

SELECCIÓN ÓPTIMA DE PROVEEDORES MEDIANTE ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y COSTOS BASADO EN LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL APLICADO AL SECTOR AUTOMOTOR

JUAN MANUEL IZAR LANDETA*

<https://orcid.org/0000-0002-3187-6481>

Facultad de Ingeniería Industrial,
Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, México

IVANNA LÓPEZ REYNA

<https://orcid.org/0009-0000-2534-9223>

Facultad de Ingeniería Industrial,
Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, México

Recibido: 17 de marzo del 2026 / Aceptado: 10 de abril del 2026

Publicado: 15 de junio del 2026

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2026.n50.8672>

RESUMEN. Se presenta la aplicación de la distribución Weibull de dos parámetros al caso de evaluar tres proveedores para determinar cuál de ellos es el mejor. Con base en 20 tiempos de falla de cada proveedor, se estiman los parámetros de forma y escala de Weibull mediante el uso de rangos medios para dos proveedores y rangos medianos para el otro, en función de la opción que produjo el mejor ajuste mediante regresión por mínimos cuadrados; con ello, se estima el tiempo medio entre fallas (MTBF, horas) y la confiabilidad de cada proveedor, para finalmente cuantificar el costo anual en pesos por el consumo de componentes. Se concluye que el mejor proveedor es el segundo, al obtener el mayor MTBF, con 384,6 horas, superando al proveedor 1 en un 28,5 % y al proveedor 3 en un 24,2 %. Asimismo, presenta el menor costo anual de \$ 27 579, a pesar de que su precio unitario es mayor.

PALABRAS CLAVE: distribución Weibull / selección de proveedores / tiempo medio entre fallas / confiabilidad / parámetro de forma / parámetro de escala

Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: juan.il@rioverde.tecnm.mx; ivanna.lr@rioverde.tecnm.mx

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

OPTIMAL SUPPLIER SELECTION THROUGH RELIABILITY AND COST ANALYSIS BASED ON THE WEIBULL DISTRIBUTION APPLIED TO THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

ABSTRACT. This paper presents the application of the two-parameter Weibull distribution to a case study to evaluate three suppliers and determine which is the best. Based on each supplier's failure times, the Weibull shape and scale parameters are estimated, along with the mean time between failures (MTBF) and reliability curve for each supplier. Finally, the annual cost of component consumption is quantified. It is concluded that the second supplier is the best option, as it achieved the highest MTBF of 384,6 hours, exceeding supplier 1 by 28,5 % and supplier 3 by 24,2 %. Additionally, it presented the lowest annual cost of \$ 27 579, despite having the highest unit price.

KEYWORDS: Weibull distribution / supplier selection / mean time between failures / reliability / shape parameter / scale parameter

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la ingeniería y la administración, la selección de proveedores es un proceso crítico, ya que impacta directamente en la toma de decisiones organizacionales. Desde hace más de seis décadas, Dickson (1966) identificó 23 criterios clave, entre los que destacan la calidad, la entrega, las garantías, el desempeño histórico, la atención de quejas, la capacidad productiva, los precios y la situación financiera del proveedor. Actualmente, estos criterios han sido agrupados en siete categorías: económicas/financieras, de calidad, logísticas, técnicas, de sustentabilidad, de riesgo y estratégicas (Cooper, 2024), lo que refleja una evolución hacia un enfoque más holístico en comparación con décadas anteriores, donde predominaban los factores económicos.

Por su parte, Abuzaid et al. (2024) sugieren aplicar seis factores en el proceso de selección de proveedores: ecoamigabilidad, calidad, flexibilidad, relación, entrega y aspectos económicos, destacando que variables como la flexibilidad, el precio, la entrega y las prácticas ecológicas influyen en el desempeño organizacional. En la misma línea, Onukwulu et al. (2024) resaltan la importancia de la sustentabilidad al integrarse criterios ambientales, sociales y de gobernanza en sus procesos de selección. Señalan que los avances tecnológicos como la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático han transformado este proceso, ya que permiten análisis predictivos, monitorización en tiempo real y una mayor transparencia.

El objetivo de este trabajo es determinar el mejor proveedor entre tres opciones del sector automotor, considerando dos criterios: calidad (tiempo entre fallas) y costo. Para ello, se emplea la distribución de Weibull de dos parámetros, con el fin de estimar el tiempo entre fallas de los componentes de cada proveedor y, con base en esto, determinar el consumo anual de componentes.

