

**Análisis de los Índices de Fiabilidad del Desalador de Crudo  
(Separador Bifásico) V-320 del Bloque 12 PETROECUADOR  
con Base en la Distribución de Weibull**

**Analysis of the Reliability Indices of the Crude Desalter (Two-  
Phase Separator) V-320 at Block 12 PETROECUADOR Based on  
the Weibull Distribution**

**Mónica Alexandra Carrión-Cevallos<sup>1</sup>**  
Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros - Ecuador  
moncevallos@yahoo.es

**Mario Estuardo Panchez-Gualli<sup>2</sup>**  
PetroEcuador - Ecuador  
mario\_panchez16@yahoo.com

**Javier Edmundo Jaramillo-Ortega<sup>3</sup>**  
Instituto Tecnológico Superior Carlos Cisneros - Ecuador  
javier.jaramillo@istcarloscisneros.edu.ec

**[doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2235](https://doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2235)**

V9-N3 (may-jun) 2024, pp 906-914 | Recibido: 25 de noviembre del 2023 - Aceptado: 09 de abril del 2024 (2 ronda rev.)

---

1 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0928-1307>

2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5712-6577>

3 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2916-858>

### Cómo citar este artículo en norma APA:

Carrión-Cevallos, M., Panchez-Gualli, M., Jaramillo-Ortega, J., (2024). Análisis de los Índices de Fiabilidad del Desalador de Crudo (Separador Bifásico) V-320 del Bloque 12 PETROECUADOR con Base en la Distribución de Weibull. 593 Digital Publisher CEIT, 9(3), 906-914, <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2235>

Descargar para Mendeley y Zotero

## RESUMEN

El mantenimiento y conservación de los equipos petroleros en el Ecuador es de gran importancia para su óptimo funcionamiento, el avance tecnológico e incremento de la complejidad de los sistemas técnicos hacen que se busque otras estrategias de mantenimiento que permita predecir el comportamiento de las máquinas, por este motivo, el presente trabajo tiene como objetivo determinar los índices de Fiabilidad del Separador Bifásico (Desalador de crudo) V-320 del bloque 12 Petroecuador con base a la Distribución de Weibull. La metodología utilizada fue un análisis de los tiempos de paro por fallo del equipo a partir de su bitácora. Desde el año 2010 hasta el año 2023 existe 21 datos de mantenimientos correctivos, de los cuales se toma el tiempo de buen funcionamiento para el análisis, todos los datos fueron utilizados para este estudio, los que son linealizados en la hoja logarítmica de Weibull para determinar dos parámetros:  $\alpha$  (parámetro de vida característica) y  $\beta$  (parámetro de escala o de forma), parámetros de la distribución de Weibull. El cálculo de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  nos dio como resultado 5588 h y 1,29 respectivamente, que nos permiten predecir la probabilidad de buen funcionamiento (Fiabilidad) o mal funcionamiento (Infiabilidad) en un tiempo determinado, que puede variar de acuerdo a las necesidades de planificación del mantenimiento del equipo. Se concluye que el análisis de Weibull es una herramienta de mantenimiento predictivo aplicado para estimar la probabilidad a partir de datos que han sido medidos.

**Palabras claves:** fiabilidad, distribución de Weibull, parámetro de forma, parámetro de vida característica, separador bifásico.

## ABSTRACT

The maintenance and conservation of oil equipment in Ecuador is of great importance for its optimal operation. Technological advancements and the increasing complexity of technical systems have led to the search for alternative maintenance strategies that allow predicting the behavior of machines. For this reason, the present study aims to determine the Reliability Indices of the Two-Phase Separator (Crude Desalter) V-320 of Block 12 Petro Ecuador based on the Weibull Distribution. The methodology used was an analysis of equipment downtime due to failure based on its logbook. From 2010 to 2023, there were 21 corrective maintenance data points, from which the time of proper operation was extracted for analysis. All data points were used for this study, and they were linearized on the Weibull logarithmic sheet to determine two parameters:  $\alpha$  (characteristic life parameter) and  $\beta$  (scale or shape parameter), which are parameters of the Weibull distribution. The calculation of the  $\alpha$  and  $\beta$  parameters resulted in 5588 h and 1.29, respectively, allowing us to predict the probability of proper operation (reliability) or malfunction (unreliability) over a specific period, which can vary according to the equipment maintenance planning needs. It is concluded that the Weibull analysis is a predictive maintenance tool applied to estimate the probability based on measured data.

