Conciencia Digital

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022

www.concienciadigital.org

Aplicaciones de la distribución de Weibull en el estudio de la fiabilidad

Applications of the Weibull distribution in the study of reliability

[1] César Marcelo Gallegos Londoño https://orcid.org//0000-0002-8685-7501
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica. Riobamba, Ecuador.
cesar.gallegos@espoch.edu.ec

[2] Félix Antonio García Mora https://orcid.org/0000-0001-5814-3694
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica. Riobamba, Ecuador.
felix.garcia@espoch.edu.ec

[3] Fausto Ulpiano Caicedo Benavides https://orcid.org/0000-0001-9289-6286
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Mecánica. Riobamba, Ecuador.
fcaicedo@espoch.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica
Enviado: 08/04/2022
Revisado: 24/05/2022
Aceptado: 15/06/2022
Publicado:05/07/2022
DOI: **https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.2203**

Cítese: Gallegos Londoño, C. M., García Mora, F. A., & Caicedo Benavides, F. U. (2022). Aplicaciones de la distribución de Weibull en el estudio de la fiabilidad. ConcienciaDigital, 5(3), 48-67. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.2203

CONCIENCIA DIGITAL, *e*s una revista multidisciplinar, t**rimestral,** que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. https://concienciadigital.org
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Palabras claves: fiabilidad, probabilidades, distribución de Weibull, parámetro de vida característica, variables aleatorias

Resumen

Introducción: Para resolver mochos problemas en el ámbito de la gestión del mantenimiento u la Confiabilidad en Activos Físicos es resuelta mediante el análisis de datos a través de procesos estadísticos, una de estas aplicaciones es la distribución de Weibull. **Objetivos:** El presente estudio tiene como objetivo citar algunas aplicaciones de la distribución de Weibull y su aplicación en el campo de la fiabilidad. Aplicando la versatilidad de la distribución de Weibull, se presenta el modelo de cálculo de los estimadores de la fiabilidad para equipos reparables y no reparables, para ello utiliza el método de los mínimos cuadrados tomando en cuenta la ecuación bi-paramétrica de Weibull. **Metodología:** Se utilizo una muestra de 119 fallos de cuarenta grupos electrógenos de la misma marca, se describen claramente los pasos para el cálculo de los parámetros de la distribución con el método de los mínimos cuadrados utilizando el software Excel, se graficaron las funciones de densidad de probabilidad, de probabilidad de fallo acumulado, de supervivencia y de la tasa de fallos instantánea, finalmente se ensayaron varios tiempos de ensayo para las demostraciones las estimaciones futuras de la fiabilidad. Como segunda aplicación de despejo el tiempo de la ecuación de la Fiabilidad R(t) con ello se puede obtener para un determinado modo de fallo el tiempo de frecuencia de cambio de un activo reemplazable después de la ocurrencia de un fallo. La tercera aplicación es la determinación del tercer parámetro de la distribución de Weibull con un método gráfico, para ello se tomó una muestra de 130 fallos, se utilizó inicialmente la agrupación de datos mediante los rangos de clase definidos en un historial de frecuencias, luego se seleccionaron valores aleatorios cercanos a la primera falla para probarlos mediante un contraste de datos entre el ultimo datos de cada rango de clase con cada uno de los datos estimados, al graficarlos se determina cuál de ellos se aproxima de mejor manera a una recta. **Resultados:** se obtuvieron tres aplicaciones donde de aplica la distribución de Weibull, utilizando diferentes bases de datos para el análisis de cada caso. **Conclusiones:** La distribución de Weibull es muy adaptable, puede abarcar a otras distribuciones como las distribuciones Exponencial y Normal, además puede trabajar pocos o muchos datos y en base a ella se han desarrollado múltiples aplicaciones en el ámbito de la Fiabilidad

Keywords:
reliability, probabilities, Weibull distributions, characteristic life parameter, random variables

Abstract

Introduction: To solve many problems in the field of maintenance management and Reliability in Physical Assets is solved by analyzing data through statistical processes, one of these applications is the Distribution of Weibull**. Objective:** The present study aims to quote some of the Weibull distribution applications and its use in the field of reliability. Applying the Weibull distribution versatility, the calculation model of the reliability estimators for repairable and non-repairable equipment is presented, therefore the method of least squares is used, considering the Weibull bi-parametric equation. **Methodology:** A sample of 119 failures of forty generator sets of the same mark was used, the steps for calculating the distribution parameters with the method of least squares using Excel software are clearly described, the probability density functions, cumulative failure probability, survival, and instantaneous failure rate were plotted, finally several test times were evaluated to demonstrate future estimates of reliability. As a second application of resolving the time of the Reliability equation R(t) it is possible to obtain for a certain failure mode the change frequency time of a replaceable asset after the occurrence of a failure. The third application is the third parameter of the Weibull distribution determination with a graphical method, for which a sample of 130 failures was taken, data grouping was initially used through the class ranges defined in a frequency history, then random values close to the first fault were selected to test them by contrasting data between the last data of each class range with each of the estimated data, when graphing them, it is determined which of them best approximates a straight line. **Result:** three applications were obtained where the Weibull distribution is applied, different databases were used for the analysis of each case. **Conclusions:** The Weibull distribution is very adaptable, it can cover other distributions such as exponential and normal distributions, it can also work whit little or a lot of data, based on its multiple applications have been developed in the field of Reliability.

