

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA CON MENCIÓN EN
PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD”**

TEMA:

PLANIFICACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE LOS EQUIPOS EN UNA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD

AUTOR:

GONZALO XAVIER SALAS BOHÓRQUEZ

Guayaquil - Ecuador

2023

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de determinar las oportunidades de mejora en el proceso productivo, mediante la localización de los fallos más representativos, basados en una metodología, como lo es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

En este proyecto se ha definido una línea piloto donde se analiza la data tomada de 15 meses de trabajo y se identifica mediante el método de Pareto los modos de fallo que más han impactado en este período de tiempo a la producción. Se establece un análisis de fallas y mediante el análisis y estimación de la Supervivencia, se determina la frecuencia con la que se presentan las fallas y con esto, se busca implementar un plan de acción que minimice la ocurrencia de estas.

ABSTRACT

The objective of this work is to determine the opportunities for improvement in the production process, by locating the most representative failures, based on a methodology, such as Reliability-Centered Maintenance.

In this project, a pilot line has been defined where the data taken from 15 months of work is analyzed and the failure modes that have had the greatest impact on production in this period of time are identified using the Pareto method. A failure analysis is established and through the analysis and estimation of Survival, the frequency with which failures occur is determined and with this, an action plan is sought to be implemented that minimizes their occurrence.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y a mi amada familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su infinito amor y la oportunidad que me ha dado para culminar con este proyecto.

Agradezco a mis padres por su constante apoyo.

Agradezco a mi hermosa familia por ser el motor de avance que me impulsa a cumplir con mis metas y mejorar día a día.

Agradezco a mis amigos ya que, sin su ayuda, esto no hubiese sido posible.

Agradezco a la Magister Pamela Crow Santos por su dirección y soporte en la realización de este proyecto.

Al Ingeniero Carlos Cantos y al PhD. Francisco Vera por su gran ayuda.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Gonzalo Xavier Salas Bohórquez

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Msc. Mario Solórzano Carvajal
PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
PAMELA VANESSA CROW
SANTOS

Msc. Pamela Crow Santos
DIRECTOR



Firmado electrónicamente por:
SANDRA LORENA
GARCIA BUSTOS

Ph.D. Sandra Lorena García Bustos
VOCAL

ABREVIATURAS O SIGLAS

RCM Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

TPM Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total.

OEE Overall Equipment Effectiveness o Efectividad de Equipos.

MTBF Mean Time Before Fail o Tiempo Medio Entre Fallas

MTTR Mean Time To Repair o Tiempo Promedio Para Reparación

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo Principal.....	3
1.3.2. Objetivos secundarios.....	3
1.4. Alcance.....	3
CAPÍTULO 2	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Estudio de la Confiabilidad.....	4
2.1.1 Contexto Operacional de Sistemas.....	4
2.1.1.1 Sistemas En Serie.....	4
2.1.1.2 Sistemas en Paralelo.....	5
2.1.1.3 Sistemas Estructura K-Out-Of-N.....	5
2.1.1.4 Sistemas Estructura Mixtas.....	6
2.1.2 Definiciones De La Confiabilidad.....	6
2.1.2.1 Función De Densidad De Fallo.....	6
2.1.2.2 Distribución Acumulada.....	6
2.1.2.3 Función De Confiabilidad.....	7
2.1.2.4 Curva De La Bañera.....	7
2.1.2.5 Tiempo Medio Entre Fallas.....	8
2.2 Análisis Gráfico De Fallas.....	9
2.2.1 Histogramas.....	9
2.2.2 Diagrama De Cajas.....	9
2.2.3 Diagrama De Pareto.....	10
2.3 Mantenimiento.....	10
2.3.1 Tipos De Mantenimiento.....	11
2.3.1.1 Mantenimiento Correctivo.....	11
2.3.1.2 Mantenimiento Preventivo.....	11
2.3.1.3 Mantenimiento Predictivo.....	12
2.3.2 Plan De Mantenimiento.....	12

2.4 Indicadores De Gestión	13
2.4.1 Disponibilidad	13
2.4.2 Rendimiento	14
2.4.3 Calidad	14
2.4.4 OEE	14
CAPÍTULO 3	16
3. METODOLOGÍA	16
3.1. Análisis de la Compañía	16
3.1.1 Antecedentes de la Compañía	16
3.1.2 Descripción de las líneas de producción	17
3.2 Análisis Y Selección De Sistemas	18
3.2.1 Revisión De Oee	18
3.2.2 Análisis De La Línea	20
3.2.3 Descripción Del Producto	20
3.2.4 Proceso De Elaboración Del Producto	21
3.3 Levantamiento De Fallos Y Modos De Fallos	23
3.4 Análisis De Datos	25
3.4.1 Calculo De Tiempo Medio Entre Fallas	27
3.4.2 Análisis De Gráficas De Fallos Línea C	31
3.4.2.1 Histogramas	31
3.4.2.2 Diagramas De Cajas	32
3.4.2.3 Determinación De Distribución De Datos	33
3.4.2.4 Modelos De Supervivencia Y Estimador De Kaplan Meier	35
3.4.3 Análisis De Gráficas De Tiempos Muertos Línea C	36
3.4.3.1 Histogramas	37
3.4.3.2 Diagramas De Cajas	38
3.4.3.3 Determinación Distribución De Datos	39
3.4.3.4 Modelos De Supervivencia Y Estimador De Kaplan Meier	39
CAPÍTULO 4	41
4. RESULTADOS	41
4.1 Resultado De Análisis De Fallos	41
4.1.1 Resultado De Falla Encartonadora	41
4.1.2 Resultado De Falla “None”	43
4.1.3 Resultado De Falla Material De Empaque Defectuoso	43
4.1.4 Resultado Falla Atasco Delkor P16	44
4.1.5 Resultado Falla Dosificador De Yogurt	45

4.1.6 Resultado Falla Dispensador De Cucharas	46
4.1.7 Resultado Falla Envasadora Cereal.....	47
4.1.8 Resultado De Falla Copas Cereal	48
4.1.9 Resultado De Falta Personal	49
4.1.10 Resultado Falla De Envasadora P16	50
4.1.11 Resultado Falla Foil Cereal	51
4.1.12 Resultado De Falla Plancha De Sellado Envasadora Cereal	52
4.1.13 Resultado De Falla Resistencia Sellado Envasadora Yogurt	53
4.2 Resultado De Análisis De Tiempos Muertos	54
4.2.1 Resultado De Análisis Standby.....	54
4.3 Propuesta De Plan De Acción Consolidado	55
CAPÍTULO 5.....	57
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
6. Referencias	1
Bibliografía	1
7. Apéndices y anexos	3