**Keywords:** reliability, Weibull distribution, shape parameter, scale parameter, biphasic separator.

## Introducción

La producción de petróleo en el Ecuador es de vital importancia para su crecimiento socio-económico. (Cepeda Chacaguasay, 2016, p. 2), por lo tanto, es crucial mantener en óptimas condiciones el proceso productivo y cada uno de los equipos que lo conforman para garantizar su disponibilidad inmediata y funcionamiento continuo, lo que se consigue aplicando mejoras en la gestión del mantenimiento. (Paredes, 2020).

Uno de los primeros procesos que cumple la refinación del petróleo es la limpieza del crudo, porque cuando se lo extrae del interior de la tierra, este forma una mezcla de agua, gas, petróleo, e impurezas sólidas, que con el uso de tanques presurizados denominados separadores, se logra dividir los elementos componentes (Astudillo, 2011, p. 38).

Cuando el petróleo crudo es sometido a procesamiento en las refinerías, la presencia de sales puede ocasionar diversos problemas operativos. Estos problemas incluyen la disminución del flujo, obstrucciones, reducción en la transferencia de calor en los intercambiadores y bloqueos en los platos de las columnas de destilación fraccionada. Además, la salmuera es altamente corrosiva y puede contener compuestos metálicos que pueden afectar negativamente a los costosos catalizadores. Por lo tanto, es común que las refinerías lleven a cabo un proceso de desalinización del crudo. (Orejuela, 2023, p. 13)

El desalador V-320 del bloque 12 Petroecuador que es motivo de este estudio, aprovecha las propiedades eléctricas de las sales disueltas en el agua mezclada con el crudo, mayormente en forma de gotas suspendidas en él, la mezcla de crudo y agua fluye a través de tuberías rodeadas de electrodos en forma de placas. Estas placas están sometidas a un alto potencial iónico que genera un campo eléctrico intenso entre ellas. Como resultado, las sales presentes en el agua se cargan electrostáticamente, algunas de forma positiva y otras negativas, lo que causa que se muevan y colisionen con otras gotas. Este proceso aumenta el tamaño, densidad y

viscosidad de las gotas, haciendo que las sales se separen y se depositen en el fondo del desalador, quedando separadas del crudo. (Krentzien, 2006, p. 25).

Esta investigación considera al desalador un equipo muy importante en el proceso de la refinación del crudo, la conservación del desalador en óptimas condiciones significa una planificación del mantenimiento adecuada que permita conocer el estado actual y proyectarse al estado futuro, para minimizar la ocurrencia de fallas a lo largo de su vida útil. (Mayorga Ayora & Quishpe Gaibor, 2019, p. 2). Existe 3 tipos de mantenimiento de uso industrial a nivel local, nacional y mundial que son: correctivo, preventivo y predictivo. (Pérez Rondón, 2021, p. 37).

El mantenimiento predictivo permite conocer las condiciones actuales y/o futuras del equipo cuando se encuentra en operación, con el uso de modelos matemáticos y estadísticos que permiten anticiparse o predecir el comportamiento del mismo, normalmente es más costoso que los otros tipos de mantenimiento, por los equipos, instrumentos y recursos necesarios para su aplicación. (Paredes, 2020, p. 8).

El análisis de los índices de Fiabilidad con aplicación de Distribución de Weibull recae en el grupo de mantenimiento predictivo. La función de distribución de Weibull es realmente interesante por su versatilidad y aplicabilidad en diversas áreas, especialmente en el análisis de confiabilidad y vida útil de productos. (*Aplicaciones de la Distribución Weibull en ingeniería de la confiabilidad*, s. f., p. 150). Su capacidad para modelar diferentes situaciones y su relación con otras distribuciones la convierten en una herramienta poderosa en estadística y calidad.

La fiabilidad es la probabilidad de buen funcionamiento en un tiempo determinado y bajo ciertas condiciones (Sols, 2000, p. 65)

Determinar los índices de Fiabilidad y analizarlos es de vital importancia para la toma de decisiones relacionados al tiempo en que el

desalador de crudo va a presentar fallos ( $F(t)$ ), lo que permite anticiparse al daño, evitar paradas imprevistas y pérdidas económicas innecesarias.

