



**Análisis de confiabilidad mediante el modelo de Weibull**

Juan David Carmona Londoño

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesores

José Andrés Marín, asesor externo

Melisa De Jesús Barrera Durango, asesor interno

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Eléctrica

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	Carmona Londoño [1]
<b>Referencia</b>	[1] J. D. Carmona Londoño, “Análisis de confiabilidad mediante el modelo de Weibull”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2023.
Estilo IEEE (2020)	



Créditos a escenario de prácticas, personas, proyectos que aportaron al desarrollo de la práctica (interna y externamente: empresa y área de la empresa, grupo de investigación, proyecto, organización)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Noé Alejandro Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

---

## I. CONTENIDO

I. CONTENIDO .....	3
II. ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
III. RESUMEN .....	5
IV. INTRODUCCIÓN .....	6
V. OBJETIVOS .....	7
A. Objetivo general.....	7
B. Objetivos específicos .....	7
VI. MARCO TEÓRICO.....	8
A. Antecedentes.....	8
B. Fundamentos teóricos .....	8
VII. METODOLOGÍA .....	12
VIII.RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	13
A. Identificación y extracción de la información.....	13
B. Diagrama de Pareto y diagrama de Jack Knife .....	14
C. Modelo de WEIBULL. ....	16
D. RESULTADOS.....	19
IX. CONCLUSIONES .....	23
X. REFERENCIAS.....	24

---

## II. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1 Diferentes valores de $\beta$ .....	9
Fig 2 Diagrama de Pareto.....	10
Fig 3Diagrama de Jack Knife.....	11
Fig. 4. IW38.....	13
Fig. 5. IW3M.....	14
Fig. 6 .Diagrama de Jack Knife.....	15
Fig. 7. Selección máquina crítica mediante el Diagrama de Jack Knife, línea jamones.....	16
Fig 8 Comparativa empa00038.....	20
Fig 9 Comparativa empa00007.....	21
Fig 10Comparativa empa00039.....	22

### III. RESUMEN

Industrias de alimentos Zenú, es una empresa de alimentos, dedicada a la fabricación de todo tipo de carnes frías, tales como: salchichas, jamón, mortadela, etc. Esto lo hacen con los más altos estándares de producción y calidad del producto.

Para mantener estos altos estándares de producción, las máquinas deben de estar disponibles el mayor tiempo posible. De esto se encarga el área de mantenimiento, desde donde se generan los planes correspondientes para mantener las máquinas funcionando en un estado, que garantiza la calidad del producto.

Una de las actividades más importantes del área de mantenimiento es generar planes preventivos, donde se supervise el estado actual de la máquina, o se le cambie algún componente a ésta. Debido a que la producción de alimentos es constante, es fundamental que las frecuencias de mantenimientos preventivo sean óptimas, para no afectar la producción.

Dado lo anterior, en el siguiente trabajo se implementó un método estadístico, el método Weibull, con el objetivo de encontrar las frecuencias óptimas de mantenimiento, y que sea una ayuda a la hora de generar estos planes. Este método se implementó mediante una plantilla de Excel, en la cual se tiene que especificar el código SAP (Systemanalyse Programmentwicklung) de la máquina y el nombre del componente, tal y como aparece en la base de datos, después de esto la herramienta arroja la vida media del componente, según el histórico de cambio de este.

*Palabras clave — Mantenimiento, Disponibilidad, Weibull, Producción, Planes.*

#### IV. INTRODUCCIÓN

Cuando en una planta se está programando el mantenimiento, la mayor parte de éste es preventivo, y una pequeña parte es el correctivo. En el mantenimiento preventivo se busca adelantarse a la falla, y también se busca mantener la confiabilidad. Por esto es importante determinar la frecuencia correcta de mantenimiento de una máquina en específico, para no abusar del mantenimiento preventivo y afectar la producción, o no relegar el mantenimiento y afectar la vida de la máquina.

Actualmente hay tres formas de determinar la frecuencia de mantenimiento de una máquina: La primera, la más común, es fijar la frecuencia de mantenimiento mediante la experiencia de los técnicos encargados del mantenimiento de la planta. La segunda es la implementación de modelos matemáticos capaces de predecir la falla de la máquina, permitiendo anticiparse a este y así realizar el mantenimiento respectivo. Y, por último, la menos utilizada debido a la complejidad, es utilizar el método estadístico, en este caso el método de Weibull, para poder establecer los tiempos correctos de mantenimiento de la máquina [1].

El modelo de Weibull es una técnica descubierta por Walodi Weibull en 1951. Es una técnica estadística que permite estimar la probabilidad de una ocurrencia. En mantenimiento el modelo de Weibull tiene grandes propiedades, ya que según el valor de una constante las tasas de fallo pueden ser crecientes, decrecientes o constantes. Es un modelo muy versátil, ya que puede ser aplicado en una amplia gama de sectores de conocimiento, dando grandes resultados [2].

---

## V. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

Optimizar la frecuencia con la que debe llevarse a cabo cada tarea de mantenimiento en las máquinas más críticas, pertenecientes a las líneas de producción, mediante la utilización del modelo estadístico de Weibull.

### B. Objetivos específicos

- 1) Identificar las máquinas más críticas de cada línea de producción, aquellas que con la falla o con la realización de un mantenimiento paran la producción de la línea, para una mejor confiabilidad de la línea de producción.
- 2) Revisar sistemáticamente las bases de datos donde se encuentren los datos necesarios, para una correcta implantación del método de Weibull en las máquinas identificadas como críticas.
- 3) Implementar el método de Weibull mediante la utilización de programas ofimáticos, que permitan una correcta confiabilidad y una buena accesibilidad a los resultados.
- 4) Analizar los resultados obtenidos.

