



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
M É X I C O

14
EDICIÓN



“Como hacer...”
Aprende nuevas y útiles herramientas, métodos y técnicas.



Análisis de Confiabilidad de Sistemas y de Eventos de Fallas

Ing. Jesús R. Sifonte

Presidente

jsifonte@pdmtechcanada.com

Tópicos

- Indicadores RAM
 - Ejercicio Práctico
- Confiabilidad de Sistemas
 - Ejercicio Práctico
- Análisis de Eventos de Fallas
 - Ejercicio Práctico
- Interpretación de los resultados
- Resumen y Lecciones Aprendidas



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO

14
EDICIÓN

Indicadores

R eliability

A vailability

M aintainability



TOOLBOX
SESION



Análisis RAM – Ai (Disponibilidad Inherente)

Fórmulas

$$11.1 \quad \text{MTBF} = \frac{\text{Toperación}}{\text{No de Fallas}}$$

$$11.4 \quad \lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

$$11.2 \quad \overline{\text{Mct}} = \frac{\text{Tparo}}{\text{No de Fallas}}$$

$$11.3 \quad A_i = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \overline{\text{Mct}}}$$

- Notas: 1- Suponga tasa de falla constante
2- MTBF = Tiempo Medio Entre Fallas
3- Mct = Tiempo de Reparación Promedio
4- λ = Tasa de Fallas

Aa (Disponibilidad Alcanzada)

Fórmulas

$$11.5 \quad F_{pt} = \frac{1}{T \text{ entre } M_{p}'s}$$

$$11.7 \quad MTBM = \frac{1}{\lambda + F_{pt}}$$

$$11.6 \quad M = \frac{\bar{M}_{ct} \times \lambda + \bar{M}_{pt} \times F_{pt}}{\lambda + F_{pt}}$$

$$11.8 \quad Aa = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

Notas: 1- F_{pt} = Frecuencia de MP

2- MTBM = Tiempo Medio Entre Mantenimientos

3- M_{ct} = Tiempo de Reparación Promedio

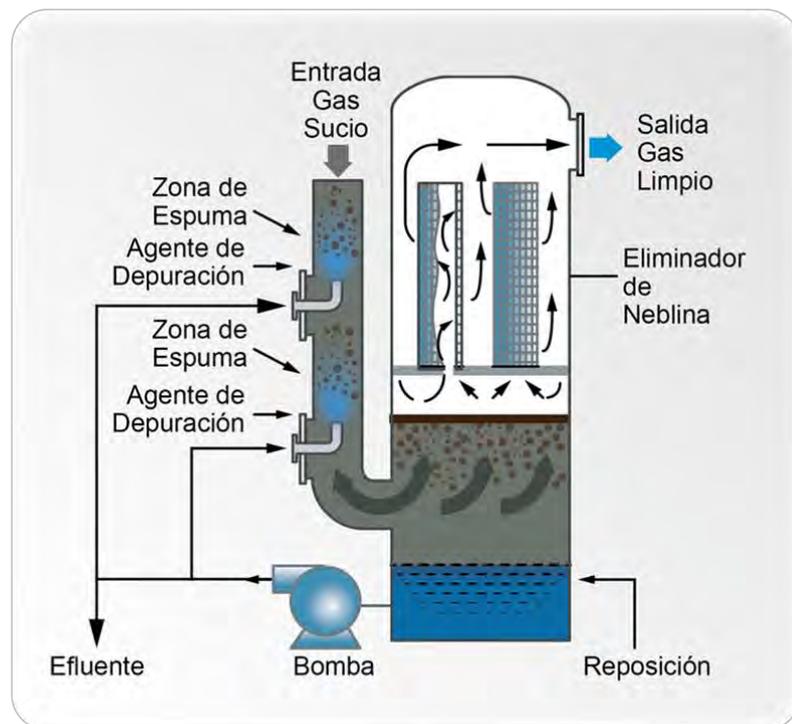
4- M_{pt} = Tiempo de MP Promedio

3 Distintas Disponibilidades

$$11.3 \quad A_i = \frac{MTBF}{MTBF + \overline{M}ct}$$

$$11.8 \quad A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \overline{M}}$$

$$11.9 \quad A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

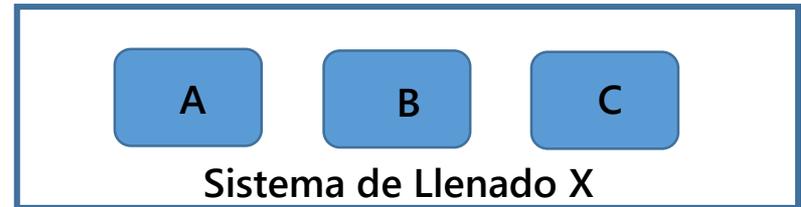


Notas:

