión.

Caso frecuente: es el de las Tasas de Fallo(a), que pueden fusionarse usando una fórmula con origen en el “Teorema de Bayes”

El subsistema CEC consta de un solo ordenador, que es un modelo nuevo dentro de una serie de modelos con antecesores instalados en el sistema ferroviario. El proveedor solo aporta un Modelo Exponencial de Confiabilidad con una tasa de Fallos de valor $\lambda_0 = 1,8364\text{E-}05$, mientras que, de la experiencia con modelos previos, solo se han podido encontrar tres valores aproximados de la Tasa de Fallos, cuyos valores son: $\lambda_1 = 5,2714\text{E-}05$, $\lambda_2 = 3,2454\text{E-}05$, $\lambda_3 = 4,1275\text{E-}05$.

$$\lambda = \frac{\lambda_0^2 + \lambda_N^2 \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_N}{SDn} \right)^2}{\lambda_0 + \lambda_N \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_N}{SDn} \right)^2} = \frac{(1,8364\text{E-}05)^2 + (4,21477\text{E-}05)^2 \cdot 10,9114622934}{1,8364\text{E-}05 + (4,21477\text{E-}05) \cdot 10,9114622934} =$$

$$\lambda = \frac{1,97206704\text{E-}8}{0,000478257} = 0,0000412345 = 4,12345\text{E-}5$$

Caso frecuente: Juntar nuestros Datos (TTF, TUP, TTR, etc.) con otros externos y verificar matemáticamente si se puede aceptar la hipótesis de que provienen de una misma y única Distribución de Probabilidad, usando para ello el “Test de Hipótesis”

Prompt: Tienes algún método para poder aceptar o rechazar la hipótesis de que los 10 números aleatorios generados en el resultado anterior pertenezcan a una distribución Weibull Weibull(3.3,400)?

ChatGPT:

Sí, se pueden utilizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Esta prueba compara la distribución empírica de los datos con la distribución teórica esperada, en este caso, la Weibull(3.3,400). La hipótesis nula (H0) de la prueba K-S es que los datos siguen la distribución especificada. Si el p-valor resultante de la prueba es mayor que un nivel de significancia elegido (usualmente 0.05), no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no hay evidencia suficiente para decir que los datos no siguen la distribución Weibull especificada. Voy a realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov en los 10 números aleatorios generados para ver si siguen una distribución Weibull con forma = 3.3 y escala = 400. La prueba de Kolmogorov-Smirnov arroja un estadístico de prueba de aproximadamente 0.233 y un p-valor de aproximadamente 0.572. El p-valor es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05.

Esto significa que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los 10 números aleatorios generados sigan una distribución Weibull con forma = 3.3 y escala = 400. En otras palabras, los datos generados no presentan diferencias significativas con respecto a la distribución Weibull especificada en la hipótesis.

COMPLEMENTO 4: FUSIÓN DE DATOS PROPIOS Y DATOS EXTERNOS

En determinadas ocasiones, se dispone de un número limitado de datos propios y suele ser conveniente fusionarlos con datos externos para obtener información más fiable. Existen diferentes métodos matemáticos para realizar la fusión.

Caso frecuente: es el de las Tasas de Fallo(a), que pueden fusionarse usando una fórmula con origen en el “Teorema de Bayes”

El subsistema CEC consta de un solo ordenador, que es un modelo nuevo dentro de una serie de modelos con antecesores instalados en el sistema ferroviario. El proveedor solo aporta un Modelo Exponencial de Confiabilidad con una tasa de Fallos de valor $\lambda_0 = 1,8364\text{E-}05$, mientras que, de la experiencia con modelos previos, solo se han podido encontrar tres valores aproximados de la Tasa de Fallos, cuyos valores son: $\lambda_1 = 5,2714\text{E-}05$, $\lambda_2 = 3,2454\text{E-}05$, $\lambda_3 = 4,1275\text{E-}05$.

$$\lambda = \frac{\lambda_0^2 + \lambda_N^2 \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_N}{\lambda_N + \frac{|\lambda_0 - \lambda_N|}{SDn}} \right)^2}{\lambda_0 + \lambda_N \left(\frac{\lambda_0 - \lambda_N}{\lambda_N + \frac{|\lambda_0 - \lambda_N|}{SDn}} \right)^2} = \frac{(1,8364\text{E-}05)^2 + (4,21477\text{E-}05)^2 \cdot 10,9114622934}{1,8364\text{E-}05 + (4,21477\text{E-}05) \cdot 10,9114622934} =$$

$$\lambda = \frac{1,97206704\text{E-}8}{0,000478257} = 0,0000412345 = 4,12345\text{E-}5$$

Caso frecuente: Juntar nuestros Datos (TTF, TUP, TTR, etc.) con otros externos y verificar matemáticamente si se puede aceptar la hipótesis de que provienen de una misma y única Distribución de Probabilidad, usando para ello el “Test de Hipótesis”

Prompt: Tienes algún método para poder aceptar o rechazar la hipótesis de que los 10 números aleatorios generados en el resultado anterior pertenezcan a una distribución Weibull Weibull(3.3,400)?