---

## VI. MARCO TEÓRICO

### A. Antecedentes.

Actualmente en la empresa Industrias de Alimentos Zenú la frecuencia en la que se programa el mantenimiento preventivo, queda totalmente a discreción del técnico, ya que cuentan con una amplia experiencia en las máquinas de la planta, por lo tanto, se le entrega esta responsabilidad. Pero al realizar esta tarea manual, siempre surge la misma pregunta, cuál es la periodicidad más adecuada, ya que el fin de una tarea de mantenimiento es evitar el fallo de la máquina, así que lo más aconsejable sería guiarse basado en estadísticas, como, por ejemplo, el tiempo de fallo u otras variables con la que cuentan en mantenimiento. Esto no siempre es posible, debido a la falta de conocimiento para llevar a cabo este estudio, o la escases de datos [1]. Así que en este caso se busca complementar la experiencia de los técnicos, con el uso de modelos estadísticos.

### B. Fundamentos teóricos

*Mantenimiento:* El mantenimiento es la función por la cual las plantas, pueden mantener la operabilidad de las máquinas, ya que al realizar el mantenimiento éstas recuperan su capacidad de funcionamiento.

*Mantenimiento preventivo:* El mantenimiento preventivo es una de las clases fundamentales de mantenimiento, ya que permite programar tareas de revisión, inspección, reparación de máquina, para mantener su confiabilidad en el tiempo y evitar así una mayor tasa de fallas.

*Confiabilidad:* Es una serie de procesos que incorporan las grandes empresas, tales como: herramientas de diagnóstico, técnicas de análisis y nuevas tecnologías. Todo esto para una ejecución controlada y una mejor optimización [4].

*Disponibilidad:* La disponibilidad es un indicador muy utilizado en mantenimiento, que permite medir el tiempo que un equipo esta apto para su uso.



*MTTR* (Tiempo medio de reparación): Indicador de mantenimiento, el cual indica el tiempo medio que se demoran en reparar el equipo.

*MTBF* (Tiempo medio entre fallas): Es el tiempo medio en que una máquina se demora en fallar.

*Modelo de Weibull*: El modelo de Weibull es una de las distribuciones más utilizadas en confiabilidad, es continua y es una función compuesta por dos parámetros explicados a continuación [3].

- *Pendiente de Weibull ( $\beta$ )*: Se conoce como parámetro de forma, debido a que para diferentes valores de  $\beta$  la forma del modelo de Weibull cambia, para  $\beta=1$  la distribución de Weibull es una distribución normal, para una  $\beta$  entre 3 y 4 se parece a una distribución normal.

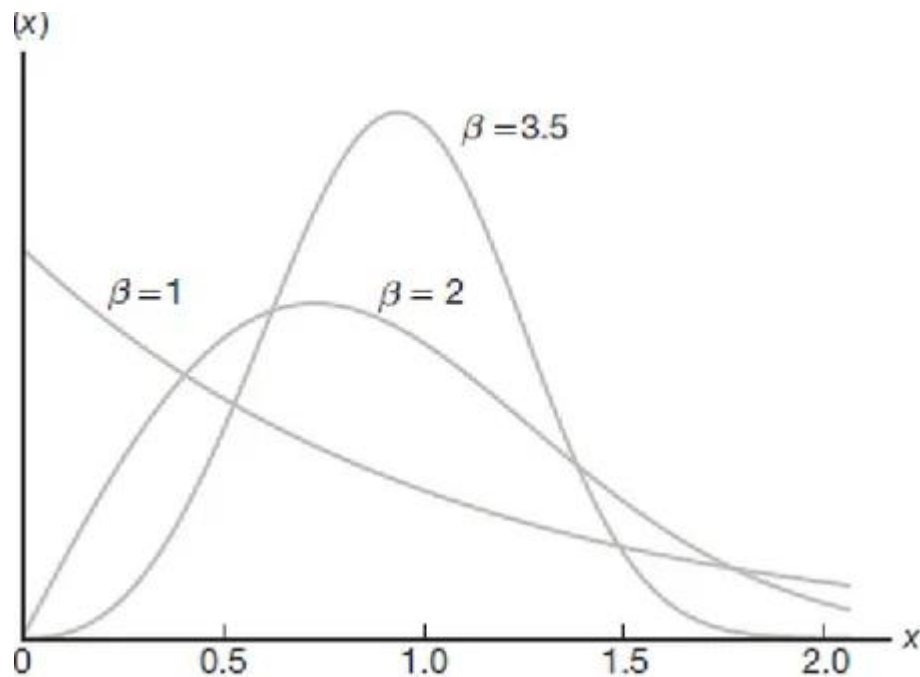


Fig 1 Diferentes valores de  $\beta$ .

- *Parámetro de escala ( $\eta$ )*: Contrae o extiende la distribución de Weibull.

*Diagrama de Pareto*: Es un diagrama o curva de distribución que sirve para ordenar los datos de manera que queden en orden descendente, de izquierda a derecha. Esta grafica permite observar gráficamente que hay muchos problemas sin una importancia relevante en un sistema, permitiendo observar el porcentaje de los problemas que realmente tienen un peso relevante en el sistema [4].