Conciencia Digital
ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

Introducción

Muchos problemas de mantenimiento y confiabilidad son situaciones que involucran posibles variables aleatorias como los tiempos operativos entre fallos o los tiempos para reparar, y el modelado de estas situaciones requiere conocimientos de estadística básica. Una distribución de probabilidad es un modelo matemático que asocia los numerosos valores posibles que puede tomar una variable aleatoria con el número de veces que ocurre cada uno de esos posibles valores. Estos modelos le permiten organizar la información sobre las variables que se investigan a partir de registros aleatorios de experimentos u observaciones (Yáñez et al., 2004).

Existen formas típicas para expresar las leyes de la distribución de las variables aleatorias continuas entre ellas (Torres, 2015):

- Función de la densidad de la distribución de fallos
- Función de la distribución acumulada (Infiabilidad F(t))
- Función de la distribución acumulada inversa (Supervivencia R(t))
- Función del riesgo o tasa de fallos instantánea (ʎ(t))

La única distribución función de distribución de probabilidad que se ajustan a los distintos tiempos en la vida de los dispositivos industriales es la distribución de Weibull

Existen formas típicas para expresar las leyes de la distribución de las variables aleatorias continuas entre ellas (Torres, 2015):

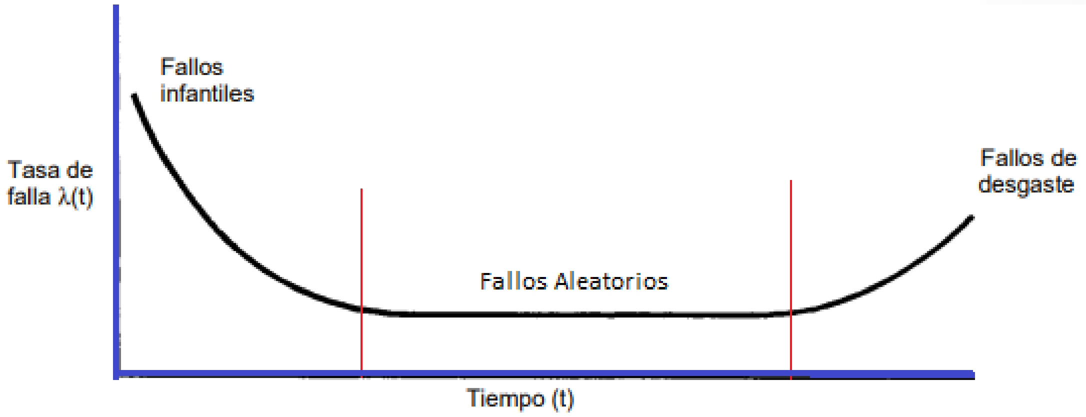
- Función de la densidad de la distribución de fallos
- Función de la distribución acumulada (Infiabilidad F(t))
- Función de la distribución acumulada inversa (Supervivencia R(t))
- Función del riesgo o tasa de fallos instantánea (ʎ(t))

La única distribución función de distribución de probabilidad que se ajustan a los distintos tiempos en la vida de los dispositivos industriales es la distribución de Weibull (Reliability Engineering Resources, 2022), como se puede apreciar en la función del Riesgo o tasa de fallos instantánea figura 1.

Conciencia Digital
ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022

Figura 1

Función del Riesgo



La función de distribución de Weibull es una expresión semi empírica desarrollada por Waloddi Weibull utilizada inicialmente en los estudios de la resistencia y fatiga de los aceros (Kelly & Harris, 1998). En el contexto del estudio de fallos se utiliza para el análisis de los fallos de los dispositivos industriales en las etapas de su vida útil (etapa inicial de montaje y acoplamiento, etapa de funcionamiento y etapa de desgaste).

En el desarrollo de la distribución de Weibull para los estudios de fiabilidad se utilizan las expresiones (Tamborero, 1994):

Función de densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\alpha(\alpha)} \, e^{-\frac{(t-\gamma)^{\beta}}{\alpha}} \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Función de fallos acumulados

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{(t-\gamma)^{\beta}}{\alpha}} \qquad \text{(Ecuación 2)}$$

Función de supervivencia o fiabilidad

$$R(t) = e^{-\frac{(t-\gamma)^{\beta}}{\alpha}} \qquad \text{(Ecuación 3)}$$

Función del riesgo.

$$\Lambda(t) = \frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\alpha(\alpha)} \qquad \text{(Ecuación 4)}$$

La distribución de Weibull depende de tres parámetros, el tiempo de vida garantizada (γ), parámetro de forma (β), parámetro de vida característica (α), su significado en la tabla 1 (Crespo et al., 2004).