ChatGPT:

Sí, se pueden utilizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S).

Esta prueba compara la distribución empírica de los datos con la distribución teórica esperada, en este caso, la Weibull(3.3,400). La hipótesis nula (H0) de la prueba K-S es que los datos siguen la distribución especificada. Si el p-valor resultante de la prueba es mayor que un nivel de significancia elegido (usualmente 0.05), no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no hay evidencia suficiente para decir que los datos no siguen la distribución Weibull especificada. Voy a realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov en los 10 números aleatorios generados para ver si siguen una distribución Weibull con forma = 3.3 y escala = 400. La prueba de Kolmogorov-Smirnov arroja un estadístico de prueba de aproximadamente 0.233 y un p-valor de aproximadamente 0.572. El p-valor es mayor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0.05.

Esto significa que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los 10 números aleatorios generados sigan una distribución Weibull con forma = 3.3 y escala = 400. En otras palabras, los datos generados no presentan diferencias significativas con respecto a la distribución Weibull especificada en la hipótesis.

NOTA: ChatGPT puede realizar cálculos relativos a fusión de datos con varios métodos matemáticos diferentes.

COMPLEMENTO 5: DATOS COMO INTERVALOS

A veces, la información disponible solo permite determinar con claridad algunos datos, mientras que otros datos solo pueden ser representados mediante un intervalo. Por ejemplo: De un determinado TTF solo se sabe que está entre 1200 y 1300 horas, pero no se sabe su valor exacto. El conjunto mixto (datos exactos, Datos como intervalos) puede tratarse con la “Aritmética de Intervalos” para cálculos RAM.

Proceso para Calcular el MTTF usando Aritmética de Intervalos:

Colección de Datos: Primero, recopila todos los tiempos de fallo conocidos. Algunos de estos serán valores exactos (e.g., 1500 horas), mientras que otros estarán representados como intervalos (e.g., [1300, 1700] horas).

Conversión a Intervalos: Para uniformidad en el cálculo, convierte los tiempos de fallo precisos en intervalos cerrados. Por ejemplo, un tiempo de fallo exacto de 1500 horas se representaría como [1500, 1500].

Suma de Intervalos: Utiliza la aritmética de intervalos para sumar todos los tiempos de fallo. La suma de dos intervalos $[a, b]$ y $[c, d]$ es $[a + c, b + d]$.

Cálculo del MTTF:

- Suma todos los intervalos de TTF.
- Divide el intervalo resultante de la suma por el número total de fallos (contando cada intervalo como un fallo). La división de un intervalo $[a, b]$ por un escalar n es $[a/n, b/n]$.
- Esto te dará un intervalo para el MTTF, indicando los límites inferior y superior estimados para el tiempo medio hasta el fallo.

COMPLEMENTO 5: DATOS COMO INTERVALOS

A veces, la información disponible solo permite determinar con claridad algunos datos, mientras que otros datos solo pueden ser representados mediante un intervalo. Por ejemplo: De un determinado TTF solo se sabe que está entre 1200 y 1300 horas, pero no se sabe su valor exacto. El conjunto mixto (datos exactos, Datos como intervalos) puede tratarse con la “Aritmética de Intervalos” para cálculos RAM.

Proceso para Calcular el MTTF usando Aritmética de Intervalos:

Colección de Datos: Primero, recopila todos los tiempos de fallo conocidos. Algunos de estos serán valores exactos (e.g., 1500 horas), mientras que otros estarán representados como intervalos (e.g., [1300, 1700] horas).

Conversión a Intervalos: Para uniformidad en el cálculo, convierte los tiempos de fallo precisos en intervalos cerrados. Por ejemplo, un tiempo de fallo exacto de 1500 horas se representaría como [1500, 1500].

Suma de Intervalos: Utiliza la aritmética de intervalos para sumar todos los tiempos de fallo. La suma de dos intervalos $[a, b]$ y $[c, d]$ es $[a + c, b + d]$.

Cálculo del MTTF:

- Suma todos los intervalos de TTF.
- Divide el intervalo resultante de la suma por el número total de fallos (contando cada intervalo como un fallo). La división de un intervalo $[a, b]$ por un escalar n es $[a/n, b/n]$.
- Esto te dará un intervalo para el MTTF, indicando los límites inferior y superior estimados para el tiempo medio hasta el fallo.