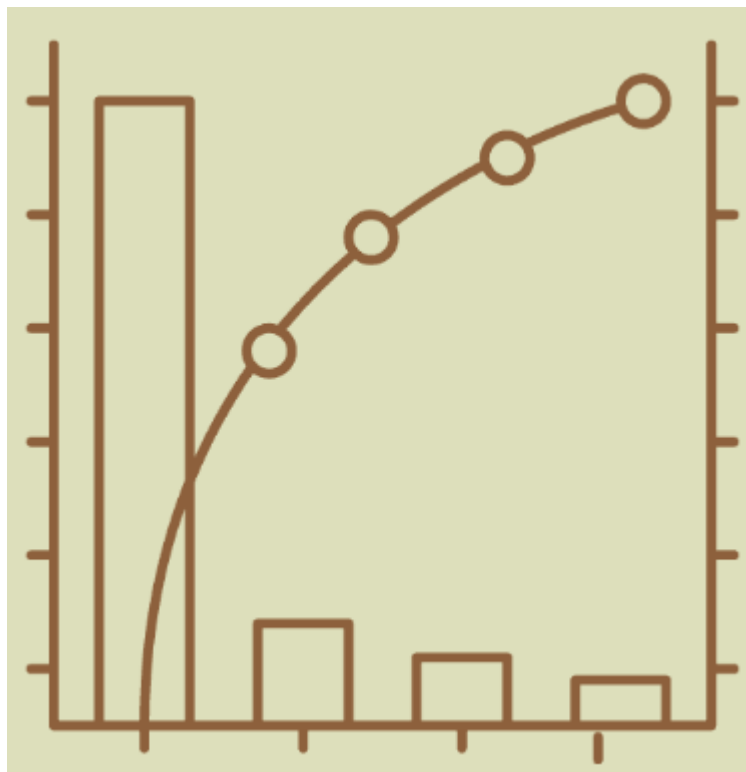


Fig 2 Diagrama de Pareto.

*Diagrama de Jack Knife*: Es un diagrama compuesto por 4 cuadrantes, el cual se puede clasificar los equipos, de leve, agudo, crónico y crónico agudo. Así que este diagrama permite analizar los tiempos de inactividad de los equipos versus si tasa de falla [4].

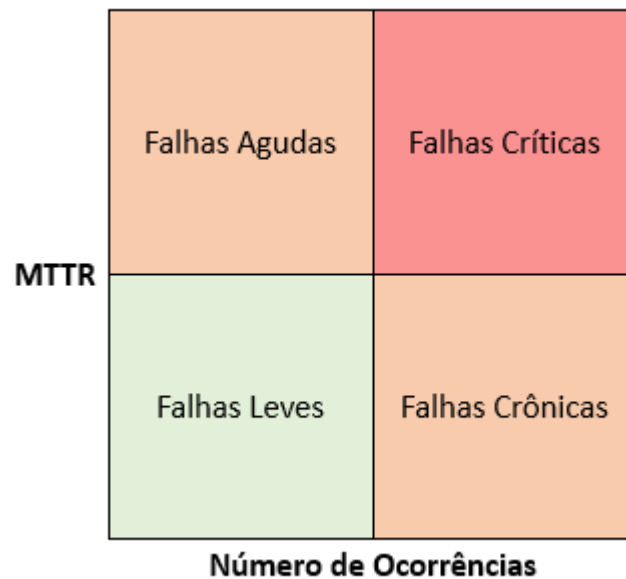


Fig 3 Diagrama de Jack Knife.

*Tiempo de parada:* Tiempo total en el que una máquina ha estado parada en las averías, en un intervalo de tiempo dado.

*Avería:* Daño que afecta el funcionamiento de la máquina, impidiendo que la actividad de la planta se siga ejecutando.

*Anormalidad:* Daño o afectación que sufre una máquina, pero que no impide que la actividad de la planta se siga ejecutando.

*TMPR (Tiempo medio de reparación):* Es el tiempo medio, calculado mediante una distribución, de reparación de un equipo o sistema.

---

## VII. METODOLOGÍA

*Actividad 1.* Identificar y extraer de la base de datos, la información necesaria.

*Actividad 2.* Implementar en Excel el diagrama de Pareto, para identificar las máquinas que tienen mayor peso en las averías de la línea.

*Actividad 3.* Implementar en Excel el diagrama de Jack Knife, para identificar las máquinas con que están en el cuadrante crónico agudo.

*Actividad 4.* Implantar en Excel modelo de Weibull, para identificar el tiempo óptimo de confiabilidad del equipó.

*Actividad 5.* Comparar la frecuencia de los planes de mantenimiento con el actual, para identificar oportunidades de mejora, e implementarlas

*Actividad 6.* Digitalizar ofimáticamente el proceso hecho en un data estudio, para poder observar el comportamiento de este en el tiempo.

*Actividad 7.* Verificar el funcionamiento del formato digital, sometiéndolo a pruebas para verificar su correcto funcionamiento.

## VIII. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presenta el desarrollo del proyecto de acuerdo con la metodología mencionada anteriormente.

### A. Identificación y extracción de la información.

Industria de alimentos Zenú, gestiona toda la información de la empresa mediante el software SAP. Este permite almacenar toda la información, mediante tablas llamadas transacciones. SAP esta dividido a su vez en módulos, un módulo para cada sector de la empresa, por ejemplo, el caso de mantenimiento se utiliza el módulo Mantenimiento de planta (PM), el de finanzas (FI), gestión de costos (CO), etc.

En este caso particular, la información que nos compete se encuentra en las tablas IW38(Fig 1) y IW3M (Fig 2). La primero permite traer todas las ordenes de trabajado asociadas a los equipos especificados, y la segunda, permite observar todos los repuestos que fueron necesarios para ejecutar estas órdenes de trabajo.