Tabla 1

Parámetros de la distribución de Weibull

Parámetro	Descripción
Parámetro de tiempo de vida garantizado	Se considera únicamente en aquellos modelos de desgaste donde los fallos empiezan transcurrido un tiempo alto. La tasa de fallos es cero, se le considera como el inicio de la distribución.
Parámetro de forma	De acuerdo con el valor que tome el parámetro, cambia la forma de las de densidad y tasa de fallos acumulado $\beta < 1$ etapa inicial o rodaje $\beta = 1$ operación normal, fallos aleatorios $\beta > 1$ etapa de desgaste, incremento de la tasa de fallos.
Parámetro de vida característica	Define el intervalo de tiempo donde se espera que la falla tiene una probabilidad del 63.2%

Para el cálculo de los parámetros de la distribución de Weibull existen varios métodos entre ellos (Minitab, 2022):

- Mínimos cuadrados
- Máxima verosimilitud
- Estimación de momentos
- Estimaciones lineales

Para el cálculo con el método de los mínimos cuadrados el primer paso es recolectar los datos de los tiempos operativos entre fallos y ordenarlos de menor a mayor independientemente del tiempo de ocurrencia.

El siguiente paso es calcular el rango de las medianas ocupando estimadores matemáticos como el de Bernard (Crespo et al., 2004). Según el tamaño de la muestra se pueden utilizar diferentes expresiones:

- Menor o igual a 20 datos

$$F''(t) = \frac{i+0.3}{N+0.4} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

- Mayor de 20 y menor de 50 datos

$$F''(t) = \frac{i}{N+1} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

- Mayor o igual a 50 datos

$$F''(t) = \frac{i}{N} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

i = número de orden consecutivo

N = tamaño de la muestra

F” (t) = Rango de las medianas

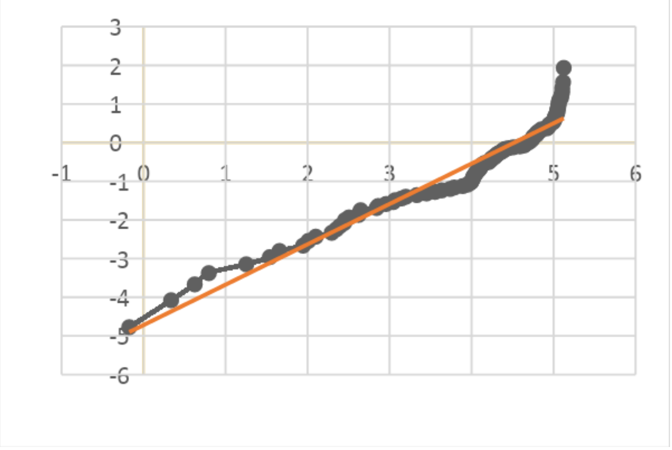
Para obtener las coordenadas de la reta de linealización Figura 2 se deben utilizar las siguientesexpresiones (Daniels, 2022):

$y = \ln(\ln(1 - \frac{1}{1-F''(t)}))$ (Ecuación 8)

x = ln (t-γ) (Ecuación 9)

Figura 2

Linealización



Donde:

F” (t) = representa el rango de las medianas= tiempos operativos entre fallos

γ = Parámetro de vida característica.

El parámetro β (escala) es la pendiente de la recta de linealización y el parámetro α (vida característica) se lo puede despejar de la expresión (Daniels, 2022):

$C = \beta \ln\alpha$ (Ecuación 10)

$\alpha = e^{-C/\beta}$ (Ecuación 11)

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

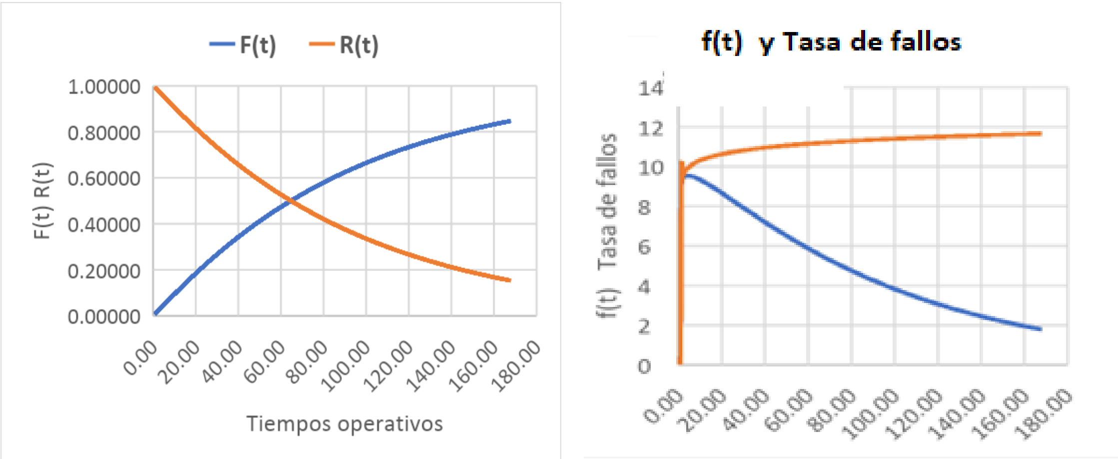
Donde:

C = Intersección de la recta en el eje y

Con los parámetros calculados se pueden graficar las funciones de densidad f(t), la acumulada F(t), la de supervivencia R(t) y la del riego ʎ(t), figura 3.