Ejemplo: Supongamos que tienes los siguientes tiempos hasta el fallo:

Tiempos exactos: 1200 horas, 1500 horas

Intervalos de tiempo: [1000, 1300] horas, [1400, 1800] horas

Convertimos los tiempos exactos a intervalos:

1200 $\rightarrow$ [1200, 1200]

1500 $\rightarrow$ [1500, 1500]

Suma de todos los intervalos usando aritmética de intervalos:

Suma total = [1200, 1200] + [1500, 1500] + [1000, 1300] + [1400, 1800]

Suma total = [5100, 6800] (sumando los límites inferiores y superiores respectivamente)

Si estos son los únicos fallos (total de 4 fallos), entonces:

MTTF = $[5100/4, 6800/4]$

MTTF = [1275, 1700] horas

Este intervalo [1275, 1700] horas te indica que el MTTF del equipo está estimado en estar entre 1275 horas y 1700 horas, dadas las incertidumbres y los datos precisos disponibles.

COMPLEMENTO 5: DATOS COMO INTERVALOS

A veces, la información disponible solo permite determinar con claridad algunos datos, mientras que otros datos solo pueden ser representados mediante un intervalo. Por ejemplo: De un determinado TTF solo se sabe que está entre 1200 y 1300 horas, pero no se sabe su valor exacto. El conjunto mixto (datos exactos, Datos como intervalos) puede tratarse con la “Aritmética de Intervalos” para cálculos RAM.

Proceso para Calcular el MTTF usando Aritmética de Intervalos:

Colección de Datos: Primero, recopila todos los tiempos de fallo conocidos. Algunos de estos serán valores exactos (e.g., 1500 horas), mientras que otros estarán representados como intervalos (e.g., [1300, 1700] horas).

Conversión a Intervalos: Para uniformidad en el cálculo, convierte los tiempos de fallo precisos en intervalos cerrados. Por ejemplo, un tiempo de fallo exacto de 1500 horas se representaría como [1500, 1500].

Suma de Intervalos: Utiliza la aritmética de intervalos para sumar todos los tiempos de fallo. La suma de dos intervalos $[a, b]$ y $[c, d]$ es $[a + c, b + d]$.

Cálculo del MTTF:

- Suma todos los intervalos de TTF.
- Divide el intervalo resultante de la suma por el número total de fallos (contando cada intervalo como un fallo). La división de un intervalo $[a, b]$ por un escalar n es $[a/n, b/n]$.
- Esto te dará un intervalo para el MTTF, indicando los límites inferior y superior estimados para el tiempo medio hasta el fallo.

Ejemplo: Supongamos que tienes los siguientes tiempos hasta el fallo:

Tiempos exactos: 1200 horas, 1500 horas

Intervalos de tiempo: [1000, 1300] horas, [1400, 1800] horas

Convertimos los tiempos exactos a intervalos:

1200 $\rightarrow$ [1200, 1200]

1500 $\rightarrow$ [1500, 1500]

Suma de todos los intervalos usando aritmética de intervalos:

Suma total = [1200, 1200] + [1500, 1500] + [1000, 1300] + [1400, 1800]

Suma total = [5100, 6800] (sumando los límites inferiores y superiores respectivamente)

Si estos son los únicos fallos (total de 4 fallos), entonces:

MTTF = $[5100/4, 6800/4]$

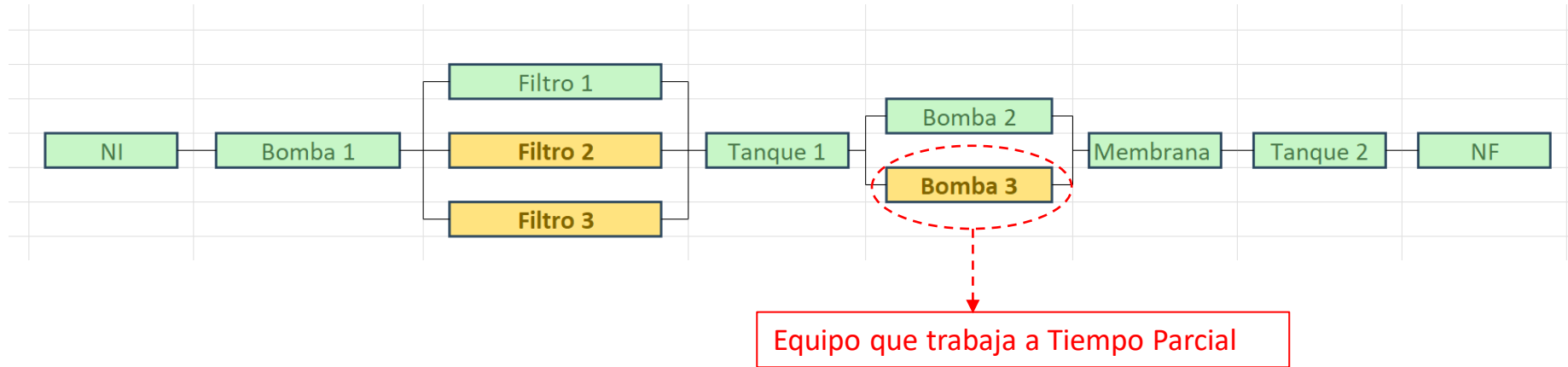
MTTF = [1275, 1700] horas

Este intervalo [1275, 1700] horas te indica que el MTTF del equipo está estimado en estar entre 1275 horas y 1700 horas, dadas las incertidumbres y los datos precisos disponibles.