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2. 1 Sistema en Serie.....	5
Figura 2. 2 Sistema en Paralelo.....	5
Figura 2. 3 Sistema K de N.....	5
Figura 2. 4 Sistemas Mixtos.....	6
Figura 2. 5 Gráfico de Confiabilidad.....	7
Figura 2. 6 Gráfico Curva de Bañera (Vergara Lazcano, 2014).....	8
Figura 2. 7 Gráfico-Histograma.....	9
Figura 2. 8 Diagrama de Cajas o Bigotes.....	9
Figura 2. 9 Diagrama de Pareto.....	10
Figura 2. 10 Gráfico de composición de la Eficiencia OEE (TOURON,2016).....	15
Figura 3. 1 Eficiencia Mensual de la Compañía.....	19
Figura 3. 2 Diagrama de Pareto por Líneas de Producción.....	19
Figura 3. 3 OEE Línea C.....	20
Figura 3. 4 Diagrama de Proceso Línea C.....	21
Figura 3. 5 Diagrama de Proceso Envasadora Cereal.....	22
Figura 3. 6 Diagrama de Proceso Envasadora de Yogurt.....	22
Figura 3. 7 Diagrama Estructural Línea C.....	23
Figura 3. 8 Histograma MTBF Línea C.....	28
Figura 3. 9 Evaluación de Datos MTBF Línea C.....	28
Figura 3. 10 Gráfico de Probabilidad de la Confiabilidad VS Tasa Acumulada de Fallos Línea C.....	29
Figura 3. 11 Diagrama de Pareto-Fallos Línea C.....	30
Figura 3. 12 Histograma Falla de Encartonadora.....	31
Figura 3. 13 Histograma Falla None.....	32
Figura 3. 14 Histograma Falla Material de Embalaje Defectuoso.....	32
Figura 3. 15 Diagrama de Cajas Falla Encartonadora.....	33
Figura 3. 16 Diagrama de Cajas de Falla None.....	33
Figura 3. 17 Diagrama de Cajas Falla Material de Embalaje Defectuoso.....	33
Figura 3. 18 Evaluación Falla de Encartonadora.....	34
Figura 3. 19 Evaluación Falla None.....	34
Figura 3. 20 Curva de Supervivencia Falla Encartonadora.....	35
Figura 3. 21 Curva de Supervivencia Falla Atasco Delkor P16.....	36

Figura 3. 22 Curva de Supervivencia Falla Plancha de Sellado Yogurt	36
Figura 3. 23 Diagrama de Pareto Standby Línea C	37
Figura 3. 24 Histograma Standby Línea C	38
Figura 3. 25 Diagrama de Cajas Standby	38
Figura 3. 26 Evaluación Evento Standby	39
Figura 3. 27 Curva de Supervivencia Evento Standby	40
Figura 4. 1 Curva de Supervivencia Falla Encartonadora	42
Figura 4. 2 Diagrama Ishikawa Falla Encartonadora	42
Figura 4. 3 Curva de Supervivencia Falla "None"	43
Figura 4. 4 Curva de Supervivencia Material de Embalaje Defectuoso	44
Figura 4. 5 Curva de Supervivencia Falla Atasco Delkor P16.....	45
Figura 4. 6 Curva de Supervivencia Falla Dosificadora de Yogurt	46
Figura 4. 7 Diagrama Ishikawa Falla Dosificador de Yogurt	46
Figura 4. 8 Curva de Supervivencia Fallo Dispensador de Cucharas	47
Figura 4. 9 Curva de Supervivencia Falla Envasadora Cereal.....	48
Figura 4. 10 Curva de Supervivencia Falla Copas Cereal	49
Figura 4. 11 Curva de Supervivencia Falta de Personal	50
Figura 4. 12 Curva de Supervivencia Falla Envasadora P16000	51
Figura 4. 13 Curva de Supervivencia Falla Foil Cereal	52
Figura 4. 14 Curva de Supervivencia Falla Plancha de Sellado Envasadora de Cereal	53
Figura 4. 15 Curva de Supervivencia Falla de Resistencia Envasadora Yogurt ...	54
Figura 4. 16 Curva de Supervivencia Evento Standby	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3. 1 Fallos y Modos de Fallo Línea C	24
Tabla 3. 2 Modelo de Tabla de Datos Línea C.....	25
Tabla 3. 3 Tabla de Datos MTBF Línea C.....	27
Tabla 3. 4 Minutos de Fallo Línea C	30
Tabla 3. 5 Pareto Standby Línea C	37
Tabla 4. 1 Análisis Utilizando la Técnica de los 5 Porqués	43
Tabla 4. 2 Análisis Causa Raíz-Falla M.E. Defectuoso.....	44
Tabla 4. 3 Análisis Causa-Raíz Falla Atascos Delkor	45
Tabla 4. 4 Análisis Causa Raíz Falla Dispensador de Cucharas	47
Tabla 4. 5 Análisis Causa Raíz Falla Envasadora Cereal.....	48
Tabla 4. 6 Análisis Causa Raíz Falla Copas Cereal.....	49
Tabla 4. 7 Análisis de Causa Raíz por falla de Envasadora P16000	51
Tabla 4. 8 Análisis de Causa Raíz Fallas de Foil	52
Tabla 4. 9 Análisis Causa Raíz Falla Plancha de Sellado P16000	53
Tabla 4. 10 Análisis de los 3 Porqués Falla Resistencia Envasadora Yogurt	54
Tabla 4. 11 Plan de Acción Consolidado	56

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Para el crecimiento normal de la economía y el desarrollo de una empresa, es necesario tener en cuenta que la rentabilidad de la misma se verá afectada por muchos factores que, muchas veces son dependientes de la mejora constante de los procesos que en ellos se desarrollan. Para una compañía con miras a convertirse en la número 1 de su mercado, es indispensable que los procesos que se llevan sean lo más eficiente posible. Pero esto, no se logra sólo con trabajo duro, sino más bien con trabajo enfocado y estratégico.

“Lo que no se mide no se puede mejorar”, frase de William Thomson Kelvin (Lord Kelvin), físico y matemático británico (1824 – 1907). Dónde se plantea la necesidad de medir los procesos para poder alcanzar un grado de mejora. Muchas compañías basadas en diferentes metodologías han empezado a tomar en cuenta esta realidad, para poder ofrecer productos y/o servicios con la calidad y precio que al cliente le sea atractivo, mientras esto le permita a la empresa ofertante, ser rentable.

La confiabilidad es un término no muy conocido en las empresas del mercado ecuatoriano, aunque busquen la rentabilidad en sus procesos, esto siempre conlleva a realizar ciertos esfuerzos, unas veces un tanto infructuosos cuando no se ha realizado el análisis suficiente para una buena toma de decisiones.

1.1. Antecedentes

La industria ecuatoriana, para poder competir con las grandes multinacionales que participan con sus productos y rentabilizar sus negocios, está explorando poco a poco diversas técnicas y procedimientos, que ayudan a optimizar el uso de recursos para poder ofrecer productos con la calidad y precios que agraden al consumidor.

La compañía donde se realiza este estudio tiene una gran variedad de productos, dentro del mercado local, así como participación de ciertos productos en el mercado internacional, convirtiéndose en una de las empresas con mayor crecimiento por su grado de innovación y su compromiso con el cliente. Esto conlleva, a que busque la mejora continua sistemática de sus procesos, mediante la revisión constante de los indicadores claves de rendimiento con los que cuenta. Uno de estos indicadores es el

OEE (Overall Efficiency Equipment), que por sus siglas en inglés es un indicador de eficiencia de las líneas y equipos.

Una de las metas planteadas por la compañía, para mantener la rentabilidad del negocio, es que el OEE de cada una de las líneas, se mantenga por encima del 72%.

La compañía cuenta con diferentes líneas de producción, donde existen líneas de preparación, que son las líneas donde se prepara el producto a envasar. Las líneas de envasado, dónde se envasa y codifica el producto antes de ser emperchado o distribuido, y líneas auxiliares que son todas aquellas líneas que ayudan a que se ejecute la producción, cómo la generación de vapor o las líneas de limpieza. Las líneas de producción que participan en los indicadores de la compañía son las líneas de envasado porque solo en estos indicadores se puede observar la producción medible con la que se comercializa. Mientras las otras líneas son complementarias a la producción.

1.2. Descripción del problema

La situación económica del Ecuador, el alto costo de la vida y el alto costo de la mano de obra, provoca que el precio de los productos y servicios que se ofertan en nuestro país tengan un costo elevado comparado con los países vecinos, lo que dificulta que estos productos puedan competir con productos manufacturados en la región y tengan aceptación.