- 1- MDT = "Mean Downtime"
- 2- Ao = Disponibilidad Operacional

Indicadores RAM -Ejercicio de Práctica

El Sistema de Llenado X consiste de tres componentes (A, B y C) trabajando en secuencia. Los 3 componentes son totalmente interdependientes para el funcionamiento de la línea.



Datos:

- 1- Toperación de X = 10,000h
- 2- No de Fallas X =10
- 3- Tparo de X= 20 h
- 4- Mpt = 2hr
- 5- Fpt = 1/1,000
- 6- MDT = 5h

Determine para el sistema X:

- 1- Mct
- 2- MTBF
- 3- λ
- 4- Ai
- 5- M
- 6- MTBM
- 7- Aa
- 8- Ao



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO

14
EDICIÓN

Confiabilidad de Sistemas



TOOLBOX
SESIÓN



$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{Confiabilidad de un componente simple} \quad (1)$$

$$e = 2.718$$

$$\lambda = 1/\text{MTBF}$$

t = Unidad de uso (tiempo, ciclos, horas, kilómetros, etc)

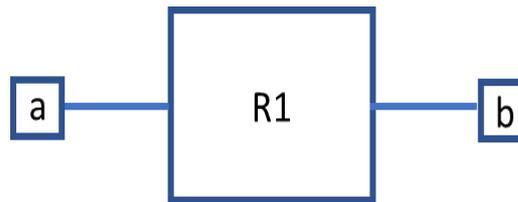


Diagrama de Bloque de Confiabilidad Simple

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i$$

Confiabilidad de componentes en serie (2)

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

Tasa de Fallas del Sistema (3)

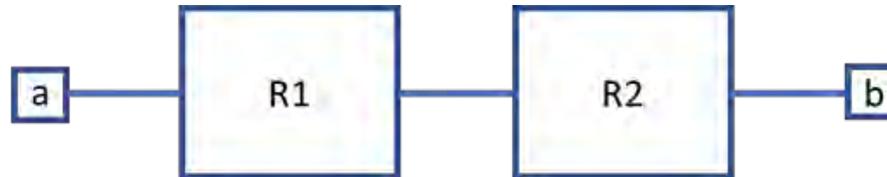


Diagrama de Bloque de Confiabilidad de Componentes en Serie

$$R_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad \text{Confiabilidad de } n \text{ componentes en paralelo} \quad (5)$$

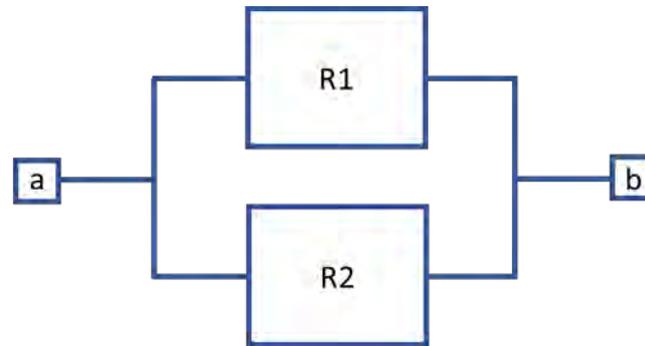
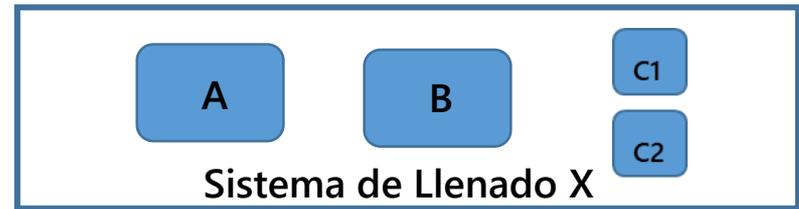


Diagrama de Bloque de Confiabilidad de Componentes en Paralelo

Confiabilidad de Sistemas -Ejercicio de Práctica

El Sistema de Llenado X consiste de 3 subsistemas (A, B C) trabajando en secuencia. El subsistema C consiste de los componentes C1 y C2 trabajando en paralelo. Pero se necesita solo 1 funcionando. Los 3 subsistemas son totalmente interdependientes para el funcionamiento de la línea.