NOTA: ChatGPT puede realizar cálculos usando aritmética de intervalos

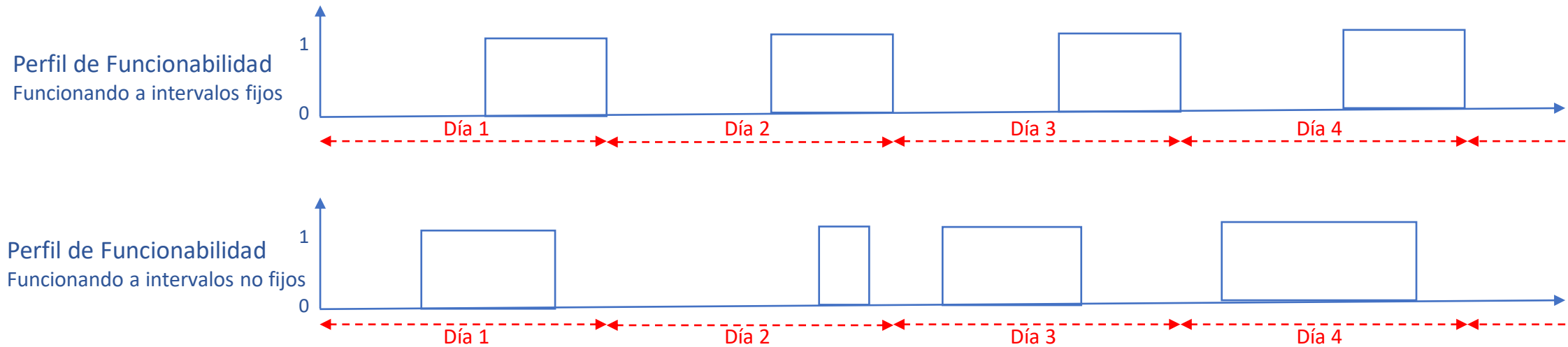
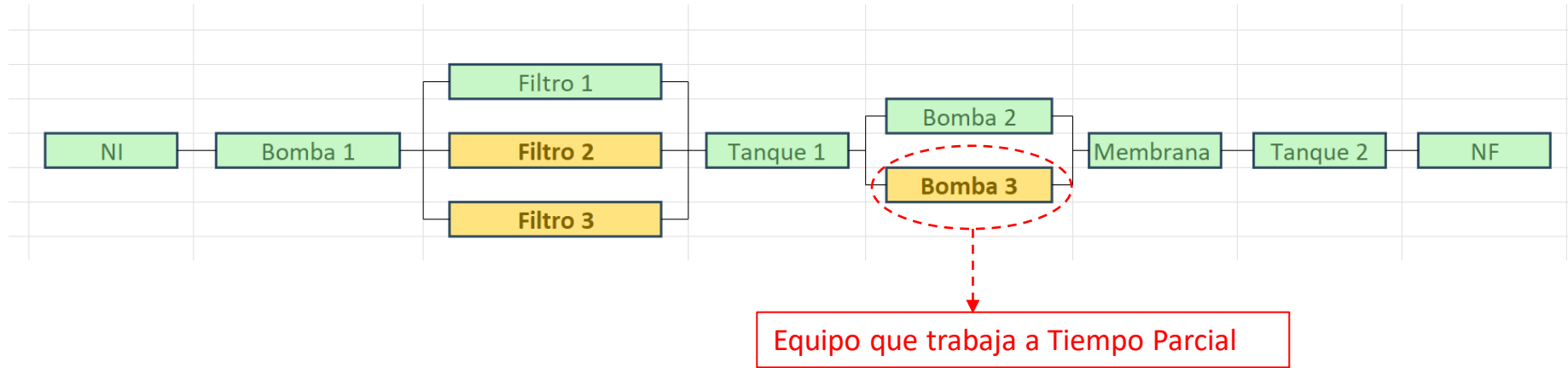
COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