La distribución de Weibull se ha consolidado como una herramienta robusta para el análisis de confiabilidad, mantenimiento predictivo y estimación de vida útil en sistemas industriales. Su aplicación ha sido ampliamente documentada en maquinaria industrial, sistemas eléctricos, *software* y procesos de manufactura, lo que ha permitido estimar tasas de falla, confiabilidad y tiempos medios entre fallas (Anjos, 2008; Ferrisi et al., 2025; Jardine & Tsang, 2021; Qin et al., 2023).

Safari et al. (2025) utilizan la distribución de Weibull de tres parámetros para el análisis de datos de confiabilidad, y proponen un método robusto de estimación de sus parámetros mediante la transformación integral de probabilidad (PITE), con el objetivo de obtener estimaciones más precisas cuando los datos contienen valores atípicos. La aplicación de su estudio se implementó en el análisis de confiabilidad de materiales, específicamente en la resistencia mecánica de superficies de vidrio envejecido y fibras de carbono.

En el contexto de la evaluación de proveedores, diversos estudios han incorporado el análisis de la vida útil como un criterio importante para su comparación y validación, en función del desempeño de los componentes en operación (Shu et al., 2022; Thavorn & Sudasna-Na-Ayudhya, 2022).

Por otra parte, Wang et al. (2025) realizaron un análisis de los conjuntos de datos de fallos de sistemas de *big data* de código abierto y propusieron un modelo de fiabilidad de *software* basado en la distribución Weibull, el cual establece las bases para simular el proceso de detección de fallos en este tipo de *softwares*.

Para abordar las desventajas del plan de muestreo único, proponen un sistema de muestreo de conmutación rápida con calificación de rendimiento de vida útil bajo una distribución de Weibull con censura de fallos. Este sistema no solo reduce significativamente la cantidad de fallas que deben observarse en las pruebas de vida útil, sino que también presenta una curva característica de operación con mayor capacidad discriminatoria para la disposición de lotes, lo que representa beneficios económicos para las organizaciones (Shu et al., 2021).

En aplicaciones prácticas, la distribución de Weibull ha sido utilizada para analizar datos de fallas reales y apoyar la toma de decisiones en mantenimiento y operación de sistemas industriales. A través de estos estudios, es posible estimar la vida útil de componentes y establecer criterios para su reemplazo, lo que contribuye a mejorar la confiabilidad y la eficiencia de los procesos (Gallegos Londoño et al., 2022; Gondres Torné et al., 2013; Okoh et al., 2017; Prasetya et al., 2023).

En otros ámbitos, Yu (2024) empleó la distribución Weibull de tres parámetros para analizar la confiabilidad del tubo de Pitot en aeronaves ARJ21 y, de esta manera, demostró la fiabilidad operativa del sistema de aeronaves.

En disciplinas como la medicina y la ingeniería de confiabilidad, la distribución de Weibull juega un papel importante, al ser una de las más utilizadas por su flexibilidad; sin embargo, presenta limitaciones que han impulsado el desarrollo de nuevas extensiones. Entre ellas, destacan modelos como la distribución Weibull modificada (MWD) y la nueva distribución Weibull extendida (NEWD), así como propuestas recientes, como la GNEWD, que ofrece mayor adaptabilidad y ha demostrado buen desempeño en datos clínicos (Al-Moisheer et al., 2025). De manera similar, la distribución E-Weibull ha sido propuesta para mejorar el ajuste en aplicaciones de ingeniería, donde ha mostrado resultados superiores en el análisis de datos de resistencia de materiales (Alshanbari et al., 2024).

Por su parte, Wu et al. (2007) consideran el análisis de fallas y riesgo en proveedores, en el que Weibull se aplicó para modelar tiempos entre fallas o incumplimientos.

Wei et al. (2025) emplean la distribución de Weibull y la distribución del tamaño de la muestra COMP-Bessel, lo que da como resultado un nuevo modelo denominado WCOMPB.

Este nuevo modelo cuenta con cinco parámetros (β , γ , θ , v , α). El modelo fue puesto a prueba en estudios de casos relacionados con fallos en el sistema de aire acondicionado de un avión y, además, con intervalos de tiempo entre terremotos sucesivos. Asimismo, se analiza la estimación de máxima probabilidad de los parámetros y su rendimiento, proporcionando ajustes razonables a los conjuntos de datos.

Singh y Liao (2025) aplicaron Weibull junto con Promethee extendido al caso de selección de proveedores para modelar la incertidumbre en las evaluaciones.