Visualizar órdenes PM: Selección de órdenes PM

Receptor de liquidación MAF

Status orden

Pendiente  En tratam.  concluido  Hist. Esq.selec. Dir. X

Selección de órdenes

Orden		a		
Clase de orden		a		
Ubicación técnica		a		
Equipo				
Material		a		
Número de serie		a		
Dat.adic.disposit.		a		
Aviso		a		
Pto.tbjo.responsable		a		
Ce.p.pto.trabajo		a		
Período		a	31.12.9999	
Interl.				
Moneda				

Datos generales/datos de gestión

Lista objetos incl.

Orden principal		a		
Orden superior		a		
Centro planificación		a		

Fig. 4. IW38

Lst.movimientos mercancías p.orden: selección movimientos de mercancía

Selección de movimientos de mercancías

Orden  a

SM planif.  SM no planif.  EM para pedido  EM para orden

Selección de movimiento de material

Documento material	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Ejerc.documento mat.	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Posición doc.mat.	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Fecha de documento	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Fe.contabilización	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>

Datos generales

Material	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Centro	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Almacén	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Lote	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Clase de movimiento	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Stock especial	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Proveedor	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Pedido cliente	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Pedido	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Posición	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>
Dest.mercancía	<input type="text"/>	a	<input type="text"/>	<input type="button" value="→"/>

SAP

Fig. 5. IW3M

En el caso del presente trabajo, se extrajo la información del consumo de todas las máquinas, de los años que se tuviera información.

## B. Diagrama de Pareto y diagrama de Jack Knife

El diagrama de Jack Knife permite encontrar las máquinas más críticas de un proceso mediante la cantidad de averías y su tmpr. Se trata de encontrar el límite medio de averías y el límite medio de tmpr, trazar líneas en esos respectivos medios. Esto divide el diagrama en 4 partes, como se muestra en la figura 6, y cada parte recibe una calificación: Normal, Agudo, Crónico y Agudo y crónico. Para interés del presente proyecto, se seleccionarán las máquinas con mayor

número de averías y que estén en la calificación Crónico y Agudo y Crónico.

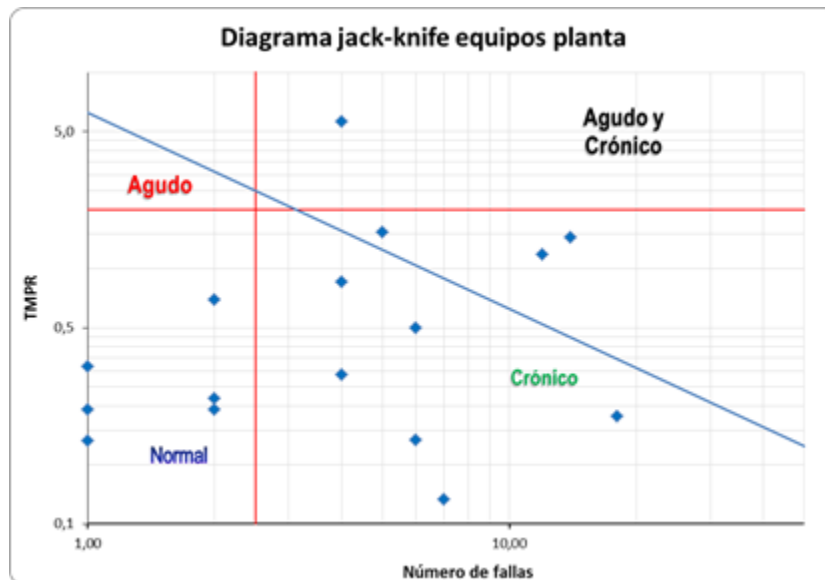


Fig. 6 .Diagrama de Jack Knife

Para el caso de la planta se decidió escoger las máquinas más críticas por línea, para observar cómo era su comportamiento. Las líneas, son las encargadas de producir un solo producto, es como su especialidad, en el caso de Zenú se cuenta con: Jamones, Barras, Salchichas, Larga vida y Salchichón.

La implementación del diagrama de Pareto y el diagrama de Jack Knife con la herramienta Excel no fue necesaria, ya que la empresa ya cuenta con un apartado en el Data estudio (Herramienta online que permite tratar y visualizar datos) que permite hacer este cálculo (figura 7). Así que nos apoyamos de este, para encontrar las máquinas más críticas por línea en el último año.

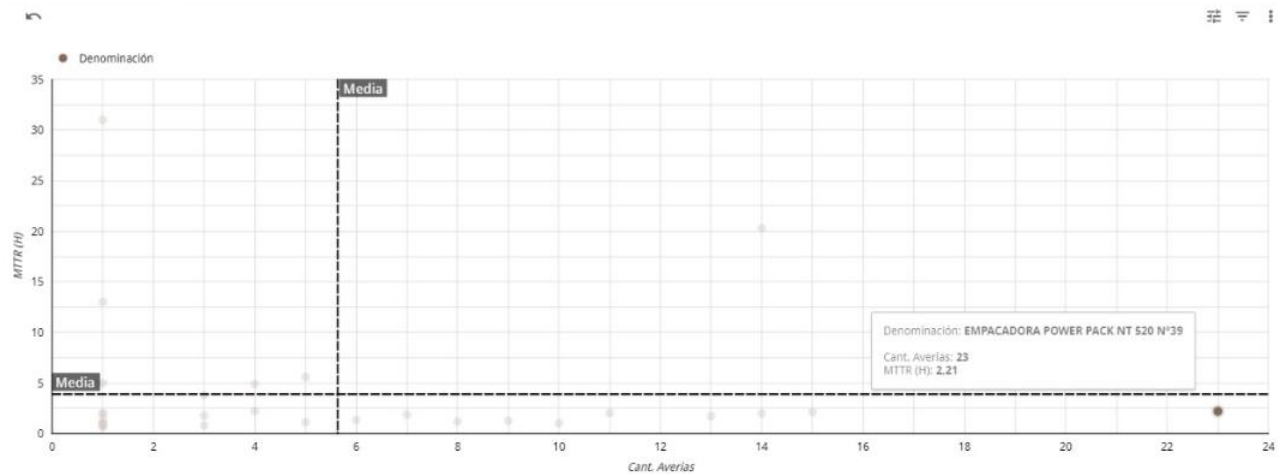


Fig. 7. Selección máquina crítica mediante el Diagrama de Jack Knife, línea jamones