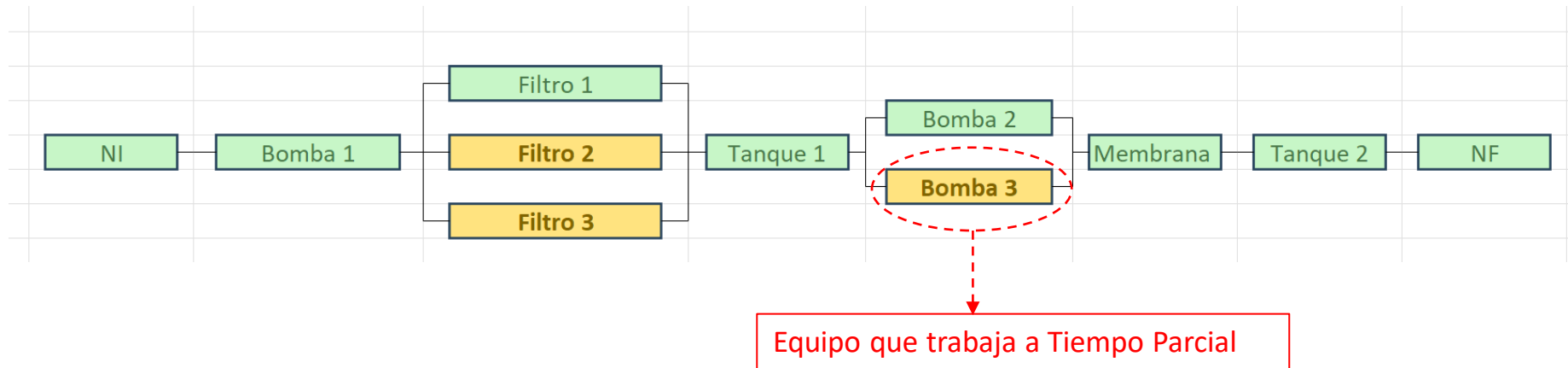
COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



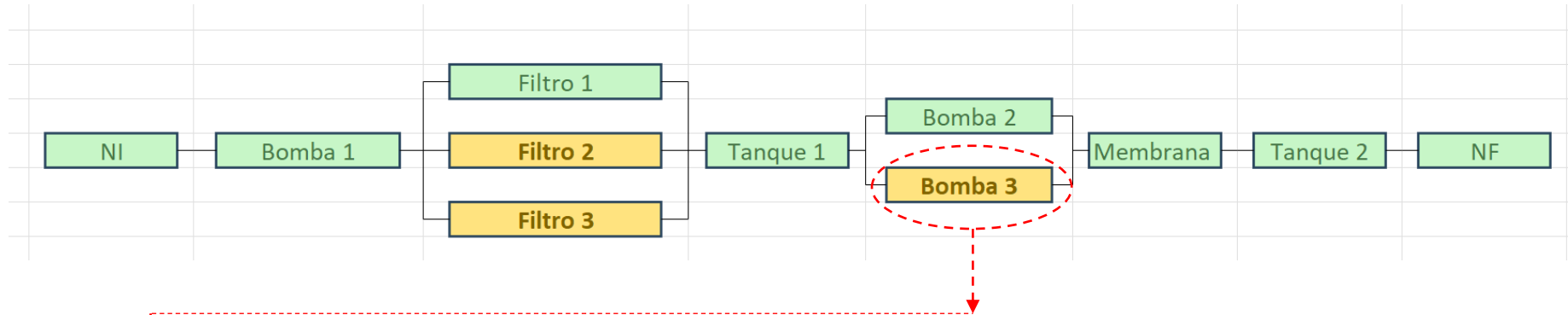
Cuando un equipo opera a tiempo parcial, su Disponibilidad y Confiabilidad pueden ser diferentes en comparación con la operación continua.

Esto puede influir en cómo se recopilan y analizan los datos

- Suele ser necesario tomar los datos con mayor frecuencia y detalle
- El análisis de los Datos, su modelado o su uso para cálculos puede ser muy complejo,

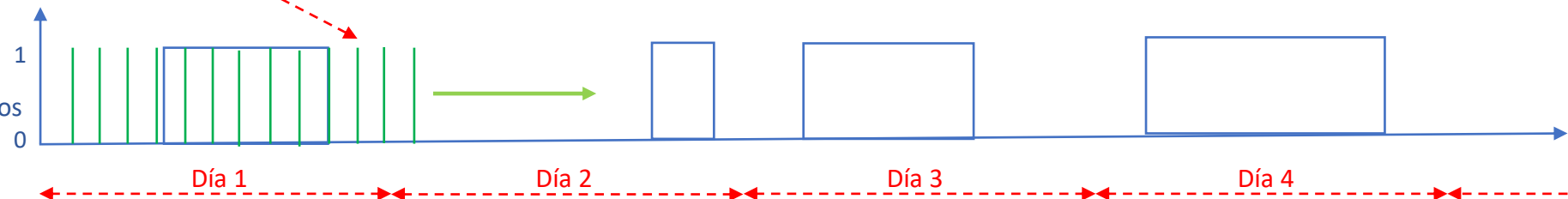
COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