La tecnología actualmente ha permitido que muchos procesos en la manufacturación de productos, como los productos lácteos, sean procesos que garanticen la inocuidad del producto final afín de que este pueda ser consumido por todo el público sin que afecte la salud. Pero la eficiencia y rentabilidad de una empresa manufacturera no sólo depende de la implementación tecnológica que se realice en la misma, pero un sistema de gestión de la eficiencia de los recursos permitirá que las empresas puedan alcanzar sus objetivos en tanto su infraestructura lo permita.

La falta de un sistema de control y gestión de la eficiencia de las líneas de producción no permite rentabilizar o aprovechar al máximo los recursos de las compañías.

La compañía en estudio ha implementado sistemas de gestión de calidad y control de la producción, pero presenta problemas de pérdidas de tiempos de producción, lo cual afecta el costo del producto. El análisis de los indicadores de producción y mantenimiento, pueden ayudar a la gestión de recursos para la optimización de la

producción, siempre y cuando se establezca un estudio de fallas y pérdidas de eficiencia.

El problema de la compañía para alcanzar el objetivo de eficiencia planteado radica en que existen líneas de producción que tienen muy bajos niveles de productividad por diferentes motivos que son analizados en este trabajo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Principal

Establecer una estrategia de mantenimiento basada en el análisis de fallas y tiempos muertos que permita mejorar la eficiencia y rentabilidad de una línea de envasado.

1.3.2. Objetivos secundarios

Realizar diagrama de Pareto, con los datos de la producción de la línea de envasado C, para determinar cómo impacta cada modo de falla, en la pérdida de eficiencia de la línea.

Determinar la frecuencia de cada modo de fallo, mediante un análisis probabilístico, para predecir la supervivencia y determinar el tiempo medio entre fallas.

Determinar los correctivos a cada modo de falla, mediante un análisis de fallas.

Establecer un plan de acción que evite o disminuya la aparición de cada modo de fallo, con el análisis de supervivencia de cada modo de falla, de tal manera que se garantice la programación de la producción.

Realizar Diagrama de Pareto para determinar los tiempos muertos que más han impactado en la producción los últimos 6 meses.

Establecer un plan de acción, con Diagrama de Ishikawa y/o Causa Efecto, sí fuese posible, para disminuir los tiempos muertos y así optimizar la producción.

1.4. Alcance

El estudio está enfocado en el análisis de los datos de producción obtenidos desde el 1 de enero del 2022 hasta el 31 de marzo del 2023 de una línea piloto, en una planta de manufactura de productos derivados de la leche, que se encuentra en Guayaquil - Ecuador.

El estudio tomó un total de 6 meses y se detalla la metodología utilizada, así como los resultados obtenidos en este trabajo.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estudio de la Confiabilidad

“Para lograr la mayor rentabilidad en la manufactura de un producto o servicio, debemos garantizar que los equipos y sistemas que intervienen en los diferentes procesos realicen sus funciones de manera óptima. Para esto, uno de los indicadores de mayor relevancia en la época moderna es la confiabilidad, que no es más que la probabilidad de que un equipo o sistema funcione de una manera satisfactoria en el intervalo de tiempo en el que se requiere (Mint for People, 2022).

Los análisis de confiabilidad se tienen que realizar de manera sistemática y frecuente para el diseño y construcción de equipos y procesos, de esta manera se puede garantizar un útil desempeño de la maquinaria productiva. Esto porque la pérdida de confiabilidad provoca el aumento de los costos de producción, el retrabajo, costos en mano de obra directa e indirecta, pérdida de materia prima, etc

2.1.1 Contexto Operacional de Sistemas

Según la norma ISO 14224 es importante se realice una definición de la taxonomía de los sistemas que van a ser objeto de análisis. Se entiende por sistemas el o los equipos que participan en la manufactura o proceso de un bien o servicio.

Las partes que conforman un sistema son:

Componente: Es una parte de un sistema, subsistema o equipo que cumple una función determinada e independiente dentro del proceso que se desarrolla. Por ejemplo, una bomba, un circuito de enfriamiento, etc (Forcadas, Confiabilidad de los Sistemas, 1983).

Sistema: Es un conjunto de subsistemas o componentes diseñados para cumplir una función determinada de manera adecuada y eficaz (Fiabilidad de Sistemas, 2022).

2.1.1.1 Sistemas En Serie

Los sistemas en serie son un grupo de componentes o subsistemas dispuestos de manera secuencial, de tal manera que si una parte del sistema falla, todo el sistema se colapsa (Fiabilidad de Sistemas, 2022).



Figura 2. 1 Sistema en Serie

Vale recalcar que la confiabilidad del componente menos fiable será considerable en un sistema en serie y este afectará la fiabilidad del sistema.

2.1.1.2 Sistemas en Paralelo

Una estructura en Paralelo es aquella donde funcionan los componentes al mismo tiempo, pero el sistema se detiene sólo cuando todos los componentes se detienen o fallan. La parada de uno de los componentes tendría una disminución en el rendimiento del sistema, más no implicaría una parada total del mismo (Ruiz Gómez, 2015).

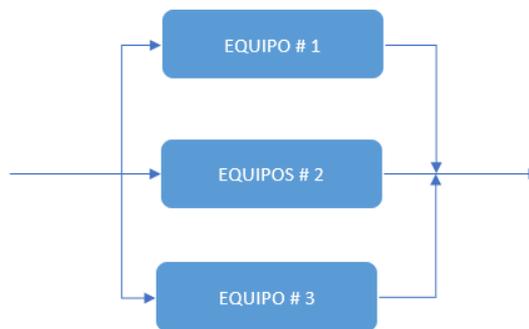


Figura 2. 2 Sistema en Paralelo

2.1.1.3 Sistemas Estructura K-Out-Of-N

Esta estructura está basada en el respaldo de los componentes, donde un componente trabaja a la vez. En este tipo de estructura las pérdidas de rendimiento son ampliamente minimizadas ya que el sistema está respaldado contra fallas siempre (Ruiz Gómez, 2015).

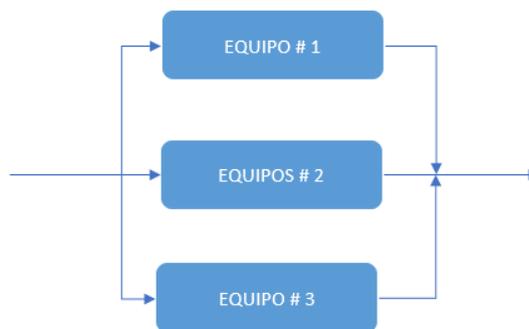


Figura 2. 3 Sistema K de N

2.1.1.4 Sistemas Estructura Mixtas

Una estructura mixta es aquella que combina una o más estructuras. Para su estudio es necesario realizar una equivalencia entre sus componentes, tal como se hace en el análisis en los circuitos eléctricos (Forcadas, Confiabilidad de los Sistemas, 1983).