Figura 3

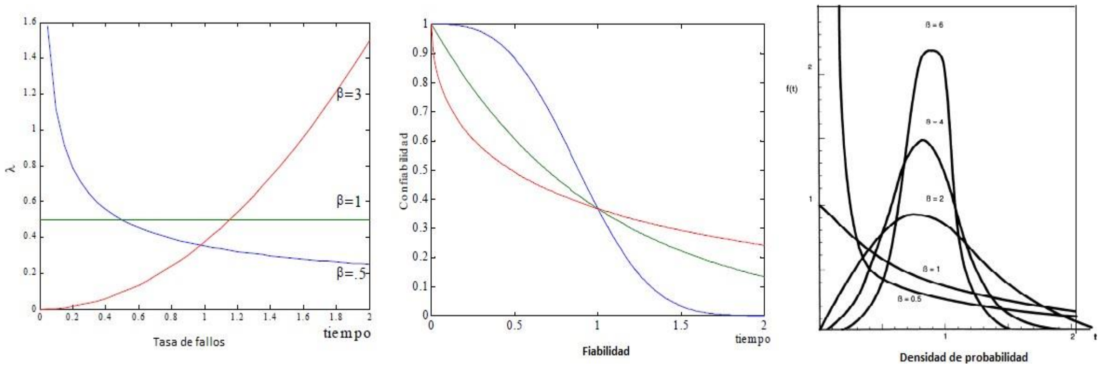
Curvas Fiabilidad, Infiabilidad, Densidad y Riesgo



Entre las ventajas que ofrece el modelo de Weibull es su gran adaptabilidad para asemejarse aotros modelos como las distribuciones normal y exponencial y puede trabajar con muestras de datos pequeñas. Existen varias versiones del modelo encontrándose modelos de 2 parámetros,tres parámetros incluso de 5 parámetros. Es muy utilizada en toda clase de resultados experimentales por los ajustes de sus parámetros (Torres, 2015), y es muy utilizada en análisis de fiabilidad de sistemas mecánicos con tendencia al desgaste por su uso (Pascual, 2008). En la figura 4 se puede apreciar el comportamiento de la tasa de fallos instantánea, la fiabilidad, la función de la densidad para varios palores que puede tomar el parámetro de forma β.

Figura 4

Curvas de la fiabilidad, densidad y tasa de fallos para varios valores de β



Si se parte de la expresión de la fiabilidad (ecuación 3), se puede analizar que para cualquier valor del tiempo t se tiene una estimación de la Fiabilidad, si trabajamos recíprocamente podría obtener la duración de la vida nominal d un elemento, en función de asumir un nivel de Fiabilidad desead

$$R(t) = e^{-\frac{(t-\gamma)^{\beta}}{\alpha}}$$

$$\mathrm{Ln}\ R(t) = -\left[\frac{t-\gamma}{\alpha}\right]^{\beta}$$

$$\mathrm{Ln}\frac{1}{R(t)} = \left[\frac{t-\gamma}{\alpha}\right]^{\beta}$$

$$\mathrm{Ln}\left[\frac{1}{R(t)}\right]^{1/\beta} = \frac{t-\gamma}{\alpha}$$

Se despeja el tiempo de la ecuación de la fiabilidad obteniendo:

$$t = \gamma+\alpha\ \mathrm{Ln}\left[\frac{1}{R(t)}\right]^{1/\beta} \qquad \text{(Ecuación 12)}$$

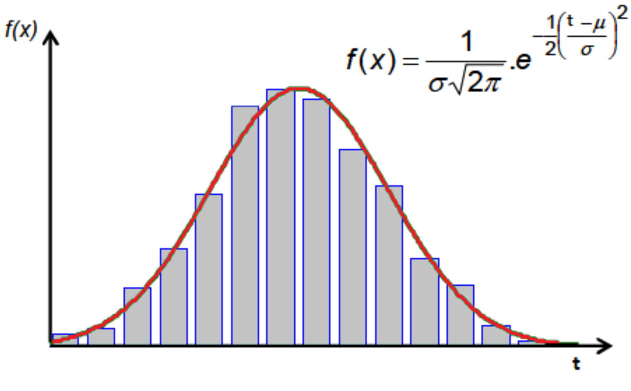
Por ejemplo, si asumimos una fiabilidad del 95% y calculados los parámetros de la distribución, obtendríamos la duración de la vida estimada:

$$t = \gamma+\alpha\ [0.0513]^{1/\beta}$$

Cuando el grupo de datos de una muestra de una variable aleatoria es representativo pueden agruparse para notar como están distribuidos, verificar su dispersión, la mayor probabilidad de ocurrencia, etc. (ver figura 5), (Kelly & Harris, 1998).