La distribución de Weibull es una distribución de probabilidad continua utilizada en estadística para modelar tiempos de vida, duraciones o cualquier variable positiva que pueda describirse por una función de densidad de probabilidad decreciente o creciente. (Londoño et al., 2022) 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 utilizó 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  $R(t)$

Para el cálculo de los parámetros de la función Weibull ( $\beta$  llamado el parámetro de forma y  $\alpha$  corresponde al parámetro de vida característica) el método de mínimos cuadrados es una técnica común y efectiva en análisis de datos, en este estudio se realizará una linealización logarítmica con el uso de un programador conocido Python. (Castaño Reyes & Monroy Osorio, 2011, p. 19) son a menudo permeadas por la visión empírica que posee el estamento encargado de las labores de mantenimiento, dando paso a prácticas deficientes que conllevan

a la disminución del ciclo útil de las máquinas. Se hace necesario considerar las características principales y la forma en la cual los equipos están desarrollando sus funciones, debido a que el conocimiento o desconocimiento de estos elementos puede llevar a la correcta y clara anticipación ante posibles fallas, que en forma gradual fomenten un desgaste y un daño irreparable en las máquinas. Lo cual hace necesario implementar planes de conservación para los datos que contienen la información de fallas en los equipos, específicamente los tiempos en los cuales se presentaron y así a partir de estos registros entrar a analizar de manera precisa la confiabilidad que poseen los equipos, especialmente el tiempo en el cual entraría a fallar, sin la obligación de orientarse respecto a la visión experimental del organismo encargado de las funciones de mantenimiento en la empresa. A partir de bases de datos generadas aleatoriamente, así como registros históricos en los cuales se consideran los tiempos de falla de ciertos equipos, se desarrolla e implementa un entorno programado para el análisis de confiabilidad con base en la distribución Weibull biparamétrica, otorgando de este modo suficientes herramientas que permitan considerar planes de mantenimiento predictivo al grupo encargado de esta labor.

Para iniciar el proceso de cálculo mediante el método de mínimos cuadrados, el primer paso implica la recolección de los datos que representan los tiempos operativos entre fallos, los cuales deben ser ordenados de manera ascendente, sin considerar el momento en que ocurrieron. Posteriormente, se procede a calcular el rango de las medianas utilizando herramientas matemáticas como el estimador propuesto por Bernard. La elección de la expresión a utilizar para este cálculo puede variar dependiendo del tamaño de la muestra (Londoño et al., 2022) 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)

≤ 20 datos:

$$F'(t) = \frac{i+0,3}{N+0,4} \quad (1)$$

< 20 y < 5 datos

$$F'(t) = \frac{i}{N+0,4} \quad (2)$$

≥ 50 datos

$$F'(t) = \frac{i}{N} \quad (3)$$

Donde:

i= número de orden consecutivo

N= tamaño de la muestra

F'(t)= Valores acumulados de fallo

Parámetro de forma (β): Determina la forma de la distribución. Cuando β=1, la distribución de Weibull es una distribución normal. Para valores de β entre 3 y 4, la distribución de Weibull se aproxima a una distribución normal, y el parámetro de vida (α): Contrae o extiende la distribución de Weibull. (Carmona Londoo, 2023, p. 10).

Una vez obtenidos estos parámetros, se pueden calcular diversas métricas y funciones importantes para el análisis de confiabilidad, como: (Montané García & Dorrbercker Drake, 2011)

Función de confiabilidad R(t): Representa la probabilidad de que el equipo funcione correctamente hasta un tiempo dado.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^\beta} \quad (4)$$

Función de in fiabilidad F(t): Describe la probabilidad de que un componente falle antes de un tiempo dado.

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^\beta} \quad (5)$$

Densidad de probabilidad de fallo: (Conde & Mosquera, 2022, p. 33)

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^\beta} \quad (6)$$

Tasa de fallos: Se define matemáticamente como (Bastidas et al., 2021)

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t-t_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (7)$$

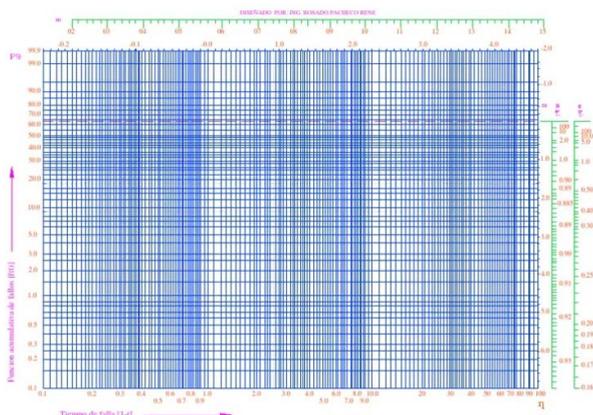
## Materiales y Método

Para el cálculo de los índices de Weibull del Separador Bifásico (Desalador de crudo) V-320 del bloque 12 Petroecuador con base a la Distribución de Weibull se utilizó una muestra de 21 datos de tiempos de buen funcionamiento desde el año 2010 hasta el año 2023, los que fueron tomados de la bitácora y del programa de mantenimiento que se maneja en la empresa, este es el primer paso a seguir para el cálculo de los índices de fiabilidad.