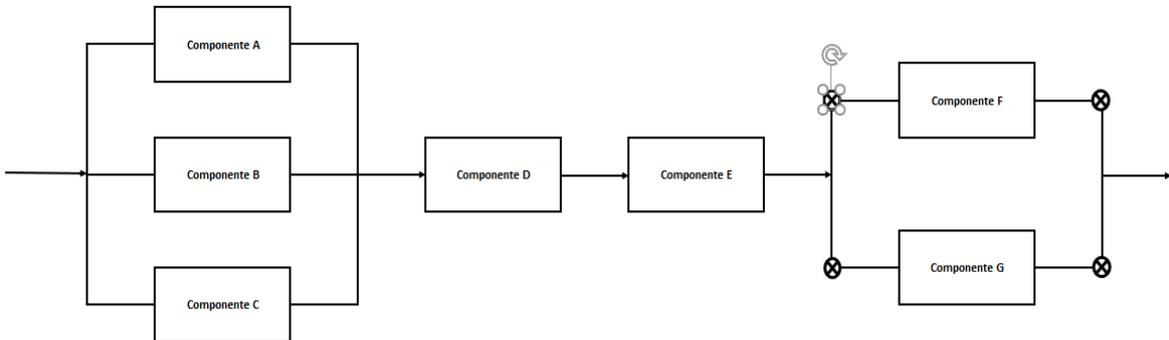


Figura 2. 4 Sistemas Mixtos

2.1.2 Definiciones De La Confiabilidad

Para poder realizar un análisis de la confiabilidad en los equipos, es necesario entender que es una falla. Una falla se define como un evento por el cual un sistema o componente no funciona correctamente en cierto instante de tiempo (Wolstenholme, 1999).

2.1.2.1 Función De Densidad De Fallo

La función de densidad de fallo f es la probabilidad de que un sistema no cumpla de manera satisfactoria con su función en un lapso de tiempo t (Vergara Lazcano, 2014).

$$f(t) \geq 0, \forall t \in [0, \infty) \quad (2.1)$$

De donde se deduce

$$\int_0^{\infty} f(t)dt = 1 \quad (2.2)$$

2.1.2.2 Distribución Acumulada

La distribución acumulada F que corresponde a la variable aleatoria T , es la función de fallo acumulado en el tiempo t (Vergara Lazcano, 2014).

$$F(t) = P(T \leq t), \forall t \in [0, \infty) \quad (2.3)$$

A partir de la Función $F(t)$, se define a la función de densidad $f(t)$ cómo:

$$f(t) = F'(t) = \frac{d}{dt} F(t) \quad (2.4)$$

2.1.2.3 Función De Confiabilidad

La función de confiabilidad es la probabilidad de que un elemento o componente realice la operación para la que fue diseñada en un espacio de tiempo, y por esto se define (Vergara Lazcano, 2014):

$$R(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(u)du = 1 - F(t), \forall t \in [0, \infty) \quad (2.5)$$

Siendo esta una función continua y decreciente, se denota:

$$R(0) = 1$$

$$R(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} (1 - F(t)) = 0 \quad (2.6)$$

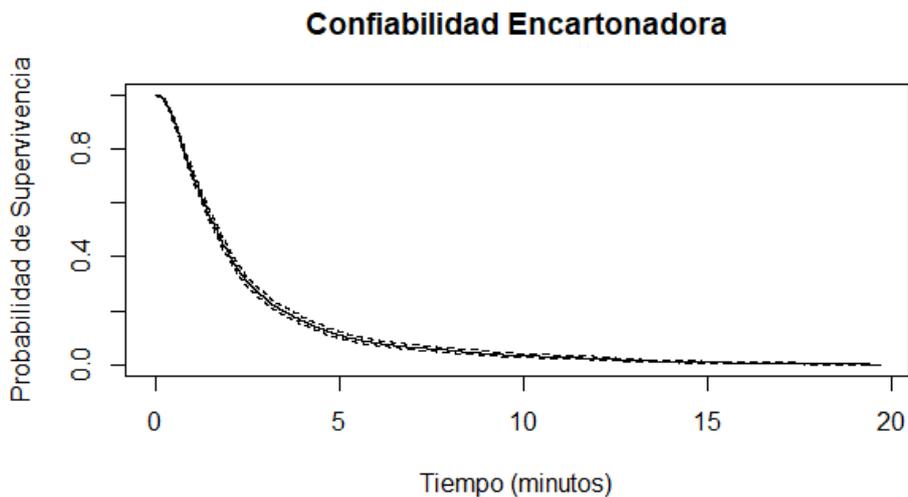


Figura 2. 5 Gráfico de Confiabilidad

2.1.2.4 Curva De La Bañera

La curva de la bañera es el método gráfico que los expertos utilizan para describir el comportamiento de la función de fallo en un sistema (Vergara Lazcano, 2014).

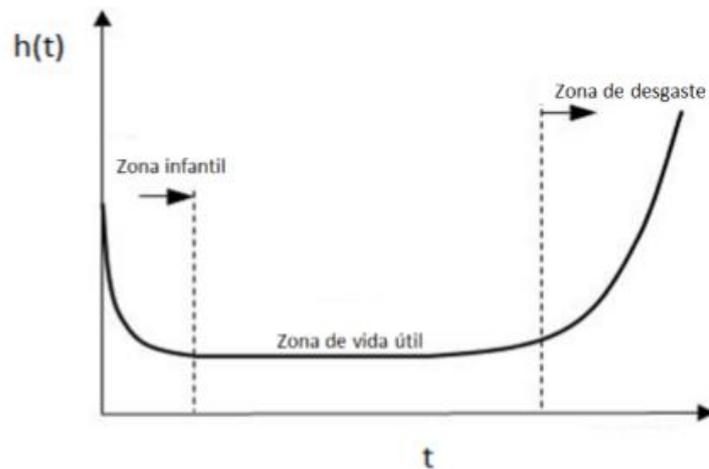


Figura 2. 6 Gráfico Curva de Bañera (Vergara Lazcano, 2014)

En el gráfico mostrado, se pueden visualizar 3 zonas. La zona infantil describe el comportamiento de la tasa de fallos cuando un equipo o sistema es nuevo, las fallas al principio son muy frecuentes, pero mientras pasa el tiempo se van minimizando gracias al aprendizaje en el manejo de los equipos. La zona de vida útil es aquella donde los sistemas presentan una tasa de falla aparentemente constante, en esta zona buscan los expertos en mantener al equipo, ya que es la zona donde la tasa de fallos es más baja. La tercera zona es la zona de desgaste, en esta zona con el transcurso del tiempo, se puede observar que la tasa de fallo va en una tendencia creciente, aquí se debe tomar una decisión, sí el equipo o sistema es reparable o debe ser cambiado (Vergara Lazcano, 2014).

2.1.2.5 Tiempo Medio Entre Fallas

El tiempo medio entre fallas, es la cantidad promedio de tiempo en que aparece una falla y ocurre otra, esta se puede calcular desde la tasa de falla o desde la Confiabilidad (Vergara Lazcano, 2014).

$$TMEF = \int_0^{\infty} tf(t) dt \quad (2.7)$$

$$TMEF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (2.8)$$

Existen otros métodos de cálculo para este indicador (Infraspeak, 2023):

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de fallos}}{\# \text{ Fallos}} \quad (2.9)$$

Donde TMEF es el tiempo medio entre fallas

Lo que también se traduce en:

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo de Producción}}{\# \text{Fallos}} \quad (2.10)$$

2.2 Análisis Gráfico De Fallas

2.2.1 Histogramas

Un Histograma es una representación gráfica de datos agrupados mediante intervalos, normalmente viene en forma de barras donde la altura de cada barra es proporcional a la frecuencia en el intervalo de tiempo (Gehisy, 2017).