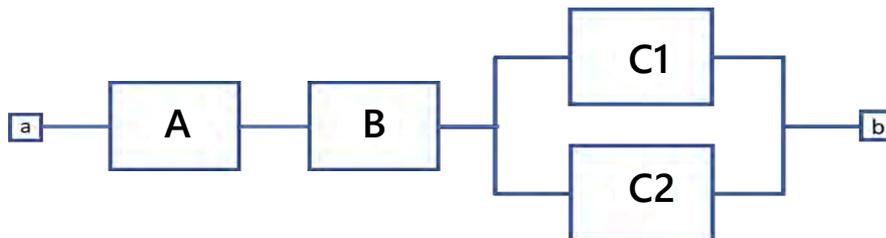


Datos:

- 1- MTBF de A = 2000 h
- 2- MTBF de B = 4000 h
- 3- MTBF de C1 = C2 = 1000 h

Determine:

- 1- R(500) de A
- 2- R(500) de B
- 3- R(500) de C1 y C2
- 4- R(500) del Sistema de Llenado X





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO

14
EDICIÓN

Análisis de Eventos de Fallas



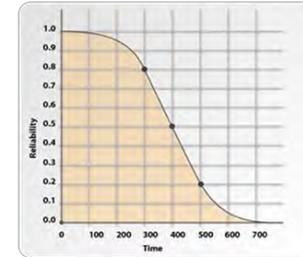
TOOLBOX
SESIÓN



Weibull Analysis

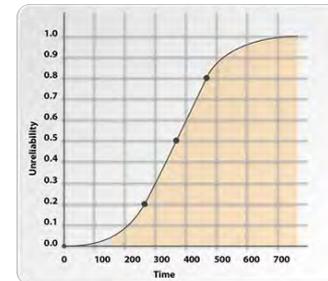
$$11.10 \quad R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Función de Confiabilidad