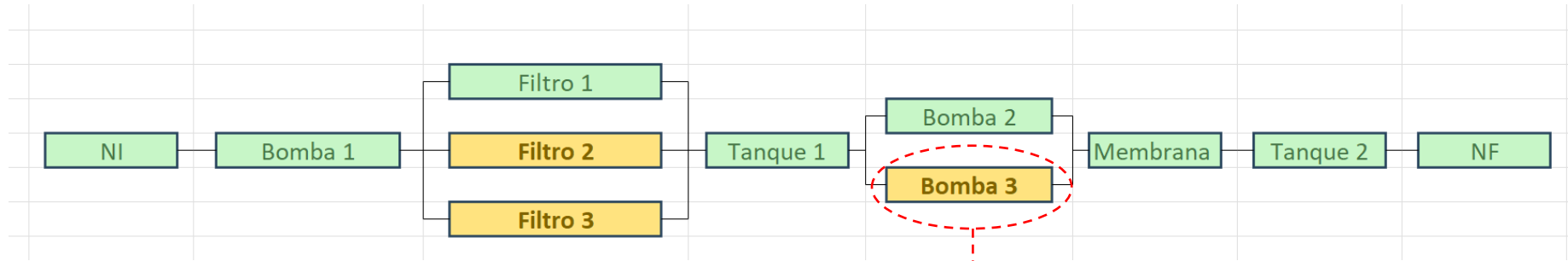
1.Frecuencia de las observaciones: Dado que el equipo no está funcionando todo el tiempo, es posible que sea necesario tomar observaciones con **mayor frecuencia** para capturar eventos de falla y mantenimiento de manera más precisa. Esto podría implicar un mayor esfuerzo en la recopilación de datos para asegurarse de que se estén capturando todos los eventos relevantes.

Perfil de Funcionabilidad
Funcionando a intervalos no fijos



COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

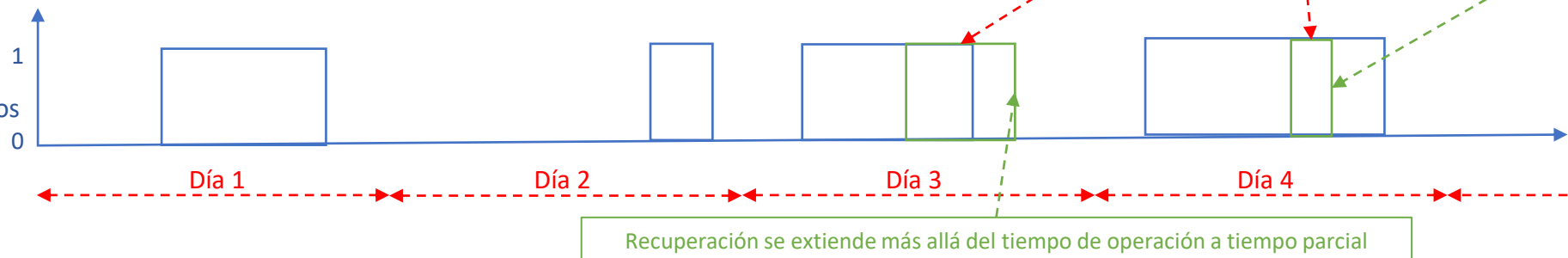
No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



1.Frecuencia de las observaciones: Dado que el equipo no está funcionando todo el tiempo, es posible que sea necesario tomar observaciones con **mayor frecuencia** para capturar eventos de falla y mantenimiento de manera más precisa. Esto podría implicar un mayor esfuerzo en la recopilación de datos para asegurarse de que se estén capturando todos los eventos relevantes.