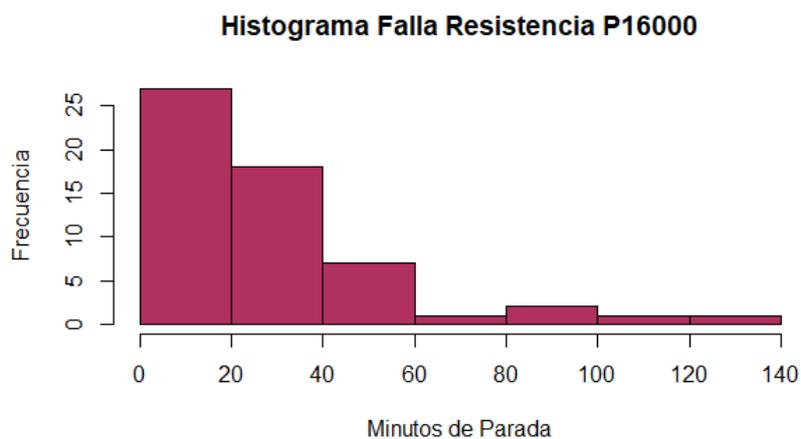


Figura 2. 7 Gráfico-Histograma

El histograma es utilizado para definir en base a un patrón de frecuencia, la forma en la que se comporta un sistema y como varía dependiendo de esta frecuencia (Gehisy, 2017). Para de esta manera tratarlo de acuerdo a su naturaleza.

2.2.2 Diagrama De Cajas

Los diagramas de Cajas y bigotes son una manera gráfica de representar los datos de frecuencia, media, mediana y ciertos rasgos de una distribución de datos de un sistema (Noriega, 2019).

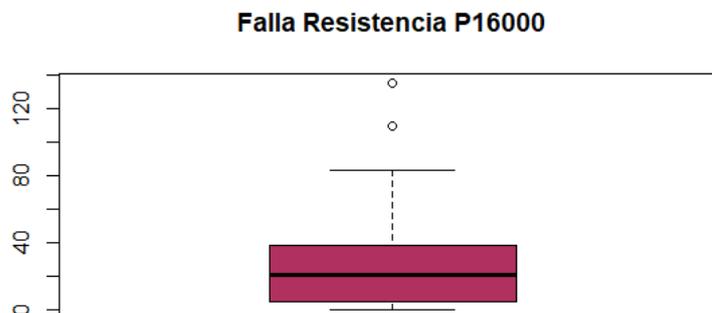


Figura 2. 8 Diagrama de Cajas o Bigotes

2.2.3 Diagrama De Pareto

El diagrama de Pareto es un gráfico donde los datos son ordenados de mayor a menor y desde izquierda a derecha para ayudar visualmente a identificar sistemas o componentes prioritarios (Gehisy, 2017).

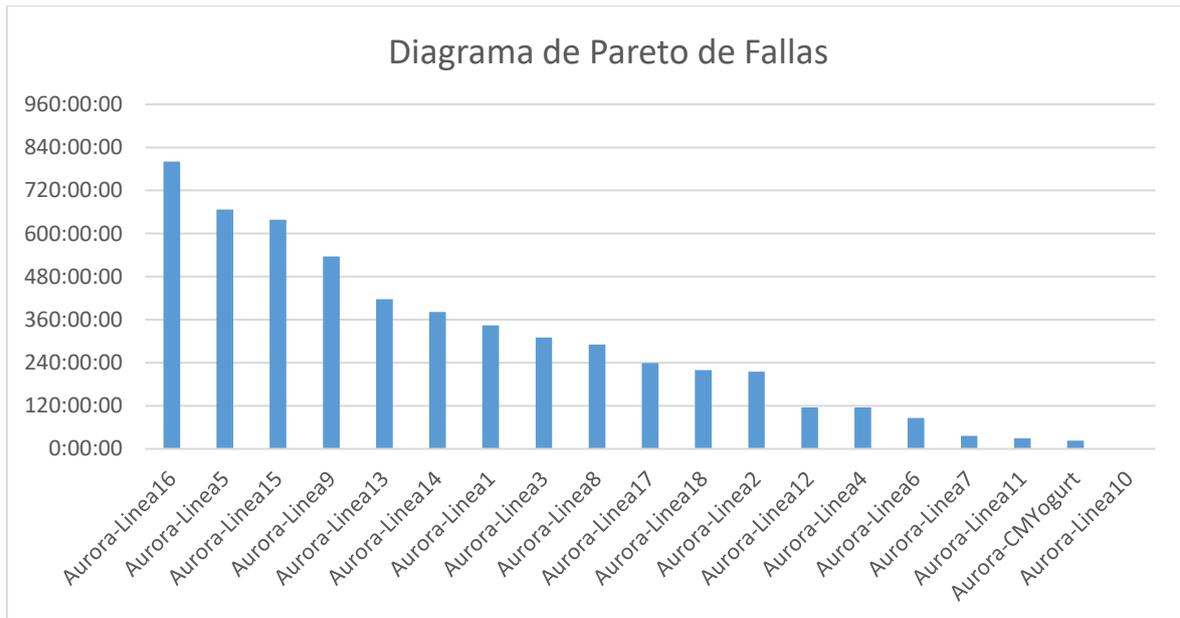


Figura 2. 9 Diagrama de Pareto

El gráfico de Pareto o la regla del 80/20 fue nombrada así por Vilfredo Pareto basado en el conocimiento empírico. Mediante su estudio entendió que en su sociedad el 80% de ciudadanos pertenecía al 20% de un segmento, mientras el otro 20% de sus ciudadanos pertenecía al 80% de otro segmento (Gehisy, 2017).

El diagrama de Pareto se utiliza cuando existen muchos problemas a resolver y se quiere dar prioridad a los que más impacten en la productividad.

2.3 Mantenimiento

El mantenimiento se conoce como todas las actividades dedicadas a mantener un equipo o sistema operativo, de tal manera que cumpla con la función para la cual fue diseñada en el lapso de tiempo que se lo requiera.

El mantenimiento industrial, es un concepto que nació alrededor del año 1920, con la necesidad de mantener los procesos manufactureros, en los inicios de la revolución industrial, en esta etapa existía el mantenimiento correctivo o reactivo, ya que se esperaba a que los equipos fallen para regresarlos a su estado de operación. Después

de la segunda guerra mundial, se empiezan a desarrollar los conceptos de prevención y anticipación a las fallas.

Ahora existen diferentes filosofías de mantenimiento, se aplican alrededor del mundo con diferentes nombres y técnicas, pero muchas de estas convergen en el hecho de la optimización de actividades y recursos dependiendo de la aplicación.

Se debe tener en claro que el mantenimiento moderno busca optimizar la maquinaria productiva, en base a actividades estratégicas, que minimicen los costos de pérdida de producción. El mantenimiento moderno, considera los costos de mantenimiento y los compara contra los costos de no mantenimiento para lograr un apropiado uso de los recursos de la compañía.

2.3.1 Tipos De Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento dependiendo de su naturaleza se dividen en:

Mantenimiento Correctivo

Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento Predictivo

2.3.1.1 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo o mantenimiento reactivo son las actividades que buscan poner en funcionamiento equipos, componentes o sistemas, una vez que estos han fallado.

2.3.1.2 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, son actividades de mantenimiento que buscan anticiparse a las fallas y evitar de esta manera que los equipos y/o sistemas fallen en el intervalo en que se los necesita. Estas actividades pueden nacer de diferentes fuentes.

Las actividades de mantenimiento preventivo se derivan de:

Recomendaciones realizadas por los diseñadores de los componentes y equipos, para actividades que garanticen la confiabilidad de los equipos en la producción.

Análisis de fallas en los sistemas productivos y pueden basarse en diferentes técnicas.

La experiencia de los operadores de los equipos y/o técnicos de mantenimiento, que sugieren basadas en el aprendizaje obtenido por la ocurrencia de un evento de fallo.

Una de las características sobresaliente del mantenimiento preventivo, es que son actividades que se realizan cada cierto periodo de tiempo sin considerar el estado del equipo.