Por otro lado, Plaskitt et al. (2024) compararon las distribuciones Weibull y Lognormal para modelar la vida por fatiga en tres conjuntos de datos. Encontraron que, en datos no homogéneos, la distribución Weibull es más adecuada para estimar la vida útil, mientras que, en conjuntos más grandes y específicos, la Lognormal ofrece un mejor ajuste. En general, Weibull resulta más conveniente para muestras pequeñas y heterogéneas.

Sulewski y Drapella (2025) proponen el modelo Weibull-sf, una modificación de la distribución Weibull que sustituye el parámetro de forma por una función de forma, lo que incrementa su flexibilidad. Este modelo, basado en el análisis de 165 variantes de Weibull, permite representar comportamientos complejos, como tasas de falla tipo bañera y distribuciones bimodales, y sus autores sugieren el uso del método de mínimos absolutos para su estimación debido a dificultades con el método de máxima verosimilitud.

METODOLOGÍA

Este estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que se emplean modelos matemáticos y estadísticos para el análisis de datos. Además, se cuenta con un tipo de investigación aplicada, puesto que se busca resolver un problema específico relacionado con la selección de proveedores en un contexto automotor.

Asimismo, el alcance de la investigación es correlacional, ya que se analizan los tiempos de falla de los proveedores mediante modelos probabilísticos, con el fin de establecer criterios de comparación.

En cuanto al diseño de la investigación, es no experimental debido a que no se manipulan variables de manera directa, sino que se analizan datos existentes mediante herramientas estadísticas.

Para el análisis, se emplea la distribución Weibull, que es un modelo estadístico usado para describir los tiempos de falla de componentes o equipos de un sistema y, en este caso concreto, es la que se aplica para llegar a seleccionar al mejor proveedor.

Se utiliza ampliamente para planear el mantenimiento en muchos sectores industriales.

Por lo general, se aplica para obtener el tiempo (t) en que un componente o un equipo presentan fallas.

La función de densidad de probabilidad (FDP), $f(t)$, se obtiene mediante la siguiente ecuación (Jardine & Tsang, 2021):

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

En la ecuación, β es el parámetro de forma, que indica el comportamiento de las fallas en el tiempo; η es el parámetro de escala, definido como la vida característica del componente, es decir, el tiempo en el cual el 63,2 % de las unidades habrá fallado; y γ es el parámetro de localización.

En este caso, se aplica la ecuación con dos parámetros, β y η , que es la misma fórmula anterior con γ igual a cero, lo que implica que el conteo inicia a tiempo cero y las fallas pueden suceder desde el inicio.

Por su parte, para β , el parámetro de forma, existen tres posibilidades:

- Si $\beta < 1$, la tasa de fallas $\lambda(t)$ dada por la ecuación (4) decrece de manera monótona, a lo que se le denomina la fase de mortalidad infantil, ya que las fallas se presentan por defectos de manufactura.
- Si $\beta = 1$, la tasa de fallas es constante en el tiempo y la distribución de Weibull equivale a la exponencial.
- Si $\beta > 1$, la tasa de fallas presenta un incremento inicial hasta un punto máximo y después disminuye, lo cual implica que las fallas se deben por deterioro o desgaste, por el uso de los componentes.

Según Jardine y Tsang (2021), la función de distribución acumulada de fallas $F(t)$, también denominada desconfiabilidad, viene dada por la siguiente expresión matemática:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2)$$

La confiabilidad del sistema $R(t)$ se estima con la siguiente ecuación:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (3)$$

Y la tasa de fallas $\lambda(t)$ se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (4)$$

Otro indicador útil es el tiempo promedio entre dos fallas consecutivas (MTBF), el cual puede calcularse con la siguiente expresión matemática:

$$MTBF = \eta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \quad (5)$$

Siendo Γ la función gamma de $(1+1/\beta)$.

A continuación, se describe el método gráfico clásico, en el cual se obtienen, a partir de datos empíricos de los tiempos en que se presentan las fallas, los parámetros β y η , con los cuales será posible estimar la confiabilidad $R(t)$, la cual resulta muy importante para orientar la toma de decisiones sobre el mantenimiento de un sistema dado.

En primer lugar, se obtienen los datos correspondientes a los tiempos de ocurrencia de las fallas del componente bajo estudio, los cuales se ordenan de manera ascendente.

Luego, se obtiene la función de desconfiabilidad $F(t)$, que es el complemento de la confiabilidad $R(t)$, dada por la ecuación (2) y que puede obtenerse mediante las dos fórmulas siguientes:

Para rangos medianos:

$$F(t) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \quad (6)$$

Siendo i el número de orden del dato en cuestión y n el número total de datos.

Para rangos medios:

$$F(t) = \frac{i}{n + 1} \quad (7)$$

Ambas aproximaciones de probabilidad son buenas opciones para la estimación de la función acumulada de fallas $F(t)$.