$$11.11 \quad F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

Función de Prob. de Falla

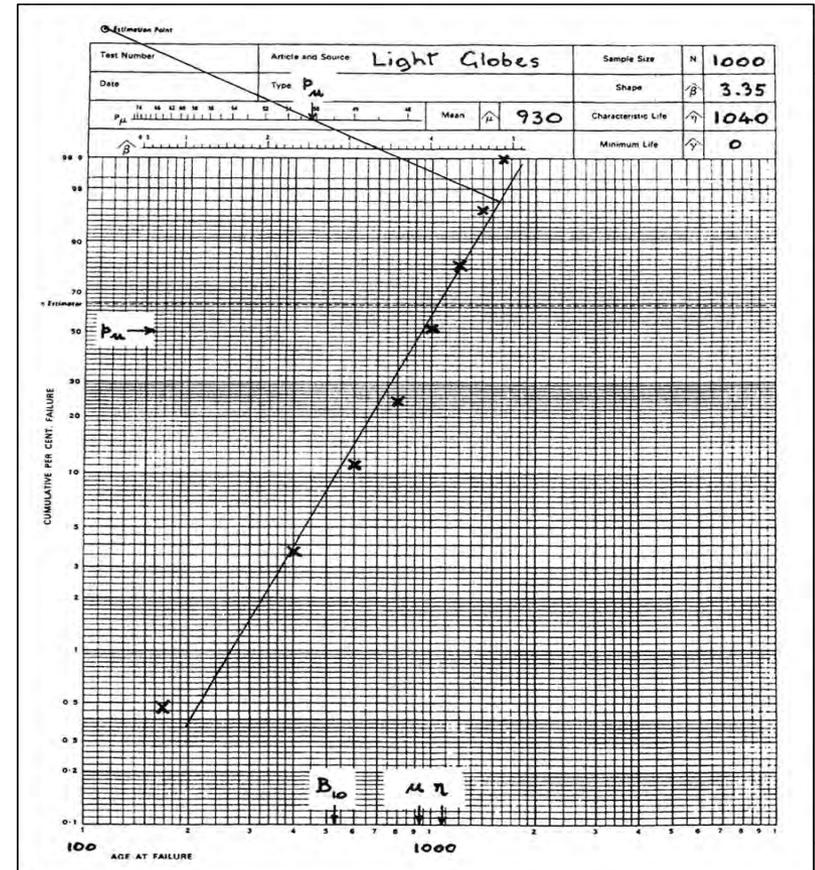


- Notas:
- 1- t = edad del componente al fallar
 - 2- Beta = Parámetro de forma
 - 3- Eta = Parámetro de Escala o Vida Característica
 - 4- $e = 2.718$

Análisis de Weibull

Parámetros de la Función

- **Parámetro de Forma – Beta**
 - Determina el patrón predominante de las fallas.
- **Parámetro de Escala – ETA**
 - Vida Característica
 - Tiempo en que han fallado el 63.2% de la población
- **Vida Mínima - Función Gamma**



Análisis de Weibull

Interpretación del Gráfico

- $\beta < 1$ ----- **Fallas Prematuras**
 - Tasa de falla decreciente
- $\beta = 1$ ----- **Fallas Aleatorias**
 - Tasa de fallas constante
- $\beta > 1$ ----- **Fallas por Desgaste**
 - Tasa de falla creciente