A continuación, se presenta las máquinas escogidas por línea, clasificación Jack Knife y nombre de la máquina:

JAMONES - Crónico - EMPA00038-EMPACADORA ZIPPER MULTIVAC R535 N°38

BARRAS - Crónico - EMPA00007-EMPACADORA POWERPACK 685/0299 N°12

SALCHICHAS - Crónico -EMPA00039-EMPACADORA POWER PACK NT 520 N°39

SALCHICHAS – Aguda y crónico -FORMADORA SALCHICHAS VEMAG LPG218

LARGA VIDA - Crónico -SELLADORA FERRUM F403 E C10-801500 - VI

SALCHICHON - Crónico-GRAPADORA AUTOMATICA POLY CLIP FCA 120

### C. Modelo de WEIBULL.

A continuación, se explican los pasos para limpiar los datos y las consideraciones hechas.

Lectura de datos.

```
1. df = pd.read_excel('DB.xlsx')
```

Debido a que Alimentos Cárnicos es una unión de varias empresas cada empresa manejaba diferentes códigos para algunos materiales. Debido a esto, alimentos cárnicos decidió unificar la nomenclatura, ocasionando la creación de nuevos códigos para los materiales. A los viejos



materiales se los renombro N/A seguido del código del material y después el nombre de este.

En la siguiente línea de código se realiza el proceso inverso, o sea, se les quita el N/A y se los renombra con el nuevo código y nombre con el fin de no perder éste histórico.

```

1. df['N/A']= df['Denominación'].str.startswith('N/A') | df['Denominación'].str.startswith('6')
2.
3. df['Number'] = df['Denominación'].str.extract(r'(\d*\.\d+)\s\b')
4.
5. df['Number'] = np.where(df['N/A'] & df['Number'].str.startswith('6'), df['Number'],")
6.
7. df['Number'] = np.where(df['Number'].str.len() > 5, df['Number'],")
8.
9. df['Material'] = np.where(df['Number'].eq(""), df['Material'],df['Number'])
10.
11. df['Material'] = df['Material'].fillna(0)
12.
13. df['Material'] = df['Material'].astype(int)
14.
15. temp3 = df[['Number','Denominación']]
16.
17. df = df.sort_values(['Material', 'Fecha documento'],
18.     ascending = [True, False])
19.
20.
21. df['VTX1'] = df.duplicated(['Material'])
22. df22 = df['Material'].drop_duplicates().to_frame()
23. df22 = df22.reset_index(drop=True)
24. df22['Index1'] = df22.index
25. df = pd.merge(left=df,right=df22,how='left',left_on='Material', right_on='Material')
26. df['VTX2'] = np.where(df['VTX1'].eq(False),1,0)
27. d = df.set_index('Index1').query('VTX2 == 1')['Denominación']
28. df['Denominación'] = df['Denominación'].mask(df['Material'].eq(df['Material'].shift())|df['Material'].eq(df['Material'].shift(-1)),df['Index1'].map(d))

```

Otro de los restos fue tratar con los movimientos 1 y -1, que son aquellos materiales que se sacan del almacén y por uno u otro motivo se devuelven. Estos movimientos quedan registrados y es necesario hacer una limpieza, debido a que son materiales que no fueron utilizados.

```

1. z = df.duplicated(['Equipo','Denominación','Clase de orden','Selected'], keep = 'last')
2.
3. df['Selected6']= np.where(df['Selected'].eq('Y'), z,'s')
4.
5. df.drop(df[(df['Selected6'] == 'True')].index,inplace=True)
6.
7. q=df['selected1'].le(0) & df['Selected6'].eq('False')

```

```

8.
9. df['Selected6'] = np.where(q , 'B','s')
10.
11. df.drop(df[(df['Selected6'] == 'B')].index,inplace=True)
12.
13. df.drop(df[(df['Cantidad'] <= 0)].index,inplace=True)
14.
15. df['selected2'] = df.groupby(['Equipo','Denominación','Clase de orden'])['Fecha documento'].shift()
16.
17.
18. # Calculo de la fecha entre fallas.
19. df['selected3'] = (df['Fecha documento'] - df['selected2']).dt.days