Después, se calcula, para cada dato, el logaritmo natural del tiempo de falla, el cual corresponderá al eje x del gráfico que debe construirse para obtener los parámetros β y η :

$$x = \text{Ln}(t) \quad (8)$$

Los valores del eje y de dicho gráfico se calculan con la siguiente fórmula:

$$y = \text{Ln}[-\text{Ln}(R(t))] \quad (9)$$

A continuación, se construye el gráfico de x versus y . A partir de la línea recta obtenida mediante mínimos cuadrados, se estima la pendiente m y la ordenada al origen b , que son calculadas mediante las siguientes ecuaciones:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (10)$$

$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (11)$$

En las ecuaciones, n es el número de observaciones, mientras que los demás términos son las sumatorias de y , de x , de x^2 y de los productos xy . De esta manera, la pendiente m corresponde al parámetro de forma β , mientras que b se relaciona con el parámetro de escala η .

De acuerdo con Jardine y Tsang (2021), la pendiente m de la recta es el valor de β , mientras que el valor de η se estima con la siguiente ecuación:

$$\hat{\eta} = e^{\left(\frac{-b}{m}\right)} \quad (12)$$

Se recomienda obtener las rectas utilizando ambas ecuaciones (6 y 7), y seleccionar aquella que presente el mejor ajuste mediante mínimos cuadrados, el cual se evalúa con el coeficiente de determinación R^2 .

Esto se aplicará en el caso de estudio para seleccionar al mejor proveedor a partir de los datos de prueba que se obtengan sobre la duración de los componentes hasta su falla, y se elegirá aquel que presente los mejores indicadores de confiabilidad y de tiempo medio entre fallas.

Aplicación al caso de los tres proveedores

Para el caso de los proveedores, se recopilaron 20 datos correspondientes al tiempo entre fallas de un componente específico de un equipo de procesos ubicado en una planta automotriz, el cual fue suministrado por tres proveedores fabricantes.

Las pruebas consistieron en registrar el tiempo de operación de cada componente hasta la ocurrencia de una falla asociada al desgaste mecánico y repetir el procedimiento hasta completar el número de observaciones requeridas por proveedor. Para cada uno se recopilaron 20 observaciones, considerando un muestreo no probabilístico por conveniencia debido a la disponibilidad de datos en condiciones reales de operación.

Posteriormente, los datos recolectados de cada proveedor, que son independientes, se organizaron y sintetizaron en la Tabla 1 para su análisis mediante la distribución Weibull.

Tabla 1

Datos de los tiempos entre fallas de los tres proveedores

Orden	Tiempo de falla, horas		
	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
1	186	222	200
2	198	245	225
3	205	266	240
4	222	288	264

(continúa)

(continuación)

Orden	Tiempo de falla, horas		
	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
5	226	301	286
6	234	311	287
7	248	326	295
8	266	343	299
9	275	364	303
10	286	378	303
11	299	390	310
12	303	400	311
13	312	422	313
14	326	438	321
15	343	454	335
16	358	475	346
17	378	496	366
18	401	518	375
19	445	523	398
20	475	540	423

Nota. Elaboración propia con base en datos de una empresa.

Para cada proveedor se debe obtener su confiabilidad $R(t)$ y el tiempo promedio entre fallas MTBF, a fin de determinar cuál de ellos debe seleccionarse con base en su tiempo entre fallas y en criterios económicos.

La empresa opera en promedio 6700 horas anuales, y los precios que ofertan los proveedores son los siguientes:

Tabla 2

Precios de cada proveedor

Proveedor	Precio, \$/unidad
1	1350
2	1585
3	1420

Nota. Elaboración propia con base en los datos de la empresa.

RESULTADOS

Para cada proveedor debe realizarse el procedimiento descrito en la metodología, a fin de obtener los parámetros β y η , a partir de ellos, obtener la curva de confiabilidad $R(t)$ en función del tiempo, así como el tiempo medio entre fallas.

Esto se ilustra para el caso del primer proveedor, para el cual en la Tabla 3 se sintetizan los valores de $F(t)$, $\ln(t)$ y $\ln(-\ln R(t))$. La función $F(t)$ se obtuvo mediante la ecuación (7) para rangos medios.