2.3.1.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo es un tipo de actividad que se realiza para evaluar el estado de un equipo y predecir un evento de falla. Este tipo de actividades busca la optimización de los recursos de mantenimiento y garantizar la producción. Este tipo de actividades es periódico y por su naturaleza se aplica en procesos y equipos con cierto grado de criticidad.

Ya que para la mayoría de estas actividades se realiza con el equipo en funcionamiento, se va a requerir de dispositivos y personal calificado para realizar la evaluación de los equipos y/o componentes de un sistema o proceso. Muchas compañías para evitar costos por adquisición de dispositivos de monitoreo y capacitación de personal contratan este tipo de servicio especializado por compañías de terceros a las cuales, en los últimos tiempos, se les exige cierta certificación que avale las exigencias de la industria moderna.

Adjunto se nombran ciertas actividades comunes de mantenimiento predictivo.

Inspecciones de funcionamiento.

Análisis de vibraciones de motores.

Análisis de aceite de transformadores.

Termografías para detección de puntos calientes.

Inspección de espesores de tanques por ultrasonido.

2.3.2 Plan De Mantenimiento

El plan de mantenimiento es un conjunto programado de actividades, tanto de mantenimiento preventivo como predictivo, que buscan mantener el sistema o equipo en un estado óptimo de funcionamiento cuando sea requerido.

El uso del plan de mantenimiento va acompañado de una evaluación de costos por actividad, que va a ayudar a evaluar lo rentable que es una línea o equipo. Esta valoración del plan de mantenimiento es lo que se llama presupuesto de mantenimiento. Los presupuestos de mantenimiento exitosos son los que garantizan el cumplimiento del plan de mantenimiento dentro de un margen de desviación mínimo.

Para el desarrollo de un buen plan de mantenimiento es necesario considerar los recursos que se necesitan para el cumplimiento del mismo. Los recursos más comunes son:

Materiales. – Los materiales y repuestos son aquellos insumos necesarios para la realización de las actividades de mantenimiento.

Mano de Obra. – Es el recurso humano que se necesitará para la realización de las actividades de mantenimiento. Consiste en el personal técnico que realiza el mantenimiento en el equipo, componente o sistema.

Servicios de Terceros. – Son aquellos servicios especializados con los que cuenta la compañía para la realización de ciertas actividades del plan de mantenimiento. Normalmente se requiere de este tipo de servicios cuando una actividad no tiene una frecuencia tan alta de ejecución.

Dentro del plan de mantenimiento siempre debe considerarse, para el mejor uso de los recursos, el listado de las actividades de mantenimiento, así como un procedimiento de trabajo que garantice la óptima consecución del mismo.

2.4 Indicadores De Gestión

Para el cálculo de eficiencia de una línea o sistema (OEE), es necesario conocer primero 3 variables que participan de este proceso.

- Disponibilidad
- Rendimiento
- Calidad

2.4.1 Disponibilidad

La disponibilidad es la razón en la que un sistema, subsistema o equipo, está disponible para realizar la función para la que fue diseñado. Es decir, es la parte de tiempo en la que un sistema puede funcionar (Wikipedia, 2019).

El cálculo de la disponibilidad está dado por:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo Productivo}{Tiempo Programado} \quad (2.11)$$

El tiempo Programado es el tiempo bruto de producción que se destina para realizar la actividad del sistema o equipo. El tiempo productivo, es el tiempo programado sin que se tome en cuenta el tiempo invertido por arranque de equipos, Cambios de formato, limpieza, averías, esperas y tiempo de preparación (Touron , 2016).

$$Tiempo Productivo = Tiempo Programado - Averías, Cambios, Espera, etc \quad (2.12)$$

La Disponibilidad también puede expresarse en términos de Tiempo Medio entre Fallas (*TMEF*) y Tiempo promedio de reparación (*TPPR*).

$$Disponibilidad = \frac{TMEF}{TMEF+TPPR} \quad (2.13)$$

2.4.2 Rendimiento

El rendimiento es la proporción de tiempo real con respecto al tiempo productivo. El tiempo real es la cantidad de tiempo productivo sin tomar en cuenta las micro paradas y la pérdida de velocidad del equipo o sistema.

$$Rendimiento = \frac{Tiempo Real}{Tiempo Productivo} \quad (2.14)$$

$$Tiempo Real = Tiempo Productivo - Microparadas, Pérdidas de Velocidad \quad (2.15)$$

El rendimiento también se puede calcular por unidades producidas contra unidades teóricas producidas.

$$Rendimiento = \frac{Unidades producidas}{Velocidad de máquina \times tiempo productivo} \quad (2.16)$$

La Velocidad de máquina, es la velocidad nominal de producción del sistema o equipo.

2.4.3 Calidad

El indicador calidad es la cantidad de producto en buen estado contra todo el producto fabricado en una cantidad de tiempo definida (Touron , 2016).

$$Calidad = \frac{Unidades en buen estado}{Unidades Producidas} \quad (2.17)$$

2.4.4 OEE

El OEE por sus siglas en inglés “Overall Equipment Effectiveness” o “Eficacia Global de Equipos”, es un indicador que mide la eficiencia de un sistema, y se utiliza como herramienta para la mejora continua y sistemática de la productividad (Touron , 2016).

El OEE se calcula basándose en la disponibilidad, el rendimiento y la calidad, del sistema o equipo.

$$\% OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \times 100\% \quad (2.18)$$

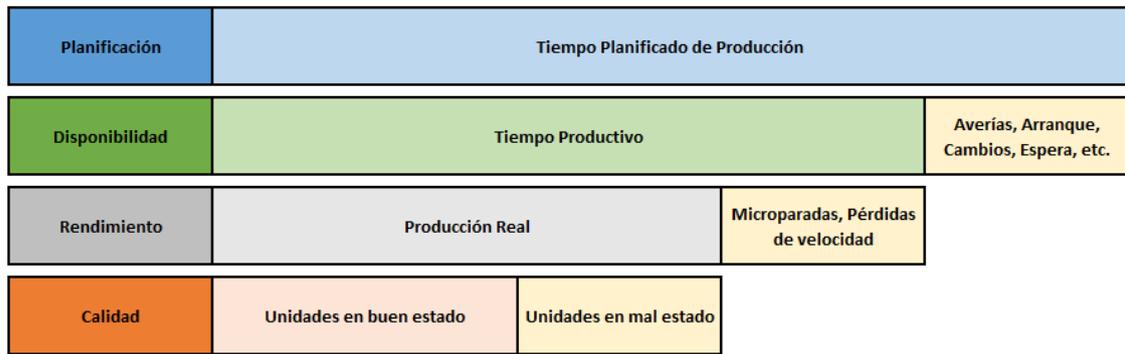


Figura 2. 10 Gráfico de composición de la Eficiencia OEE (TOURON,2016)

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

El proceso con el que se desarrolla este trabajo se basa en los estudios realizados en el RCM, por sus siglas en inglés Realibility Centered Manintenance ó Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, que es un proceso de análisis de datos que tiene como función determinar los factores que restan productividad y afectan la rentabilidad de los equipos.

Este procedimiento toma en cuenta los sistemas y su diseño, así como toda la información correspondiente a los eventos productivos en un intervalo determinado de tiempo con respecto a una línea de producción específica de la compañía, para poder definir un comportamiento o un patrón de acontecimientos que, una vez analizados, nos permitan determinar las oportunidades de mejora y lograr alcanzar altos niveles de desempeño en la producción.