```

Ya con los tiempos obtenidos y almacenados una lista para cada material y equipo, se procede a aplicar la formula. En esta ocasión se utiliza la librería `reliability.Fitters`, e importamos `Fit_Weibull_2p`. Se utiliza el modelo de dos parámetros, ya que es menos demandante para los cálculos.

```

1. data = (dataE.groupby(['Equipo','Denominación','Clase de orden'],as_index=False)['selected3'].agg(list).reindex(columns=dataE.columns))
2.
3. data['weibull'] = data['selected3'].apply(lambda x: W2p(x))
4.
5. data[['A', 'B']] = pd.DataFrame(data['weibull'].tolist(), index=data.index)
6.
7. data['E'] = data['A']*data['B'].apply(lambda x: scipy.special.gamma(1+(1/x)) )
8.
9. data['V'] = np.sqrt(((data['A']**2)*data['B'].apply(lambda x: scipy.special.gamma(1+(2/x)) ) - (data['A']*data['B'].apply(lambda x: scipy.special.gamma(1+(1/x))))**2)
10.
11. data['full_name'] = data['Equipo']+" "+data['Denominación'] + " "+data['Clase de orden']
12.
13. data=data.dropna(axis=1)
14.
15. datab = dataE.drop_duplicates(['Equipo','Denominación','Clase de orden'], inplace=False)
16.
17. datab = datab[['full_name','Fecha documento','Importe ML','Mean','Pro año','MAX','Ultimo consumo','Ubicac.técnica','Criticidad']]
18.
19. data = pd.merge(left=data,right=datab,how='left',left_on='full_name', right_on='full_name', suffixes=[None,'_2'])
20.
21. data['Fecha documento'] = pd.to_datetime(data['Fecha documento'])
22.
23. #temp = data['E'].apply(np.ceil).apply(lambda x: pd.Timedelta(x, unit='D'))
24.
25. #data['Proximo consumo'] = data['Ultimo consumo'] + temp
26.

```

```

27. #data['Importe ML'] = data['Importe ML'] * data['Mean']
28.
29. data['Importe año'] = data['MAX'] * data['Pro año']*data['Mean']
30.
31. #t= -(A[0]*np.log(0.5**(1/B[0])))
32.
33. data['Confiabilidad'] = np.where(data['Criticidad'].eq('A'),90,63)
34.
35. data['FrecuenciaP'] = ((data['A'])*(-np.log(data['Confiabilidad']/100))**(1/data['B']))
36.
37. data['FiabilidadA'] = np.exp(-((data['E']/data['A'])**data['B']))
38.
39. temp = data['FrecuenciaP'].apply(np.ceil).apply(lambda x: pd.Timedelta(x, unit='D'))
40.
41. data['Proximo consumo'] = data['Ultimo consumo'] + temp

```

Por último, se procede con la proyección, en la cual es necesario tener una fecha final y un día inicial. Esta proyección se realiza mediante el tiempo obtenido para una fiabilidad dada, en este trabajo se utiliza una fiabilidad del 63%. El tiempo t obtenido se le suma a la última fecha del consumo del material, y así sucesivamente hasta llegar a la fecha final.

```

1. Ffinal= datetime.datetime(2023, 12, 31)
2. Finicial = datetime.datetime(2022, 1, 1)
3. ProyPD = pd.DataFrame(columns=['Material', 'Equipo', 'Clase de
orden', 'Costo', 'Cantidad', 'Fecha
esperada', 'Ubicac.técnica', 'Confiabilidad', 'FrecuenciaP', 'FiabilidadA', 'Esperanza V', 'A', 'B'])
4. for index, row in df2.iterrows():
5.     if row['Proximo consumo'] > Finicial:
6.         proyect = row['Proximo consumo']
7.         while proyect < Ffinal :
8.             proyect
9.             ProyPD = ProyPD.append({'Material': row['Denominación'], 'Confiabilidad':
row['Confiabilidad'], 'FrecuenciaP': row['FrecuenciaP'], 'Ubicac.técnica':
row['Ubicac.técnica'], 'FiabilidadA': row['FiabilidadA'], 'Esperanza V': row['E'], 'Equipo':
row['Equipo'], 'Clase de orden': row['Clase de orden'], 'Costo':
row['MAX']*row['Mean'], 'Cantidad': row['Mean'], 'A': row['A'], 'B': row['B'], 'Fecha esperada':
proyect}, ignore_index=True)
10.         proyect = proyect + pd.Timedelta(row['FrecuenciaP'], unit='D')
11.         #print(row['E'], row['Proximo consumo'])

```

#### D. RESULTADOS.

Para analizar los resultados se hará una comparativa entre las frecuencias de recambio que hay actualmente y las frecuencias que propone los resultados obtenidos, estas frecuencias son dadas en días. Las tres frecuencias para comparar serán por los conceptos ZPRE, ZPRO y ZAVE, respectivamente indican mantenimiento preventivo, mantenimiento por anomalía y

mantenimiento por avería. Para estas comparativas se utilizará el software Powerbi, también deja ver en días cual fue el último recambio del material y en porcentaje la fiabilidad de este. Debido a que son varios componentes por analizar, se escogerá 1 por máquina, así como también se escogerán 3 de los equipos para el análisis. Además, cabe recalcar que se utilizaron por frecuencia la vida media del material, ya que el objetivo era identificar la carga base.

a) EMPA00038.

En la fig 8 se observa la comparativa entre las frecuencias promedias actuales y las frecuencias obtenidas por el modelo. Se puede observar cómo tanto la ZAVE 395 días y la ZPRE 87 días obtenidas manejan valores idénticos a los valores actuales ZAVE 395,89 y ZPRE 86,36 , pero en la ZPRO , 98 días, arroja una frecuencia de recambio menor, alrededor de 24 días. Así, también se proyecta un total de 8 Empaques, 4 por concepto de ZPRE, 3 por ZPRO y un ZAVE. También indica que en promedio la ultima vez que el material se cambio fue alrededor de 153 días y actualmente la fiabilidad del componente es de 22,73 %