Figura 5

Histograma, distribuciones de probabilidad



ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022

Los pasos para seguir son:

- Determinar la amplitud, valor máximo menos mínimo.
- Determinar el número y el ancho de los intervalos.

Para estas definiciones se utiliza la fórmula de Sturges:

K = [1+3.3*log10 n] (Ecuación 13)

El índice de correlación lineal es un valor numérico de que tan fuerte es la relación entre dos

variables con datos cuantitativos, este valor puede ser calculado con la función

Pearson. Su cálculo se presenta en la ecuación 14, (Triola, 2009).

$$R = \frac{n\,(\sum xy)-(\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n\left(\sum x^2\right)-(\sum x)^2}\ \sqrt{n\left(\sum y^2\right)-(\sum y)^2}}$$ (Ecuación 14)

Donde:

n Número de pares de datos
x Valores de la coordenada x
y Valores de coordenadas y
R Índice de correlación de los datos

Metodología

Se trata de identificar tres aplicaciones de la distribución de Weibull en técnicas del mantenimiento industrial:

1. Cálculo de la fiabilidad basada en ensayos probabilísticos
2. Estimaciones de los tiempos de reemplazo de componentes en función de la Fiabilidad que se pretende alcanzar
3. Estimaciones para el cálculo del parámetro de vida característico para determinar deltiempo de garantía de un producto.

Para las estimaciones de la fiabilidad en ensayos probabilísticos para la distribución bi-paramétrica de Weibull se deben seguir los siguientes pasos con el método de los mínimos cuadrados.

1. Recolección de los tiempos operativos hasta el fallo en activos industriales
2. Se deben ordenar los tiempos operativos hasta el fallo desde el tiempo más bajo

Conciencia Digital
ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

hasta el más alto.

3. Se calcularán los rangos de las medianas según las ecuaciones 5,6 o 7 de acuerdo con el número de datos para el análisis
4. Se calculas las coordenadas de linealización, ecuaciones 8 y 9.
5. Con la recta de linealización definida se verifica la pendiente del ángulo que es el parámetro de forma β. También se define el intercepto que es el punto donde se corta la linealización con el eje de coordenadas Y, en Excel se puede utilizar la función, *PENDIENTE* (de la serie de datos) para determinar el parámetro β y la función *INTERSECCIÓN***.***EJE***,** para determinar el intercepto. Para definir el parámetro α se utiliza la Ecuación 11.
6. Con los parámetros calculados se pueden generar las funciones: de la densidad de probabilidad, La función de fallos acumulado, la función de la Fiabilidad (Supervivencia)y la función de la tasa de fallos (riesgo). En Excel de puede utilizar las expresiones de la tabla 2.

Tabla 2

Funciones para las distribuciones aplicando Microsoft Excel

Función	Expresión en Excel
Función de la densidad de probabilidad f(t)	DISTR.WEIBULL(x; beta: alfa: falso)
Función de densidad acumulada F(t)	DISTR.WEIBULL(x; beta; alfa; Verdadero)
Función de la Fiabilidad	R(t) = 1 – F(t) no existe función en Exel
Función de la tasa de fallos instantánea	ʎ(t) = f(t) / R(t) no existe en Excel

Si se desea estimar el tiempo de remplazo de un componente sometido a desgaste se debe seguir los pasos:

1. Estimar los parámetros de la distribución de Weibull.
2. Ingresar los valores de los parámetros y la estimación la fiabilidad a alcanzar en la ecuación 12.
3. Finalmente se obtiene el tiempo de reemplazo del componente.

Para las estimaciones para el cálculo del parámetro de vida garantizado o garantía de un producto de puede seguir el siguiente método:

1. Recolección de los tiempos operativos hasta el fallo en activos industriales.
2. Estudiar los datos y aplicar censuras a los mismos.
3. Cuantificar el número de datos válidos.
4. Determinar el rango de datos (valor máximo menos el valor mínimo).
5. Determinar el número de intervalos de clase y el ancho del intervalo.

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022

6. Identificar los intervalos de clase en función del número de fallos y ordenarlos de menor a mayor.
7. Determinar el número acumulado de fallos.
8. Estimar varios valores los cuales deben ser cercanos al tiempo mínimo hasta el fallo.
9. Calcular los valores en cada intervalo (Valor inicial más ancho del intervalo), proceso para cada valor estimado.
10. Graficar los valores acumulados de fallo en función de los datos estimados, y determinar la mejor aproximación a una recta utilizando el coeficiente de determinación.
11. La mejor aproximación identificará el valor del tiempo mínimo de garantía.

Resultados

La primera aplicación para la distribución de Weibull es el análisis probabilístico de la fiabilidad, para el ejemplo se recolectaron 119 datos de tiempos de operación hasta el fallo de 81 Grupos Electrógenos el tiempo destinado para recolección de los datos son 40 semanas

El cálculo de la fiabilidad probabilística se desarrolla a continuación y empieza con la recolección de los tiempos operativos hasta el fallo ver tabla 3.