A continuación, se ordenan los tiempos de buen funcionamiento (TBF), en orden ascendente. Considerando que son 21 datos los que se van a analizar, se hace uso de la ecuación 2 citada en estos documentos para determinar el valor acumulado de fallos.

Estos datos se grafica en una hoja logarítmica denominada hoja Weibull, en el eje de las X va los tiempos de fallos y en el eje de Y la función acumulada de fallos  $F'(t)$ , como se muestra en la imagen 1, el resultado de este gráfico se presentará realizado en Python.

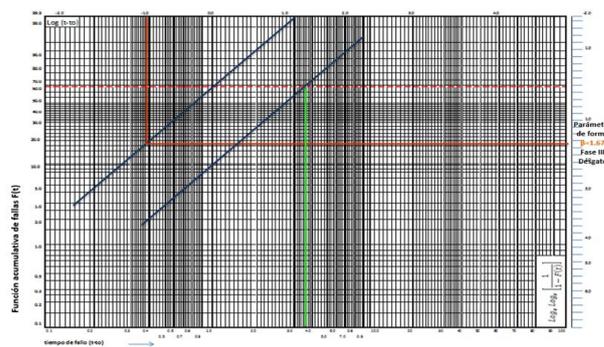
**Imagen 1.**  
*Hoja de Weibull*



Autor: ([https://lc.cx/bA8W\\_z](https://lc.cx/bA8W_z))

Para determinar los parámetros de Weibull  $\beta$  (parámetro de forma), y  $\alpha$  (parámetro de vida característica) a partir de la gráfica se traza una recta paralela a la recta obtenida mediante la representación gráfica de los datos originales, comenzando desde el punto donde la abscisa es igual a 1 y la ordenada es igual a 63,2. En este punto, se puede leer directamente el valor de  $\beta$  en una escala tabulada que va de 0 a 7. (Tamborero del Pino, 1994),  $\alpha$  viene dado por la intersección de la recta trazada con la línea paralela al eje de abscisas correspondiente al 63,2 % de fallos acumulados, como se muestra en la imagen 2

**Imagen 2.**  
*Determinación de los parámetros de Weibull*



Con los parámetros calculados se puede determinar cada uno de los índices de Fiabilidad establecidos en las ecuaciones 4, 5, 6, 7, las mismas que también serán establecidas en un software de programación (Python) para su mayor precisión, es importante conocer qué, el tiempo para el que se va a determinar los índices es establecido por el autor es independiente, los resultados van cambiando a medida que se cambia el tiempo, dependerá de el programador de mantenimiento que tome decisiones de acuerdo a los valores resultantes que obtenga, los parámetros de Weibull, son constantes determinadas que no varían con relación al tiempo de determinación.

**Resultados**

La tabla 1, muestra los tiempos de buen funcionamiento (TBF), los datos ordenados, la función acumulada de fallos ( $F'(t)$ ) que se calculó con el uso de la ecuación 2, y el  $F'(t)$  porcentual, que es el valor que se graficará en el eje de las Y en la hoja de Weibull.