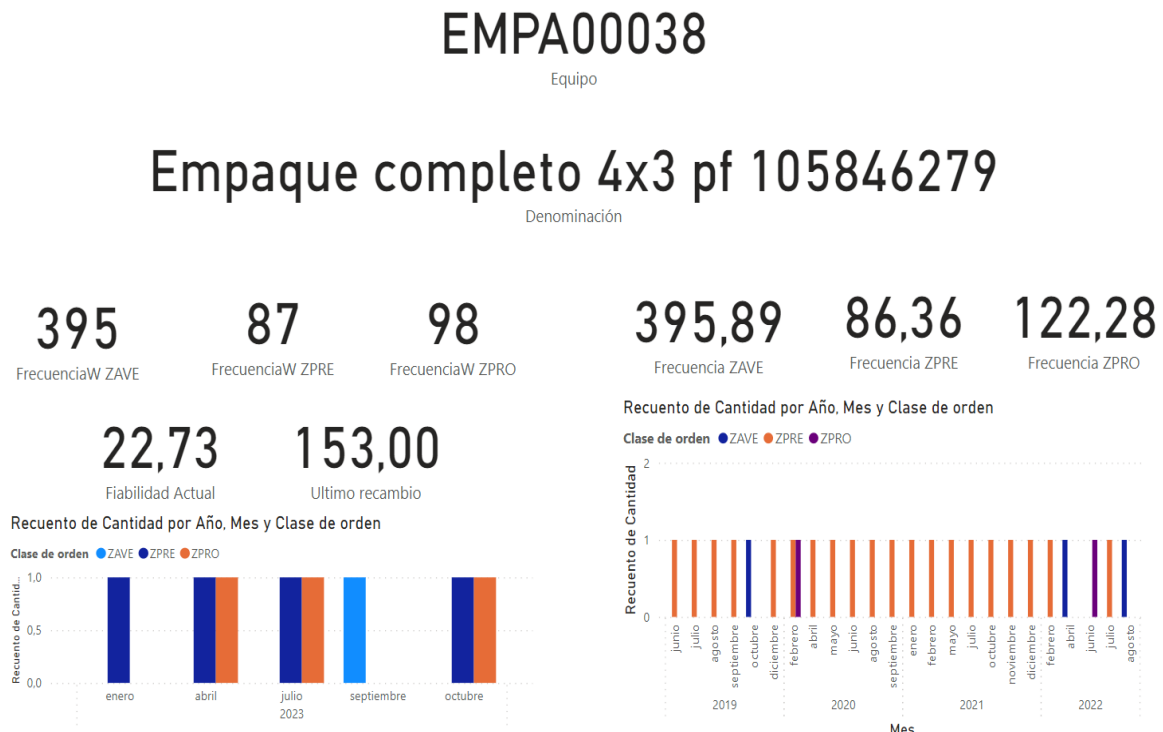


Fig 8 Comparativa empa00038.

b) EMPA00007.

El componente seleccionado es la cuchilla ZIG-ZAG. En la frecuencia ZPRO se tienen 22 días menos, en la ZPRE casi 50 y no se proyecta una frecuencia de ZAVE, esto debido a que las averías de este material no son recurrentes en la máquina, y el modelo necesita como

mínimo 4 recurrencias para hacer la proyección. La última vez que se reemplazó el material fue hace 301 días para una fiabilidad actual del 17 %. Se presupuesta que para el 2023 dadas las frecuencias calculadas se requieren 3 cuchillas por concepto de ZPRO y unas 4 por concepto de ZPRE.