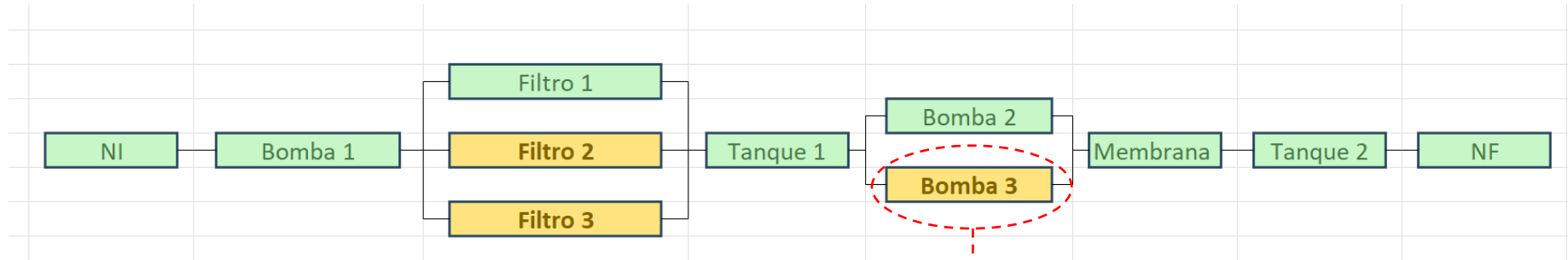
2.Registro de eventos: Es importante registrar los eventos de falla y mantenimiento de manera clara y detallada, incluyendo la duración de los periodos de inactividad y los motivos de los mismos. Esto permite una mejor comprensión de cómo la disponibilidad y la confiabilidad están siendo afectadas por el tiempo de inactividad y ayuda en el análisis posterior.

Perfil de Funcionabilidad
Funcionando a intervalos no fijos



COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

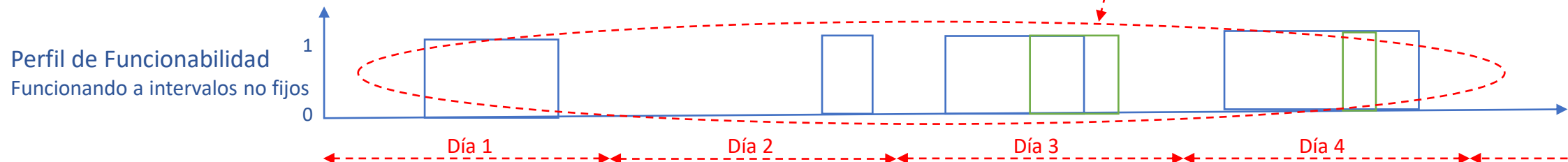
No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



1.Frecuencia de las observaciones: Dado que el equipo no está funcionando todo el tiempo, es posible que sea necesario tomar observaciones con **mayor frecuencia** para capturar eventos de falla y mantenimiento de manera más precisa. Esto podría implicar un mayor esfuerzo en la recopilación de datos para asegurarse de que se estén capturando todos los eventos relevantes.

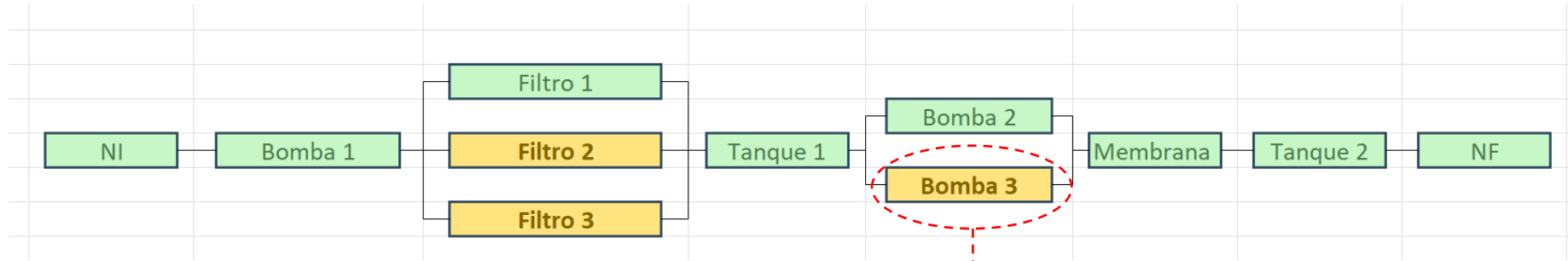
2.Registro de eventos: Es importante registrar los eventos de falla y mantenimiento de manera clara y detallada, incluyendo la duración de los periodos de inactividad y los motivos de los mismos. Esto permite una mejor comprensión de cómo la disponibilidad y la confiabilidad están siendo afectadas por el tiempo de inactividad y ayuda en el análisis posterior.

3.Análisis de datos: Al analizar los datos, es importante considerar el tiempo de inactividad y cómo afecta la confiabilidad y la disponibilidad del equipo. Se pueden utilizar técnicas específicas para analizar datos de equipos que operan a tiempo parcial, como ajustar los cálculos de confiabilidad y disponibilidad para tener en cuenta los periodos de inactividad.



COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

No es extraño que algunos equipos o subsistemas no sean usados de forma continua. Su uso suele ser demandado por unas horas al día (o a la semana), tanto por intervalos de tiempo fijos, cómo por intervalos sin pauta fija.



1.Frecuencia de las observaciones: Dado que el equipo no está funcionando todo el tiempo, es posible que sea necesario tomar observaciones con **mayor frecuencia** para capturar eventos de falla y mantenimiento de manera más precisa. Esto podría implicar un mayor esfuerzo en la recopilación de datos para asegurarse de que se estén capturando todos los eventos relevantes.