**Tabla 1.**  
*Porcentaje acumulado de fallos F'(t)*

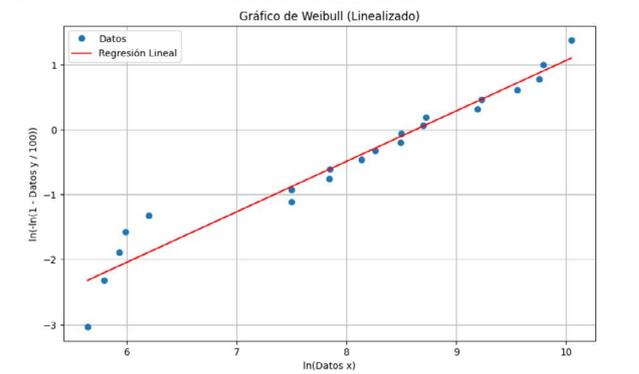
Cálculo del porcentaje acumulado de fallas				
Número de falla	TEF (h)	TBF ordenados	F'(t)	F'(t) %
1	2556	282	0,047	4,70
2	398	327	0,093	9,30
3	4880	375	0,1401	14,01
4	2537	398	0,187	18,70
5	375	491	0,2336	23,36
6	6136	1807	0,28037	28,04
7	17217	1808	0,3271	32,71
8	23030	2537	0,3738	37,38
9	5993	2556	0,4206	42,06
10	3402	3402	0,4673	46,73
11	1808	3856	0,514	51,40
12	17853	4880	0,5607	56,07
13	4910	4910	0,6075	60,75
14	9832	5993	0,6542	65,42
15	3856	6136	0,7009	70,09
16	10169	9832	0,7477	74,77
17	1807	10169	0,7944	79,44
18	282	14089	0,84112	84,11
19	327	17217	0,8876	88,76
20	491	17853	0,9346	93,46
21	14089	23030	0,9813	98,13

La imagen 3, indica la linealización en la hoja de Weibull, este ajuste se realizó con la ayuda del programa Python en donde se usó *linregress*, que nos permite realizar el procedimiento que se indicó en la imagen 2, al mismo tiempo se calculó el parámetro  $\alpha$  (parámetro de vida característica), y  $\beta$  (parámetro de forma), dando los siguientes resultados:

$$\alpha = 5588.47$$

$$\beta = 1.29$$

**Imagen 3.**  
*Linealización de datos*



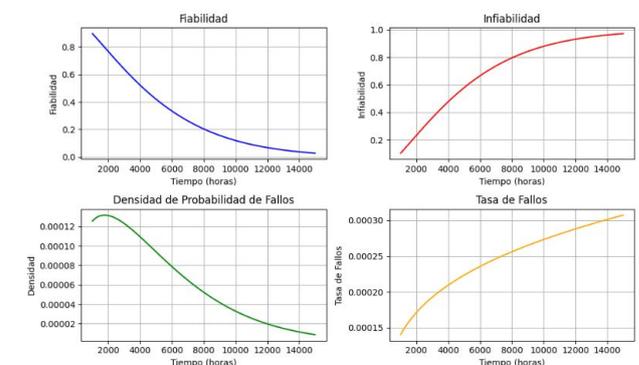
Con los datos obtenidos, y aplicando las ecuaciones 4, 5, 6, 7, determinamos los índices de fiabilidad, lo vamos a hacer para 5 tiempos distintos, como se muestra en la tabla 2

**Tabla 2.**  
*Índices de fiabilidad*

Índices de fiabilidad					
Tiempo estimado (h)	R(t) %		F(t) %		$\lambda(t)$
	R(t) %	F(t) %	f(t)		
1000	0,9	90	10	0,000126	0,00014
2000	0,77	77	23	0,0001314	0,00017
3000	0,64	64	36	0,0001231	0,00019
4000	0,52	52	48	0,000109	0,00021
15000	0,028	3	97	8,6198	0,00031

Las gráficas correspondientes para cada 1 de los parámetros son:

**Imagen 4.**  
*Curvas de los índices de fiabilidad*



La imagen de la fiabilidad, indica claramente que ha medida que el tiempo pasa, la fiabilidad disminuye.

La imagen de la infiabilidad, indica que a medida que el tiempo transcurre, esta aumenta.

La gráfica de la densidad de probabilidad de fallos muestra cómo la probabilidad de que ocurra un fallo cambia con respecto al tiempo

La gráfica de la tasa de fallos representa cómo la tasa a la que ocurren los fallos cambia con respecto al tiempo, en este caso vemos que la misma crece con respecto al tiempo

## Discusión

Varios estudios de investigación utilizan el estadístico de Weibull para evaluar la confiabilidad de equipos o sistemas. En su investigación, Cesar Marcelo Gallegos Londoño propone un modelo de cálculo para equipos, tanto reparables como no reparables. A diferencia de este estudio, el enfoque de su trabajo se centra en el cálculo de equipos netamente mecánicos, es decir, reparables.

En el estudio Análisis de la fiabilidad de una máquina de serigrafía semiautomática utilizando métodos de distribución de probabilidad continua realiza el estudio de fiabilidad según la distribución exponencial, que es aplicado generalmente a equipos o elementos electrónicos, la diferencia entre Weibull y Exponencial es que la tasa de fallos es constante.