Tabla 3

Valores para el caso del primer proveedor

Orden	Dato (t)	F(t)	Ln (t)	Ln(-Ln R(t))
1	186	0,048	5,226	-3,020
2	198	0,095	5,288	-2,302
3	205	0,143	5,323	-1,870
4	222	0,190	5,403	-1,554
5	226	0,238	5,421	-1,302
6	234	0,286	5,455	-1,089
7	248	0,333	5,513	-0,903
8	266	0,381	5,583	-0,735
9	275	0,429	5,617	-0,581
10	286	0,476	5,656	-0,436
11	299	0,524	5,700	-0,298
12	303	0,571	5,714	-0,166
13	312	0,619	5,743	-0,036
14	326	0,667	5,787	0,094
15	343	0,714	5,838	0,225
16	358	0,762	5,881	0,361
17	378	0,810	5,935	0,506
18	401	0,857	5,994	0,666
19	445	0,905	6,098	0,855
20	475	0,952	6,163	1,113

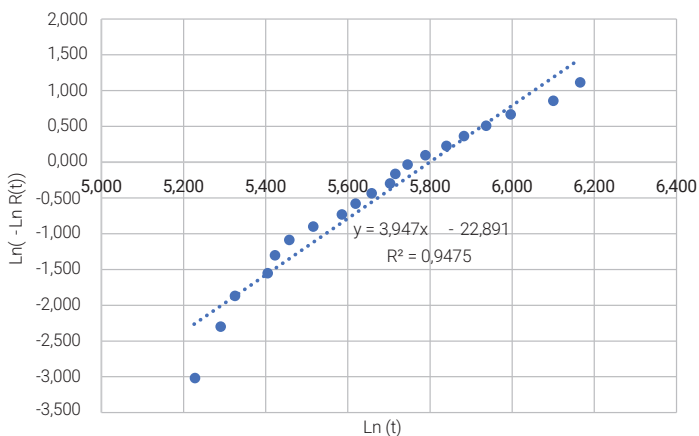
Al construir el gráfico de x como $\ln(t)$ en su relación con y como $\ln(-\ln R(t))$, se obtuvo la Figura 1, para la cual la ecuación de regresión es $y = 3,947x - 22,891$, siendo la pendiente $m = 3,947$, la ordenada al origen $b = -22,891$ y el coeficiente de determinación R^2 igual a 0,9475, lo que indica un muy buen ajuste lineal. La significancia estadística de m y de b fue de 0,000, lo que evidencia que ambos parámetros son significativos. Los residuos mostraron correlación positiva, dada por el coeficiente Durbin-Watson de 0,37.

De la ecuación, se obtiene el valor estimado de β , que corresponde a $m = 3,947$, así como la intersección, con la cual, mediante la aplicación de la ecuación (12), se obtiene el parámetro η :

$$\hat{\eta} = e^{\left(\frac{-b}{m}\right)} = e^{\left(\frac{22,891}{3,947}\right)} = 330,17$$

Figura 1

Ecuación de regresión estimada

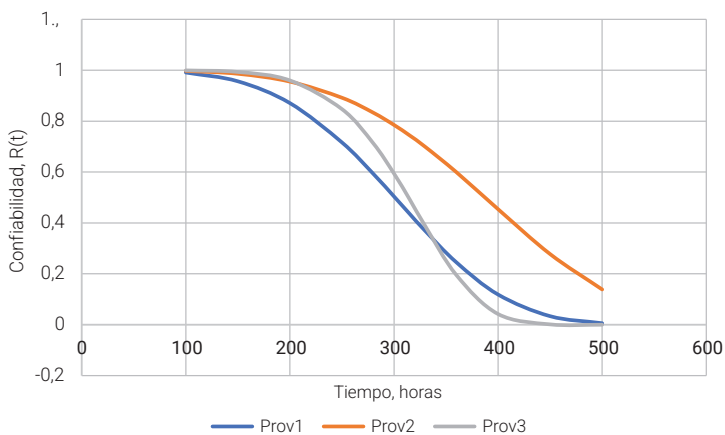


Ya con estos parámetros es posible obtener la curva de confiabilidad y el MTBF del proveedor.

Si se realiza el mismo procedimiento para los tres proveedores, se obtiene el gráfico de las confiabilidades que se muestra en la Figura 2:

Figura 2

Curvas de confiabilidad de los proveedores



Se observa que el mejor es el segundo proveedor, ya que su curva de confiabilidad es la de los valores más altos.

La Tabla 4 sintetiza los valores del tiempo promedio, la desviación estándar, los parámetros y el MTBF de cada proveedor:

Tabla 4

Resultados de los proveedores

Proveedor	Estimador β	Estimador η	Media de t	Desv. est.	MTBF
1	3,947	330,2	299	79,7	299,0
2	4,112	423,6	385	94,4	384,6
3	6,279	332,8	310	53,8	309,6

El valor máximo de MTBF correspondió también el del segundo proveedor, que además cuenta con la mayor media y la mayor desviación estándar de sus tiempos registrados, pero presenta un valor intermedio de su parámetro β .