Tabla 3

Tiempos operativos hasta el fallo ordenados de menor a mayor

Número de Fallos	Fallos acumulados (semanas)
1	0,833
2	1,512
3	1,901
4	2,42
5	3,61
**	**
**	**
116	159,10
117	164,85
118	176,72
119	188,00

Luego debe calcularse el rango de las medianas y coordenadas de linealización, ver la tabla 4 y la figura 6.

Conciencia Digital
ISSN: 2600-5859
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

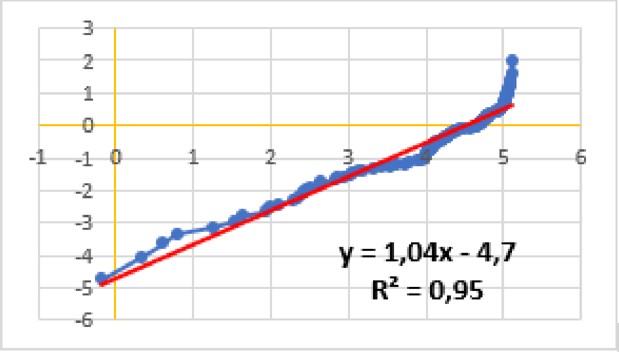
Tabla 4

Cálculo de las coordenadas de linealización (muestra de datos)

			X	Y
Orden	Tiempos de operación	Rango de las medianas	ln (t)	ln (ln (1-1/Rango Mediana
1	0,883	0,0086	-0,175	-4,781
2	1,512	0,0172	0,3363	-4,076
3	1,901	0,0251	0,6322	-3,683
4	2,420	0,0341	0,7832	-3,352
5	3,610	0,0423	1,2601	-3,1483
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
117	159,10	0,9601	5,1056	1,4003
118	164,85	0,9916	5,1200	1,5653
119	176.72	0,9988	5,1305	1,9377

Figura 6

Recta de linealización Coordenada x, y



El parámetro de forma β es la pendiente de la recta de linealización (En Excel función *Pendiente*), la parte numérica representa al intercepto C (En Excel la función *Intersección.eje*), el parámetro α con la ecuación 11, ver tabla 5.

Tabla 5

Parámetros de la distribución de Weibull

Parámetros	
Intercepto	-4,71
β	1,04
α	91,9

Fuente: Los autores
Elaborado por: Los autores

Conciencia Digital
ISSN: 2600-5859
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

Con los parámetros calculados se grafican las curvas de densidad de probabilidad f(t), la probabilidad de fallo acumulado F(t), de supervivencia R(t) y del riesgo ʎ(t), utilizando las ecuaciones 1,2,3 y 4. Ver figuras 7 y 8.

Figura 7

Curvas de la supervivencia y fallo acumulado

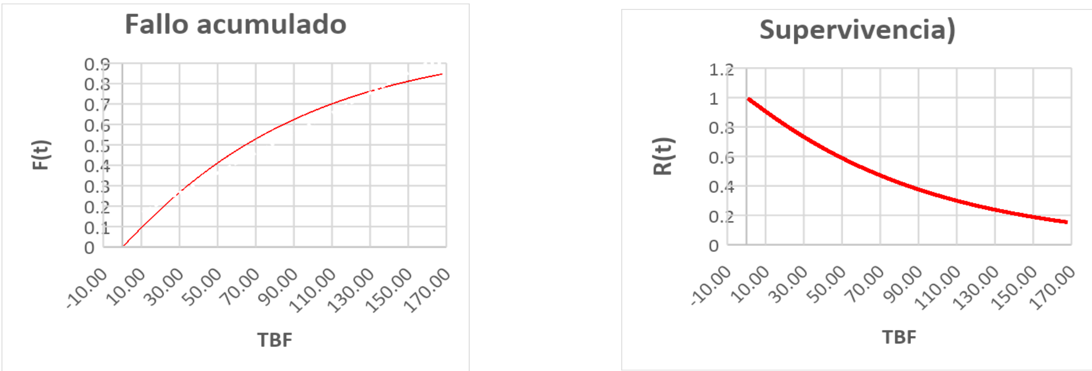
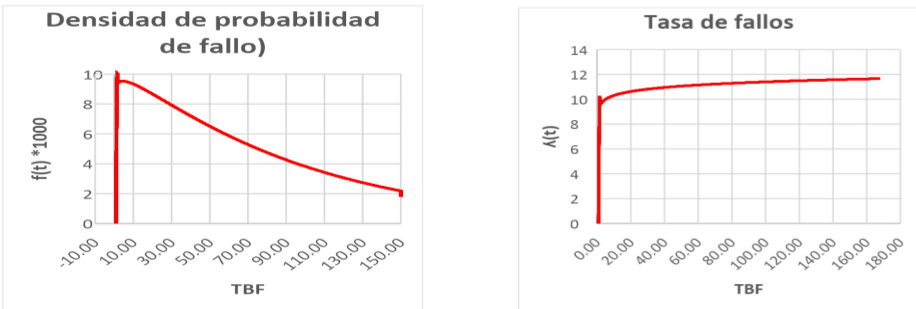