La investigación efectuada podría ser aplicada a todos los equipos presentes en las empresas y puede ser el comienzo de futuras investigaciones y propuestas orientadas a mejorar las técnicas de mantenimiento predictivo mediante un análisis del estado de los equipos a través de la evaluación de su confiabilidad. Al mismo tiempo, sería posible llevar a cabo estudios y comparaciones de los índices de fiabilidad calculados tanto mediante métodos matemáticos como gráficos.

## Conclusiones

La versatilidad de la distribución de Weibull radica en su capacidad para incorporar atributos de diversas distribuciones, a excepción de las distribuciones normal y exponencial. Esta

distribución es especialmente eficaz en contextos donde la disponibilidad de datos es limitada, se puede tener cinco observaciones para su análisis y será un estudio eficiente.

De puede determinar por observación del resultado de las gráficas, que la fiabilidad de un equipo decrece en función del tiempo.

Se concluye también que se puede planificar un mantenimiento predictivo adecuado con base a los tiempos establecidos en el análisis de fiabilidad, por ejemplo, en el Desalador de Crudo, motivo de este estudio, a las mil horas, después de haber realizado el estudio con el último dato de fallo, tiene un 90% de fiabilidad, lo que significa que si ese porcentaje es alto para la empresa se puede planificar el mantenimiento para las 1000 horas.

Se puede realizar un estudio más detallado de fiabilidad del equipo, al dividirlo por partes o sistemas, pero es importante conocer mínimo cinco datos de cada uno para su estudio individual.

Es recomendable utilizar un software de programación para aplicar la linealización logarítmica, ya que, según el número de datos que se tiene, es más complicado realizar la gráfica en un papel logarítmico normal.

## Referencias

- Aplicaciones de la Distribución weibull en ingeniería de la confiabilidad. (s. f.). Recuperado 23 de febrero de 2024, de <https://www.eumed.net/libros-ratis/2013/1255/1255.pdf#page=148>
- Astudillo, X. M. B. (2011). Estudio Técnico económico del tratamiento químico para la deshidratación del crudo en el campo Shushufindi.
- Bastidas, F., Cruz, E., Cepeda, C., & Velásquez, R. (2021). Análisis de la fiabilidad de una máquina de serigrafía semiautomática, utilizando métodos de distribución de probabilidad continua. 593 Digital Publisher CEIT, 6(Extra 4-1), 71-81.

- Carmona Londoño, J. D. (2023). Análisis de confiabilidad mediante el modelo de Weibull. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33379>
- Castaño Reyes, A. F., & Monroy Osorio, L. M. (2011). Desarrollo de un entorno programado para el análisis de confiabilidad con base en distribución Weibull biparamétrica. <https://hdl.handle.net/11059/2874>
- Cepeda Chacaguasay, P. (2016). Los ingresos petroleros y el crecimiento económico en Ecuador (2000-2015). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 18(4), 459. <https://doi.org/10.18271/ria.2016.238>
- Conde, A., & Mosquera, C. (2022). Desarrollo de una herramienta informática para el estudio de la confiabilidad en flotas de transporte basado en el método de Weibull. Universidad Politécnica Salesiana.
- Krentzien, J. (2006). Revisión del sistema de seguridad y alivio de los Desaladores de la unidad de tratamiento de crudo. SIMÓN BOLIVAR.
- Londoño, C. M. G., Mora, F. A. G., & Benavides, F. U. C. (2022). Aplicaciones de la distribución de Weibull en el estudio de la fiabilidad. *Conciencia Digital*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.2203>
- Mayorga Ayora, A., & Quishpe Gaibor, J. S. (2019). Deontología aplicada al mantenimiento de maquinaria industrial por ingenieros mecánicos. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS)*, 5 (Mayo), 32.
- Montané García, J. J., & Dorrbercker Drake, S. A. (2011). El mantenimiento a los transformadores de potencia; su análisis en el caso de una Central termoeléctrica cubana. *Ingeniería Energética*, 32(2), 56-64.
- Orejuela, H. M. A. (2023). Determinación del contenido de sales totales en petróleo crudo por el método electrométrico para ser procesado en Refinería Estatal Esmeraldas. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i2.628>
- Paredes, R. (2020). Tipos de mantenimiento aplicados en la industria petrolera venezolana de la Región Occidente. *Revista Ingeniería*, 4(9), Article 9. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v4i9.61>
- Pérez Rondón, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33276>
- Sols, A. (2000). Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad: Un enfoque sistémico. Universidad Pontificia Comillas.