Los tres valores estimados de β fueron mayores que uno, lo que indica que las fallas de los componentes de cada proveedor se deben al uso o desgaste de estos.

En cuanto al costo anual que representa el consumo de componentes, este se calcula estimando el número de componentes que se usarán con cada proveedor y, junto con su precio unitario, se obtiene el monto anual, el cual se ilustra para el caso del primer proveedor:

$$\text{Componentes} = \frac{6700 \text{ horas}}{\frac{299,3 \text{ horas}}{\text{comp.}}} = 22,4 \text{ comp.}$$

Esto representa un costo anual en compra de componentes de $(22,4)(1350 \text{ \$/c}) = 30\ 240$ pesos mexicanos.

Si se repite el mismo proceso para los otros dos proveedores, se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 5:

Tabla 5

Costo anual de componentes de cada proveedor

Proveedor	Número anual de componentes	Costo, pesos/año
1	22,4	30 240,0
2	17,4	27 579,0
3	22,0	31 240,0

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 5, se observa que el proveedor 2 presenta el menor costo anual de operación, con un valor de 27 579 pesos mexicanos,

en comparación con los proveedores 1 y 3. Esto indica que, bajo el criterio económico y considerando el comportamiento de fallas analizado previamente, el proveedor 2 representa la alternativa más conveniente, ya que permite reducir el costo anual asociado al reemplazo de componentes.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten identificar con claridad que el proveedor 2 presenta un mejor desempeño al combinar un mayor tiempo medio entre fallas y un menor costo anual de operación. Este resultado es relevante, ya que muestra que el criterio de selección no debe centrarse únicamente en el precio unitario del componente, sino en su desempeño a lo largo del tiempo. En este caso, aunque el proveedor 2 ofrece el precio unitario más alto, su mayor durabilidad reduce la frecuencia de reemplazo, lo que se traduce en un menor consumo anual de componentes y, por tanto, en una disminución del costo total.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, los valores del parámetro de forma β mayores que uno en los tres proveedores indican que las fallas se presentan por desgaste derivado del uso. Este comportamiento es consistente con sistemas industriales en operación continua. En este contexto, el mayor MTBF del proveedor 2 indica intervalos más amplios entre fallas, lo que favorece la planeación del mantenimiento preventivo y reduce la probabilidad de paros no programados, en concordancia con los estudios reportados en la literatura sobre la aplicación de modelos de confiabilidad para mejorar la gestión del mantenimiento en sistemas industriales (Gallegos Londoño et al., 2022; Gondres Torné et al., 2013; Okoh et al., 2017; Prasetya et al., 2023).

Los resultados remarcan la importancia de integrar indicadores de confiabilidad en la evaluación de proveedores, puesto que incorporan una visión más completa del desempeño de los componentes en condiciones reales de operación. La aplicación de la metodología Weibull en este trabajo para definir el tiempo medio entre fallas de los componentes, incluyendo su costo anual por consumo, ha permitido la selección del mejor proveedor. Este enfoque coincide con los hallazgos reportados por Thavorn y Sudasna-Na-Ayudthya (2022). En particular, el uso del MTBF como indicador facilita la comparación entre proveedores, al reflejar directamente la durabilidad de los componentes.

Por su parte, Shu et al. (2021, 2022) han utilizado la vida útil como un criterio para la validación de proveedores, lo que va en la misma dirección de esta investigación al aplicar Weibull para el caso de la selección de proveedores.

Asimismo, en concordancia con los hallazgos de Anjos (2008) y de Plaskitt et al. (2024), Weibull permite tomar decisiones adecuadas en cuanto al mantenimiento con la finalidad de incrementar la confiabilidad.

La aplicación de Weibull al caso presente permite evaluar los riesgos de cada proveedor, tal como lo han afirmado varios académicos en investigaciones previas (Wu et al., 2007; Singh & Liao, 2025).

En consonancia con Qin et al. (2023), predecir la vida útil o el tiempo entre fallas permite tomar mejores decisiones para el mantenimiento de los equipos.

Adicionalmente, este estudio refuerza la idea de que la selección de proveedores debe considerar el costo total de operación en lugar del costo inicial de adquisición. Este enfoque permite identificar alternativas que, aunque aparentemente son más costosas, generan beneficios económicos en el mediano y largo plazo debido a su mayor confiabilidad.