Figura 8

Curvas de la densidad de probabilidad y tasa de fallo instantáneo



Con este desarrollo se puede estimar en un período de tiempo determinado las probabilidades:

- La probabilidad que un equipo sobreviva después de un tiempo determinado R(t)
- La probabilidad que un equipo falle después de un tiempo determinado F(t)
- La probabilidad que un equipo falle después de un tiempo si no ha fallado hasta el instante actual ʎ(t).
- La distribución de los datos de fallo y su tendencia f(t).

La pendiente de la recta de linealización se próxima a uno, lo que implica que la mayoría de los activos no están en una zona de desgaste (si el parámetro de forma β está en un rango de 1 a 3 implica que los fallos se producen aleatoriamente).

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022

Algunas estimaciones para varios tiempos de ensayo de presentan en la tabla 6.

Tabla 6

Cálculo de la Fiabilidad e Infiabilidad para varios tiempos de ensayo

t	F(t)	R(t)	ʎ(t)
50	41%	59%	11,1
100	67%	34%	11,4
150	81%	19%	11,6
200	99%	1%	11,8

En los resultados obtenidos se puede apreciar las probabilidades de supervivencia y de fallo para diferentes tiempos de ensayo en semanas, además se confirma una tendencia de la tasa de fallos constante. Ver figura 9.

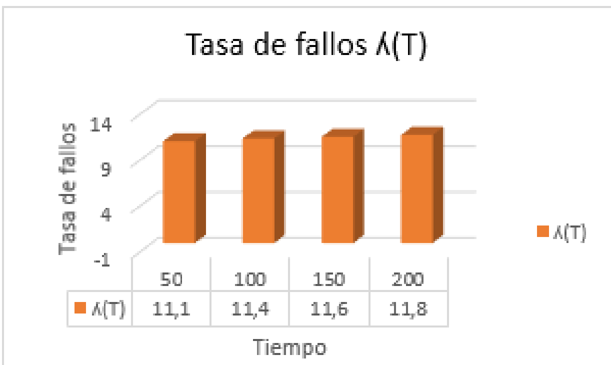
Figura 9

Variación de la fiabilidad e Infiabilidad para varios tiempos de ensayo

Para el análisis de la tasa de fallas esta permanece prácticamente constante para los tiempos de ensayo, lo que corrobora que el activo se encuentra en la zona de operación normal sin prestarse desgastes importantes, ver figura 10.

Figura 10

Gráfico variación de la tasa de fallos para varios tiempos de ensayo



ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

La segunda aplicación de la distribución de Weibull para un es estimar el tiempo de reemplazo de un componente con la ecuación 12:

$$t = \gamma + \alpha \ Ln \ [\frac{1}{R(t)}]^{1/\beta}$$

Tomando el α = 91,88 y el β =1.043, calculados en sección anterior y estimando una Fiabilidad del 95% para un determinado modo de fallo se obtiene:

$$t = 0 + 91.99 \ Ln \ [\frac{1}{0.95}]^{1/1.043}$$

t = tiempo estimado de reemplazo del componente = 5 semanas

Una tercera aplicación para la distribución de Weibull es el cálculo del parámetro de vida garantizado γ para el análisis se tomó un total de 130 registros de tiempos hasta el fallo donde:

El Valor Máximo = 3000 hEl Valor mínimo = 300 h

El Rango = Vmax - Vmin = 2700 h, Número de datos 130

Para el número de intervalos de clase se utiliza la fórmula de Sturges:

$K = [1+3.3*\log_{10} n]$

$K = [1+3.3*\log_{10} 130]$

K = 6,41 se aproxima a 6

Para definir el ancho de cada intervalo se divide el rango para el número de intervalos K

Ancho del intervalo = 2700 / 6 = 450 h con esto podemos definir el rango de los intervalos de clase para luego localizar el número de fallos en cada rango y finalmente hallar el número acumulado de fallos. Ver tabla 7.

Tabla 7

Rango de intervalos de clase, número de fallos

Rango de Clase		# de Fallas	Fallas acumuladas
300	750	7	7
750	1200	14	21
1200	1650	15	46
1650	2100	41	87
2100	2550	23	110
2550	3000	20	130

Conciencia Digital
ISSN: 2600-5859
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022
www.concienciadigital.org

Luego se define varios valores de prueba los cuales deben ser cercanos pero inferiores al tiempo de la primera falla en el caso de estudio 300 h, los valores seleccionados serán 300 h; 450 h; 500 h; 600 h. A estos valores se les considera en valor mínimo del ancho de intervalos de clase y se completa el resto de los intervalos con el valor del ancho calculado inicialmente (450). Ver tabla 8.