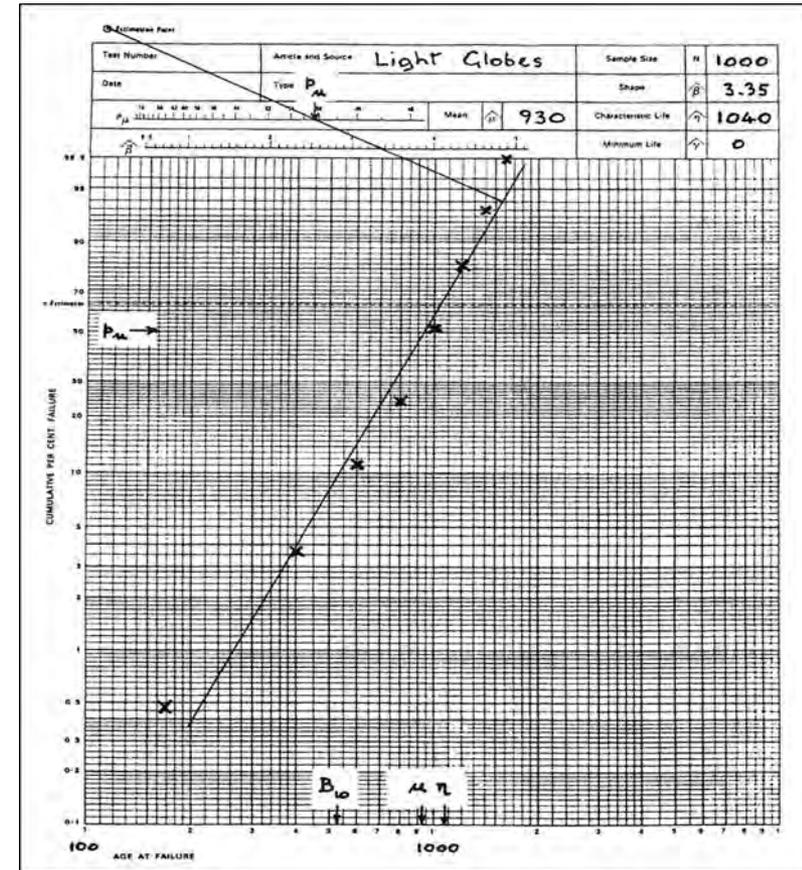


Gráfico de Weibull– Coordenadas X & Y Construcción del Gráfico

X) Edad del componente en falla **Plotting Age**

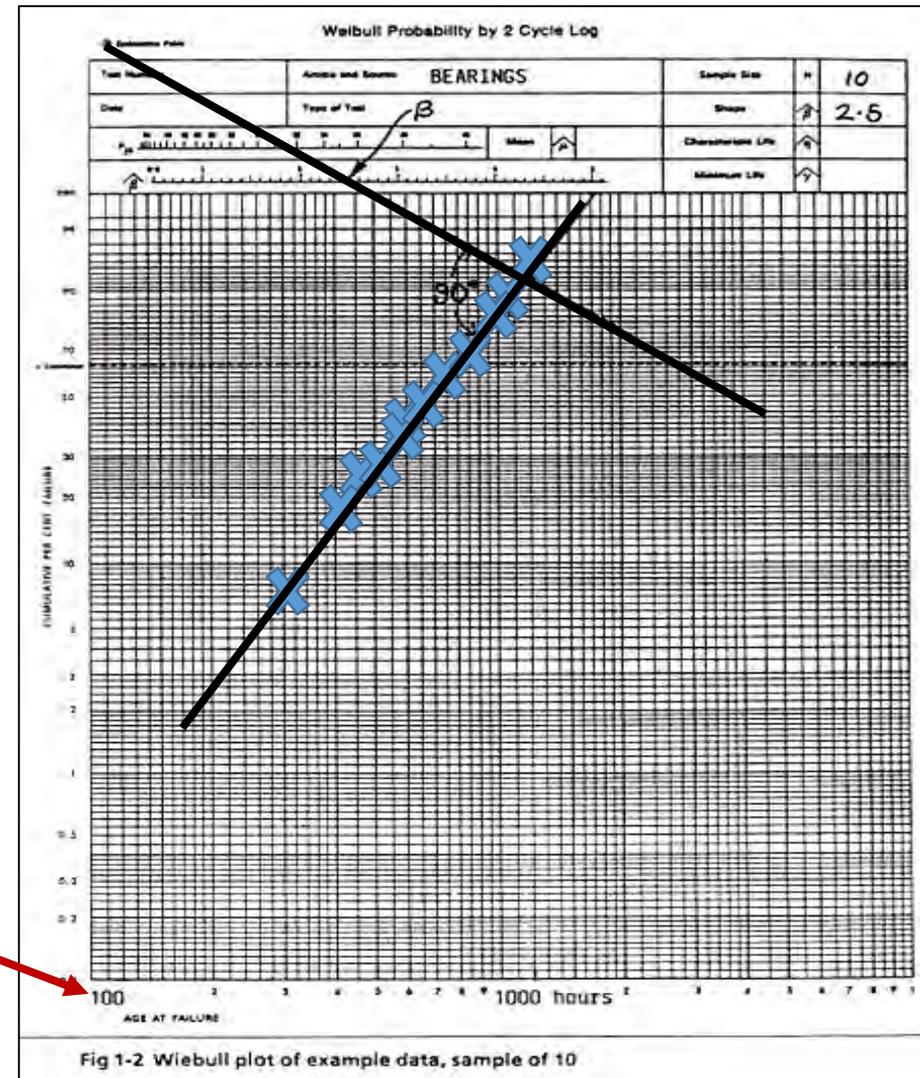
Y) $RM = (i - 0.3) / (N + 0.4)$

11.15

Weibull Analysis

Proceso de Graficado Para $N < 25$

- Ordene los datos por edad y determine el valor de comienzo del eje de X-axis
 - 500, 300, 410, 1050, 600, 1200, 825, 750, 660, 900
 - 300, 410, 500, 600, 660, 750, 825, 900, 1050, 1200
- Determine el valor de RM para cada evento de falla
 - 7, 16, 26, 36, 45, 55, 65, 74, 84, 93%
- Trace los puntos en el Weibull Probabilistic Paper
- Dibuje una línea recta sobre los puntos
- Trace una línea perpendicular a la línea de ajuste del modelo hasta el punto de estimación ubicado fuera del área de la grafica.
- Determine β ,
- Determine η
- Determine μ , L_{10} , $R(t)$, $F(t)$