Finalmente, la aplicación de la distribución de Weibull en este estudio demuestra su utilidad como herramienta práctica para el análisis de datos de fallas y la toma de decisiones en entornos industriales, como se evidencia en la selección del mejor proveedor realizada en este trabajo.

CONCLUSIONES

En la selección de proveedores, el mejor resultado correspondió al segundo, ya que presenta el valor máximo de tiempo entre fallas, con 384,6 horas, superior en un 28,5 % respecto al primer proveedor y en un 24,2 % respecto al tercer proveedor.

En cuanto al costo anual por la compra de componentes, el segundo proveedor ha sido el más económico, aun cuando su precio unitario es mayor que el de los otros dos proveedores. Debido al menor uso de componentes, representa un ahorro de entre el 10 % y 13 % respecto a los proveedores 1 y 3, respectivamente.

Además, al presentar una mayor confiabilidad, esto también implicaría ahorros en cuestiones de mantenimiento, ya que los componentes del segundo proveedor duran más tiempo entre fallas, lo que permitirá una mejor planeación del mantenimiento preventivo de la empresa.

Por lo tanto, al ser el segundo proveedor el mejor en términos de duración de sus componentes, confiabilidad y costo anual por conceptos relacionados con la adquisición de componentes y el mantenimiento, debe ser el elegido.

La decisión podría haber generado alguna controversia si los proveedores hubiesen sido los mejores en factores diferentes; sin embargo, al coincidir ambos criterios de medición en señalar al segundo como el mejor proveedor, la toma de decisiones se facilita sin necesidad de recurrir a modelos de decisión multicriterio.

Esto demuestra que la distribución de Weibull es de gran utilidad para analizar la vida útil de los componentes, lo que permite hacer una mejor planeación de las actividades de mantenimiento, las cuales son muy importantes actualmente.

Entre las limitaciones de este estudio, pueden señalarse las tres siguientes: (1) al haber realizado un muestreo no probabilístico, no existe la posibilidad de generalizar los resultados; (2) solo se han considerado dos factores para la elección del mejor proveedor, por lo cual sería deseable que un estudio futuro incorporara un mayor número de criterios de decisión, con la finalidad de llegar a la mejor decisión, aun cuando esto implicaría tener que recurrir a modelos multicriterio de decisión; y (3) este trabajo presenta la aplicación de la metodología de Weibull de dos parámetros al caso de elegir al mejor proveedor y no aporta nuevos conocimientos sobre el tema, pero sí permite tomar una decisión más adecuada, lo que representa un beneficio económico para la organización.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Juan Manuel Izar Landeta: conceptualización, *data curation*, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, *software*, supervisión, visualización, escritura: borrador original, redacción: revisión y edición. **Ivanna López Reyna:** conceptualización, *data curation*, investigación, administración del proyecto, recursos, *software*, validación, visualización, escritura: borrador original, redacción: revisión y edición.

DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE IA GENERATIVA

Los autores declaran que no se ha utilizado IA.

REFERENCIAS

- Abuzaid, A. N., Alateeq, M. M., Madadha, S.-a. M., Al Sharari, F. E. A., & Alsbou, M. K. (2024). The effect of suppliers' green and traditional selection criteria in supply chain management on purchasing firms' performance. *Sustainability*, *16*(15), 6276. <https://doi.org/10.3390/su16156276>
- Al-Moisheer, A. S., Sultan, K. S., & Radwan, H. M. M. (2025). A novel adaptable Weibull distribution and its applications. *Axioms*, *14*(7), 490. <https://doi.org/10.3390/axioms14070490>
- Alshanbari, H. M., Ahmad, Z., El-Bagoury, A. A.-A. H., Odhah, O. H., & Rao, G. S. (2024). A new modification of the Weibull distribution: Model, theory, and analyzing engineering data sets. *Symmetry*, *16*(5), 611. <https://doi.org/10.3390/sym16050611>