El proceso de desarrollo de la metodología será el siguiente:

Análisis de la compañía

Análisis de la línea de producción sujeta a estudio

Levantamiento de Fallos y Modos de Fallos

Análisis de Datos

Análisis de Supervivencia

Estimación de la función de Supervivencia

3.1. Análisis de la Compañía

En esta sección se explica cómo está conformada la compañía y las líneas de producción que son sujetas a estudio. Esto debido a su importancia de contar con los detalles necesarios para definir las variables que afectan de manera directa e indirecta la continuidad de la producción.

3.1.1 Antecedentes de la Compañía

La compañía objeto de estudio basa su modelo de negocio en la producción de bebidas de consumo masivo y en dónde la materia prima es la leche. Es una empresa que nació a principios de los años 80's fabricando yogurt de manera artesanal y que, con el paso de los años, los conocimientos adquiridos y el avance de la tecnología, ha

desarrollado una gama amplia de productos dirigidos a la mesa de los hogares ecuatorianos.

3.1.2 Descripción de las líneas de producción

Para el completo desarrollo de la producción, la compañía cuenta con diferentes tipos de líneas que se detallan a continuación:

- Líneas de preparación.
- Líneas de envasado.
- Líneas de limpieza.
- Equipos de servicios.

Las líneas de preparación son todos aquellos equipos que reciben las materias primas, las procesan y las convierten en producto terminado antes de ser envasado.

Las líneas de envasado corresponden a todos aquellos equipos que envasan y empacan los diferentes productos para su posterior comercialización

Por la configuración de los procesos, cada una de las líneas de preparación y envasado cuentan para garantizar la inocuidad de los productos, con circuitos de limpieza industrializados, llamados CIP (por sus siglas en inglés cleaning in place). Estos equipos de limpieza tienen la misión de mantener limpio todos aquellos lugares por donde pasa el producto a envasar.

Tanto las líneas de preparación, envasado y limpieza necesitan para realizar sus funciones, equipos que aporten con ciertos servicios como vapor, agua, electricidad y aire comprimido. Estas líneas son claves para la producción en toda la planta y están a cargo del departamento de mantenimiento.

Las líneas de envasado cuentan con un sistema de medición instantánea de producción, que consiste en contar las unidades producidas y calcular la eficiencia de cada una de las líneas en cada uno de los turnos. Estos datos se trasladan a una plataforma digital en donde se pueden observar desde un ordenador o un dispositivo móvil. Esto ayuda mucho a mantener en control cada una de las líneas de envasado. Sólo las líneas de envasado son medidas y controladas con estos dispositivos, pues es en la cantidad de unidades producidas, donde se puede evidenciar el resultado de todos los procesos incurridos en la empresa.

Existen 16 líneas de envasado, que trabajan en dos horarios de doce horas consecutivas. Laboran de manera constante dependiendo del plan de producción. Y

existen distintos equipos de trabajo para lograr cubrir las 24 horas de producción si fuera necesario.

Para lograr la producción en cada una de las líneas de envasado, se cuenta con diferentes fases.

RUN. - En esta etapa del proceso, el equipo está produciendo con el nivel de productividad adecuado.

DOWN. - En este modo de operación, se describe cuando el equipo o línea de producción se detiene por algún motivo. En este modo se reportan todos los fallos que ocasionen la parada de la línea mientras ha sido programada para la producción. Este tiempo es contemplado para el cálculo de la eficiencia de la línea de producción.

SETUP. - Cuando la línea de producción se encuentra en Setup, significa que la línea no está produciendo por un tipo de actividad que debe realizarse para continuar la producción, en esta fase se reporta el arranque de la línea, la limpieza de la línea o de un componente, los cambios de formato y todas aquellas actividades que se realizan en el tiempo disponible de producción y que no se deben a falla de una parte del equipo ni falta de ningún insumo para la producción.

OFFLINE. - Cuando la línea de producción está en Offline, es cuando la línea no está programada para producir. No se toma en consideración el tiempo Offline para cálculos de eficiencia.

STANDBY. - La línea de producción está detenida en un tiempo que estaba programada para producir, y el motivo por el que está parada la línea de producción erradica en la priorización de la producción para otra línea productiva, en la alimentación del personal operario, etc.

El sistema de medición de la producción en línea mantiene una base de datos con todos los eventos ocurridos en las diferentes líneas de producción de la compañía, para este trabajo se toman todos los datos de la compañía correspondientes al año 2022 y de enero a marzo del 2023.

3.2 Análisis Y Selección De Sistemas

Para la selección de sistemas y líneas para la dirección de este estudio, se toma en cuenta la meta a alcanzar que es obtener un OEE de 72%.

3.2.1 Revisión De OEE

De la base de datos de eficiencia de la compañía se obtiene el siguiente gráfico correspondiente al año 2022 y de enero a marzo del año 2023.

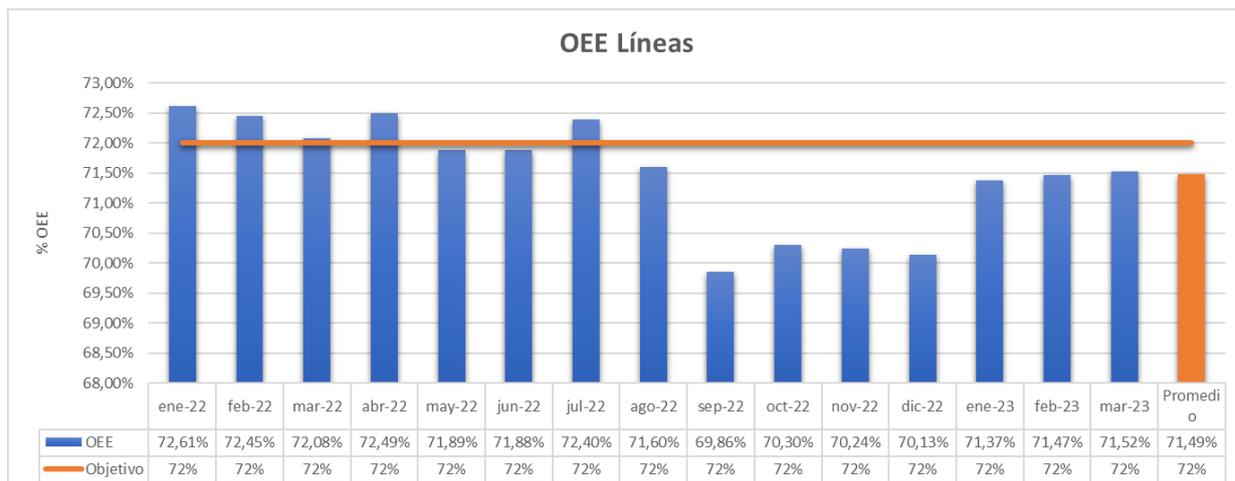


Figura 3. 1 Eficiencia Mensual de la Compañía

Tal como se demuestra en el gráfico anterior, la eficiencia de las diferentes líneas de envasado llega a un promedio del 71.49%.