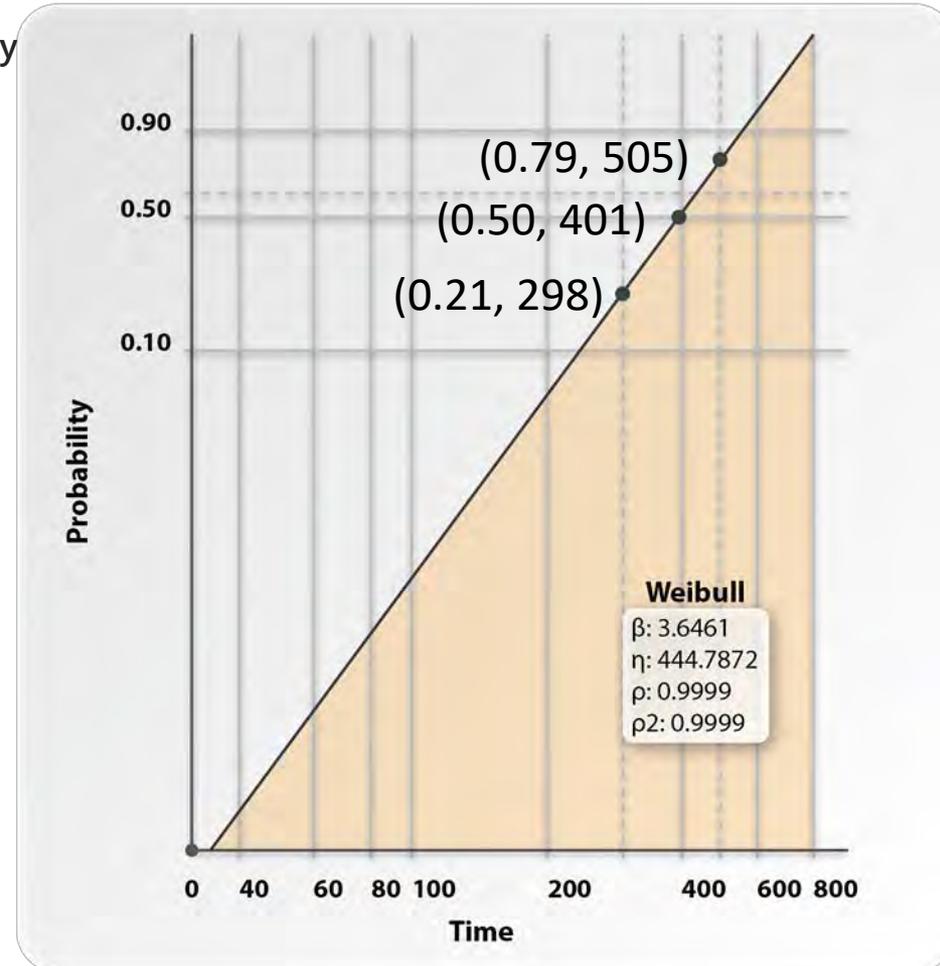
Weibull -Ejercicio de Práctica

El rodamiento del lado de carga de los componentes C1 y C2 ha sido reemplazado por desgaste que produce alta vibración en varias ocasiones

Datos de Fallas:

- 1- 401 horas
- 2- 298 horas
- 3- 505 horas

Trace el grafico de Weibull y determine β , η , L10



Políticas de Gestión de Consecuencias de Fallas Por Análisis de Weibull

- R = Rediseño
- F = Fallar
- C= Condición
- T= Tiempo

β Value	Physics of Failure	Consequence Management Policy	Comments
$\beta < 1$	Premature	R, F	T, C not recommended.
$\beta = 1$	Random	F, R, C	Consider R for High λ . C could be considered.
$1 < \beta < 3$	Random + Wear Out	C	Perfect scenario for C.
$\beta > 3$	Strong Wear Out	T	T is preferred over C.



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO

14
EDICIÓN

Resumen y Conclusiones

Aprender nunca debe cesar....



TOOLBOX
SESIÓN





CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
M É X I C O

Los datos de fallos de las OT son la materia prima de los análisis de confiabilidad.



CONCLUSIONES



- Existen 3 tipos de Disponibilidades A_i , A_a y A_o
- El Análisis de Confiabilidad de Sistemas Supone Tasa de Fallas Constante y mide la confiabilidad mediante el uso de la distribución exponencial.
- El Análisis de Weibull es Aplicado a Modos de Fallas Simples y Ayuda a Entender el Patrón Predominante de Falla y Las Estrategias Compatibles.



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
M É X I C O



¡Gracias Por su Atención!

Jesús R. Sifonte, P.E., BSME, MMRE, CMRP
jsifonte@pdmtechcanada.com

Ahora... ¡A Aplicar lo Aprendido!