- Anjos, J. S. (2008, 7-9 de octubre). *How to use Weibull as tool for a decision making on field issues* [Presentación de escrito]. 2008 SAE Brasil Congress and Exhibit, Sao Paulo, Brasil. <https://doi.org/10.4271/2008-36-0192>
- Cooper, M. (2024, 9 de julio). *Understanding supplier selection criteria: Perspectives from procurement professionals in diverse industries*. Preprints.org, <https://doi.org/10.20944/preprints202407.0744.v1>
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.1966.tb00818.x>
- Ferrisi, S., Cappellari, P., Guido, R., Umbrello, D., & Ambrogio, G. (2025). Application of two-parameter Weibull distribution for predictive maintenance: A case study. *Procedia Computer Science*, 253, 3160-3168. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.041>
- Gallegos Londoño, C. M., García Mora, F. A., & Caicedo Benavides, F. U. (2022). Applications of the Weibull distribution in the study of reliability. *Conciencia Digital*, 5(3), 48-67. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.2203>
- Gondres Torné, I., Báez Prieto, R., Lajes Choy, S., & del Castillo Serpa, A. (2013). Determinación de la confiabilidad en interruptores de potencia: caso de estudio. *Ingeniare*, 21(2), 271-278. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052013000200010>
- Jardine, A. K. S., & Tsang, A. H. C. (2021). *Maintenance, Replacement, and Reliability. Theory and Applications* (3.ª ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429021565>
- Okoh, C., Roy, R., & Mehnen, J. (2017). Predictive maintenance modelling for through-life engineering services. *Procedia CIRP*, 59, 196-201. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.09.033>
- Onukwulu, E. C., Odochi-Agho, M., & Eyo-Udo, N. L. (2024). Innovations in supplier evaluation: Frameworks and techniques for supply chain resilience. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 11(12), 610-623. <https://doi.org/10.51244/IJRSI.2024.11120056>
- Plaskitt, R., Wynn-Jones, C., & Halfpenny, A. (2024). Weibull or lognormal distribution to characterize fatigue life scatter – which is more suitable? – continued. *Fatigue of Aircraft Structures*, 2024(16), 131-146. <https://doi.org/10.2478/fas-2024-0011>
- Prasetya, M. A., Adhim, F. I., & Al Kindhi, B. (2023). Implementation of Weibull analysis method in designing predictive maintenance for medical mask machine. En *2023 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation* (pp. 519-527). Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/ICAMIMIA60881.2023.10427705>

- Qin, S., Wang, B. X., Tsai, T.-R., & Wang, X. (2023). The prediction of remaining useful lifetime for Weibull k -out-of- n load-sharing system. *Reliability Engineering & System Safety*, 233, 109091. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109091>
- Safari, M. A. M., Masseran, N., Majid, M. H. A., & Tajuddin, R. R. M. (2025). Robust estimation of the three parameter Weibull distribution for addressing outliers in reliability analysis. *Scientific Reports*, 15, 11516. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96043-1>
- Shu, M.-H., Wu, C.-W., Hsu, B.-M., & Wang, T.-C. (2021). Lifetime performance-qualified sampling system under a Weibull distribution with failure-censoring. *Quality Engineering*, 33(3), 404-416. <https://doi.org/10.1080/08982112.2021.1874014>
- Shu, M.-H., Wu, C.-W., Hsu, B.-M., & Wang, T.-C. (2022). Standardized lifetime-capability and warranty-return-rate-based suppliers qualification and selection with accelerated Weibull-life type II testing data. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 51(23), 8186-8204. <https://doi.org/10.1080/03610926.2021.1890124>
- Singh, P., & Liao, T. W. (2025). Multi-criteria group decision-making using ambiguous sets, Weibull distribution, and aggregation operators: A case study in optimal vendor selection for office supplies. *Systems and Soft Computing*, 7, 200283. <https://doi.org/10.1016/j.sasc.2025.200283>
- Sulewski, P., & Drapella, A. (2025). Weibull distribution with linear shape function. *Applied Sciences*, 15(20), 11222. <https://doi.org/10.3390/app152011222>
- Thavorn, E., & Sudasna-Na-Ayudhya, P. (2022). The effects of Weibull distribution on supplier comparison using lower process capability index: A Case Study. *Trends in Sciences*, 19(3), 2158. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.2158>
- Wang, J., Geng, H., & Li, P. (2025). A software reliability model for open source big data systems based on Weibull-Weibull distribution. *Scientific Reports*, 15, 14670. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-98942-9>
- Wei, Z., Gupta, R. C., Ng, C. M., & Ong, S. H. (2025). A Weibull COMP-Bessel distribution to analyse life testing data. *Journal of Statistical Theory and Practice*, 19, Artículo 95. <https://doi.org/10.1007/s42519-025-00508-5>
- Wu, T., Blackhurst, J., & O'Grady, P. (2007). Methodology for supply chain disruption analysis. *International Journal of Production Research*, 45(7), 1665-1682. <https://doi.org/10.1080/00207540500362138>
- Yu, W. (2024). Application of Weibull analysis in the optimization of civil aviation aircraft engineering reliability management. *Academic Journal of Engineering and Technology Science*, 7(1), 68-73. <https://doi.org/10.25236/ajets.2024.070111>