Tabla 8

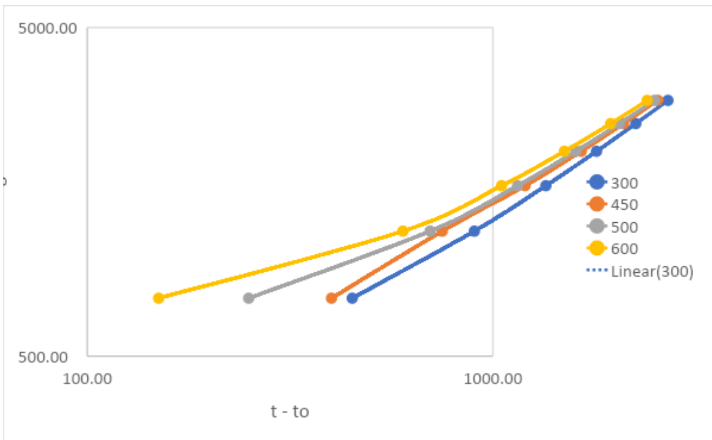
Intervalos de estudio (valores asumidos)

Rango de clase		# de Fallos	Fallas Acumuladas	Valores asumidos t-to			
				300h	450h	500h	600h
300	750	7	7	450	400	250	150
750	1200	14	21	900	750	700	600
1200	1650	15	46	1350	1200	1150	1050
1650	2100	41	87	1800	1650	1600	1500
2100	2550	23	110	2250	2100	2050	1950
2550	3000	20	130	2700	2550	2500	2400

Luego se grafica los rangos de clase de cada valor asumido versus los valores de fallas estimados t – t0, se gráfica y la mejor tendencia lineal es el valor seleccionado, ver figura 11.

Figura 11

Gráfico de tendencia lineal para determinar el mejor valor del parámetro γ



Como se puede apreciar en el gráfico la mejor tendencia lineal corresponde al valor de 300 h, definido como el tiempo de garantía.

Conciencia Digital

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022

www.concienciadigital.org

Conclusiones

- La distribución de Weibull tiene gran adaptabilidad por que puede absorber las características de otras distribuciones no las distribuciones Normal y Exponencial además puede trabajar con pocos datos, se recomienda por lo menos 5.
- Las estimaciones de la fiabilidad probabilística mostrada en el estudio son muy utilizadas en la predicción de activos no reparables, se le puede usar en activos reparables cuando después de la reparación el activo queda en las mejores condiciones, como si fuese nuevo, o en activos con pocos componentes principales los cuales son reemplazados después del fallo. La utilización del método de mínimos cuadrados es recomendada cuando se aplica en software como el Excel.
- Las estimaciones de los parámetros de la distribución de Weibull proporcionan información valiosa, el parámetro de forma β nos indica en que etapa de vida se encuentra un activo, en valores hasta 1 se considera vida infantil, de 1 a 3 es el período normal de utilización caracterizado por una tasa de fallos constante y finalmente con un β superior a 3 es la etapa de envejecimiento.
- Siempre que se analice hay que tener en cuenta la censura de datos, los valores atípicos se los puede discriminar fácilmente con una observación de estos, otra opción es utilizarlos intervalos de confianza en uno o en los dos lados de la distribución.
- Es más conveniente para el análisis de los datos diferenciarlos por modo de fallo, se obtiene un estudio más específico y de mejor valía para la toma de decisiones.
- El parámetro de ubicación ubica las distribuciones a lo largo del eje de las abscisas, se mueve la distribución a la derecha si el parámetro γ es mayor a cero y si es menor allado izquierdo. Generalmente el parámetro es menor que el primer tiempo de fallo, proporciona el tiempo más próximo en el que se puede presentar una falla.

Referencias bibliográficas

Crespo, A., Moreu, P., & Sánchez, A. (Eds.). (2004). *Ingeniería de mantenimiento*. Aenor.

Daniels. (28 de mayo 2022). *Reliabilityweb.com*. https://reliabilityweb.com/

Kelly, A., & Harris, M. J. (Eds.). (1998). *Gestión del mantenimiento industrial*. Fundación Repsol.

Minitab. (2022, 28 de mayo). Soporte de Minitab Estadística. https://support.minitab.com/es

Pascual, R. (Eds.). (2008). El arte de mantener. U. de Chile.

Reliability Engineerring Resources. (26 de junio 2022). Weibull. https://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm

Tamborero, J. (Eds.). (1994). NTP 331. Fiabilidad: La distribución de Weibull. Instituto de seguridad de higiene en el trabajo.

Torres, L. (Eds.). (2015). Gestión integral de activos físicos y mantenimiento. Alfa-Omega.

Triola, M. (Eds.). (2009). Estadística. Person.

Yáñez, M., Gómez, H., & Valbuena, G. (Eds.). (2004). Ingeniería de la confiabilidad y análisis estadístico del riesgo. Reliability and Risk Management, S. A.

ISSN: **2600-5859**
Vol. 5 No 3, pp. 48 – 67 , julio-septiembre 2022