2.Registro de eventos: Es importante registrar los eventos de falla y mantenimiento de manera clara y detallada, incluyendo la duración de los periodos de inactividad y los motivos de los mismos. Esto permite una mejor comprensión de cómo la disponibilidad y la confiabilidad están siendo afectadas por el tiempo de inactividad y ayuda en el análisis posterior.

3.Análisis de datos: Al analizar los datos, es importante considerar el tiempo de inactividad y cómo afecta la confiabilidad y la disponibilidad del equipo. Se pueden utilizar técnicas específicas para analizar datos de equipos que operan a tiempo parcial, como ajustar los cálculos de confiabilidad y disponibilidad para tener en cuenta los periodos de inactividad.

NOTA: Es posible que la información necesaria para la documentación del funcionamiento/fallo parcial se encuentre en otras áreas de la empresa: Operaciones/Explotación, Gerencia, etc. Por lo que siempre es recomendable realizar una inspección en todos los departamentos para evitar duplicar esfuerzos.

COMPLEMENTO 6: DATOS “A TIEMPO PARCIAL”

Caso de uso: Factores de carga o de disponibilidad para adaptar el MTTF al tiempo de funcionamiento real.

Justificación

Si un equipo funciona menos horas de las normales, es probable que se degrade menos por el uso y, por lo tanto, es esperable que tarde más en fallar.

En ese caso, el MTTF ajustado debería ser mayor que el MTTF original, ya que el equipo está operando a un nivel más bajo que el nominal y, por lo tanto, se espera que tenga una vida útil más larga. Por consiguiente, para aproximar el valor buscado deberemos multiplicar el MTTF por el inverso del factor de disponibilidad.

Esto refleja más correctamente (aproxima mejor) el hecho de que el equipo está operando a una fracción del tiempo total disponible.

EJEMPLO: ESTIMACIÓN DEL MTTF USANDO EL FACTOR DE DISPONIBILIDAD

Un equipo industrial diseñado para funcionar en continuo que, debido a la programación de la producción y otras razones, solo está en funcionamiento el 70% del tiempo total disponible durante un período determinado. El MTTF del equipo, si funcionara continuamente, es de 5000 horas.

El cálculo sería:

$$MTTF_{ajustado} = MTTF \times (1/\text{Factor de disponibilidad})$$

Para el caso en el que el equipo funciona el 70% del tiempo, el factor de disponibilidad sería 0.70

El MTTF ajustado se calcularía como:

$$\begin{aligned} MTTF_{ajustado} &= 5000 \text{ horas} \times (1/0.70) \\ MTTF_{ajustado} &\approx 7142.86 \text{ horas} \end{aligned}$$

Entonces, el MTTF ajustado sería aproximadamente 7142.86 horas, lo que refleja la expectativa de que el equipo, al operar a un nivel más bajo que el nominal, tendrá una vida útil más larga.

NOTA: Esto es solo una aproximación razonable, ya que el problema es ciertamente complejo y sería mejor aproximar su solución usando técnicas de simulación.

TRABAJO EN GRUPO



Método clásico

Intervalo de clase	Marca de clase	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia acumulada relativa
(0-200]	100	4	4	4/30 = 0,13
(200-400]	300	8	8+4=12	12/30 = 0,4
(400-600]	500	9	12+9=21	0,7
(600-800]	700	5	26	0,86
(800-1000]	900	4	30	1

Dato	FAC
100	0,13
300	0,4
500	0,7
700	0,86
900	1

Ajuste a Distribuciones
Exponencial, Weibull,...
Bondad del ajuste
Coef. Correlación
Coef. Determinación
Test Chi-cuadrado
Gráficos Q-Q
etc.

Método No Paramétrico

Datos

22
37
28
45

Dato	Benard $F_i^{mediana} = \frac{i - 0,3}{n + 0,4}$
22	$(1 - 0.3)/(4 + 0.4) = 0.159$
28	$(2 - 0.3)/(4 + 0.4) = 0.386$
37	$(3 - 0.3)/(4 + 0.4) = 0.613$
45	$(4 - 0.3)/(4 + 0.4) = 0.840$

Dato	FAC
22	0.159
28	0.386
37	0.613
45	0.840

Ajuste a Distribuciones
Exponencial, Weibull,...
Bondad del ajuste
Coef. Correlación
Coef. Determinación
Test Chi-cuadrado
Gráficos Q-Q
etc.

Trabajo Grupal: Usando ChatGPT crear una presentación powerpoint con Prompts y ejemplos de Modelado (Paramétrico y No Paramétrico), Bondad del Ajuste, etc.

Benard, $i/(N+1)$
Número de Orden
otros