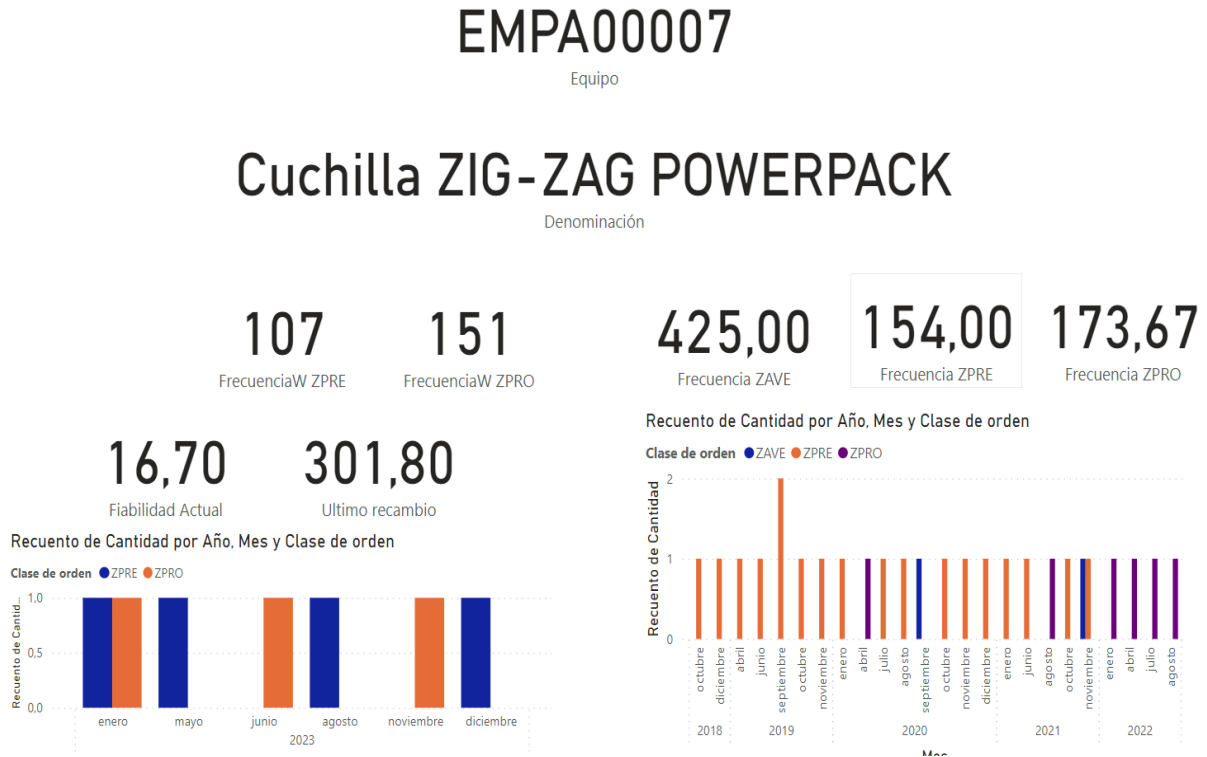


Fig 9 Comparativa empa00007.

c) EMPA00039.

Para la EMPA00039 se escoge el componente Cuchilla ZIG-ZAG gruesa. Como se puede observar en la fig 7, este componente no ha presentado avería y por lo tanto no registra esta frecuencia, en tanto por ZPRE es muy parecida a la calculada, 10 días de margen, mientras que para el ZPRO se recomienda un recambio de 254 días. El último componente cambiado fue hace 347 días y se tiene una fiabilidad actual del 46 %. Para el 2023 se presupuesta 2 por concepto de ZPRO y una por ZPRE.

# EMPA00039

Equipo

## Cuchilla ZIG-ZAG gruesa SP:4256-A3

Denominación

347

FrecuenciaW ZPRE

254

FrecuenciaW ZPRO

336,29

Frecuencia ZPRE

361,60

Frecuencia ZPRO

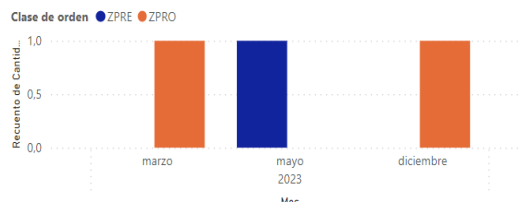
46,00

Fiabilidad Actual

347,00

Ultimo recambio

Recuento de Cantidad por Año, Mes y Clase de orden



Recuento de Cantidad por Año, Mes y Clase de orden

Clase de orden ● ZPRE ● ZPRO

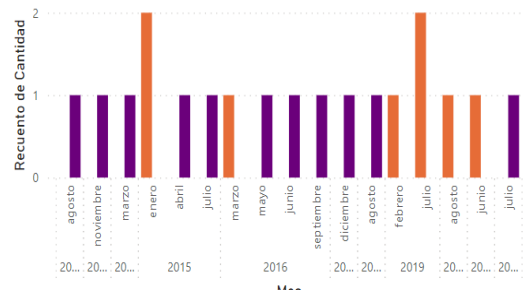


Fig 10 Comparativa empa00039.

---

## IX. CONCLUSIONES

- Weibull es una gran herramienta estadística, ya que permite conocer el comportamiento del material objetivo a lo largo de los años, y darle un valor numérico en términos de días para poder reemplazar éste.
- El comparar las frecuencias, permite tener una mayor visualización del concepto de recambio de éste, sea por ZPRO, ZPRE o ZAVE, ya que cuando aparecen las ZPRO o ZAVE en el historial de un material, quiere decir que se ha llegado tarde al reemplazo, ya que éste presenta un problema o falla. Cabe aclarar que esto también dependerá de la estrategia de mantenimiento elegida, ya que si se tiene una estrategia por recambio en condición estará bien esperar el ZPRO y ZAVE.
- Es importante resaltar el comportamiento de los tres conceptos en los resultados obtenidos. Son pocas las averías o ZAVE que salen a relucir. En cambio, los ZPRE y los ZPRO son mayores, el volumen de movimiento de material está concentrado en ellos, esto significa que la planta sufre de pocas paradas, ya que las anomalías normalmente no cortan el proceso y las ZPRE son paradas programadas.
- Es importante recalcar que se utilizó el cálculo de la vida media de Weibull, esto permitió tener una mejor identificación de la carga base de la planta, los materiales cuyas frecuencias de uso están identificadas. Por esto se obtuvieron fiabilidades bajas alrededor del 30 %. Para buscar una fiabilidad mayor, se debe ingresar la confiabilidad deseada, pero al hacer esto, la identificación de la carga base se pierde, ya que las frecuencias serán mucho menores que las frecuencias promedio que viene manejando la planta.
- Hay un impacto positivo en cuanto al presupuesto, debido a que este modelo permite hacer una proyección de los materiales que se van a consumir durante un periodo de un año, así se pueden hacer mejores negociaciones o valoraciones en los puntos débiles del presupuesto y generar ahorros importantes.

## X. REFERENCIAS

- [1] "DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA CON LA QUE DEBE LLEVARSE A CABO CADA TAREA DE MANTENIMIENTO". Renovetec. <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento/145-frecuencia-de-las-tareas-de-mantenimiento>
- [2] "Análisis Weibull: Ejemplos Básicos de como usarlo para los Análisis de Confiabilidad". Predictiva21. <https://predictiva21.com/analisis-weibull-ejemplos/>
- [3] "El modelo Weibull: reforzando el concepto de confiabilidad". astm. <https://sn.astm.org/spanish/?q=data-points/el-modelo-weibull-reforzando-el-concepto-de-confiabilidad-ma20.html>
- [4] C. VALDIVIA MARTÍNEZ, "ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD PARA MODOS DE FALLA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA", trabajo de grado, UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, Chile, 2018.