Realizando una revisión de las líneas con más pérdidas de eficiencia, se encuentra el siguiente diagrama de Pareto:

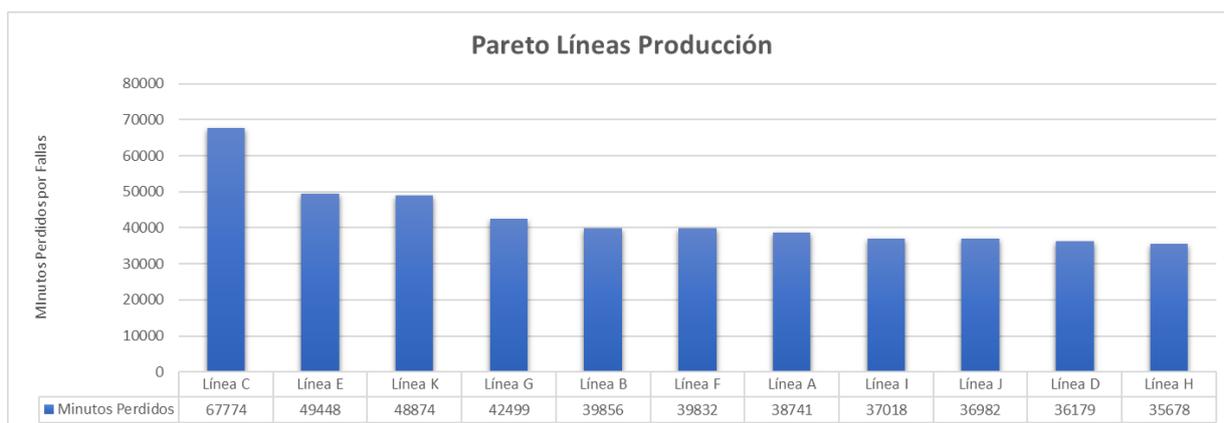


Figura 3. 2 Diagrama de Pareto por Líneas de Producción

En la imagen se ilustra el diagrama de Pareto por falla en las líneas de producción, donde se denota una mayor participación de la línea C en la contribución total de tiempo perdido por paradas de producción.

Realizando una revisión de la eficiencia anual correspondiente al año 2022 y de enero a marzo del 2023, encontramos:

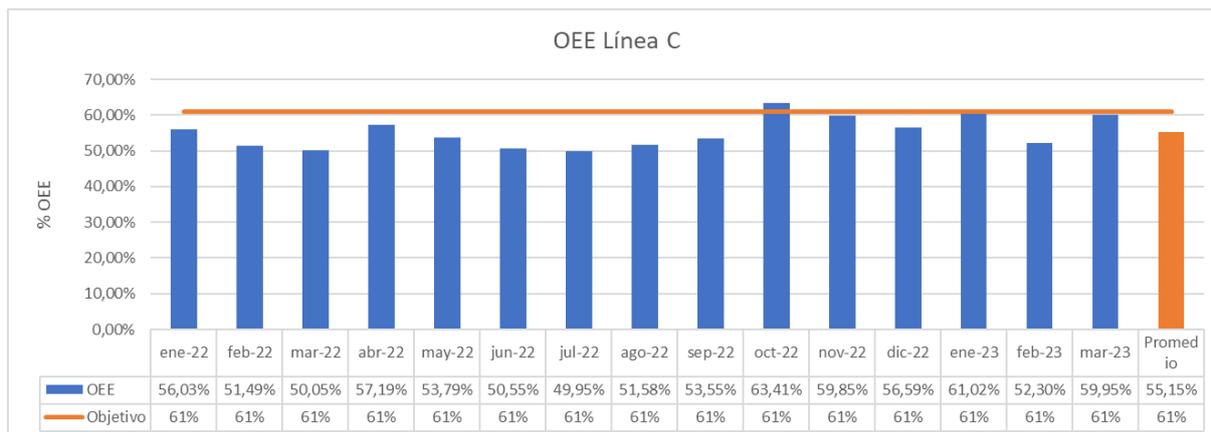


Figura 3. 3 OEE Línea C

El objetivo interno de la línea C para alcanzar la eficiencia global de planta es del 61%. Sólo en dos meses del periodo alcanzó a cumplir la meta establecida, que fue en octubre de 2022 y en enero de 2023.

Esta línea es la seleccionada para el análisis de supervivencia, ya que, por sus altos índices de pérdida de tiempo de producción, ofrece una gran oportunidad de crecimiento a nivel de eficiencia global de la compañía.

3.2.2 Análisis De La Línea

La línea C envasa un solo producto que es el yogurt con hojuelas, en diferentes sabores, pero el envase es exactamente el mismo para todos los productos. El envasado se realiza en un mismo tamaño de tarrina con el mismo peso indiferente del sabor del que este sea.

3.2.3 Descripción Del Producto

El producto que se elabora es el yogurt con hojuelas, es importante conocer las características técnicas de producto, para conocer los diferentes procesos que se requieren para la manufactura del mismo.

El yogurt es envasado a una temperatura controlada de 15°C, en una tarrina elaborada en material de Polietileno y una tapa de aluminio llamada foil, que es sellada a la tarrina de polietileno para evitar la contaminación.

El cereal es envasado en una tarrina de polietileno y de la misma manera como el yogurt, cerrado con una tapa de aluminio llamada foil qué, va sellada a la tarrina por medio de inducción térmica.

Las tarrinas de cereal y yogurt van conformadas para unirse como un solo producto. Y entre ellas va dispuesta una cuchara de polietileno, para que el consumidor pueda ingerir este producto con mucha facilidad. En cada tarrina lleva marcado el lote, la

fecha de fabricación y la fecha de expiración del producto, cómo va reglamentado en las leyes vigentes de nuestro país.

El producto va dispuesto para su transporte en cajas de cartón de 24 unidades, cada caja va codificada con la información requerida del producto.

3.2.4 Proceso De Elaboración Del Producto

El proceso de la línea C, consta desde el envasado del yogurt hasta su proceso de empaque y se realiza de la siguiente manera:

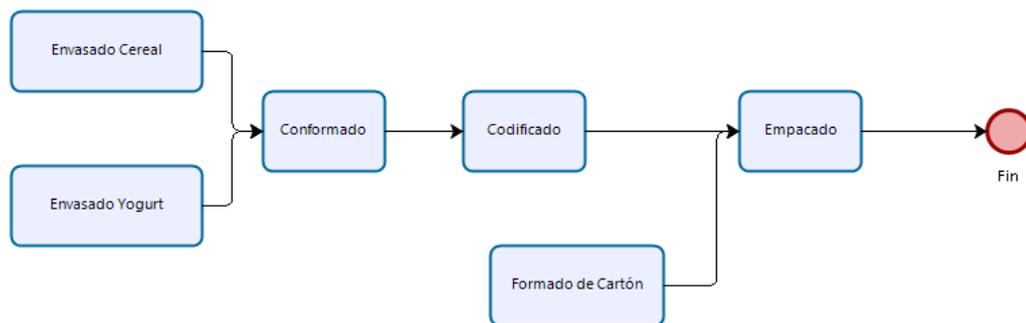


Figura 3. 4 Diagrama de Proceso Línea C

El proceso de elaboración del producto consiste en el envasado del yogurt y del cereal en paralelo, cada uno en su propio envase y con su respectivo subproceso, luego de esto, se unen en un solo producto el envase de cereal y de yogurt en el proceso de conformado, esto sucede en la envasadora de yogurt. Una vez conformado el producto, pasa a una banda transportadora con dirección a la empacadora, pero antes pasa por una codificadora de tinta que va marcando cada envase de yogurt con hojuelas de cereal con el número de lote, la fecha de fabricación y fecha de caducidad del mismo.

El proceso de envasado de cereal consiste en que ingresa el envase a la envasadora de cereal, este es ubicado en cada una de las cavidades, el cereal llega a una tolva donde dosifica a cada una de las tarrinas en una cantidad de 20 gramos. Luego de esto se disponen de unas tapas de aluminio llamadas foil, que se van montando una a una en cada tarrina de cereal (este proceso lo hace automáticamente el equipo), una vez ubicadas las tapas, llegan a unos dispositivos llamados planchas de sellado, estos dispositivos se calientan a cierta temperatura donde el envase de polietileno se fusiona con la tapa de aluminio (foil), sellando el envase de cereal, el paso final consiste en trasladar los envases de cereal al conformador, que está ubicado en la envasadora de yogurt.

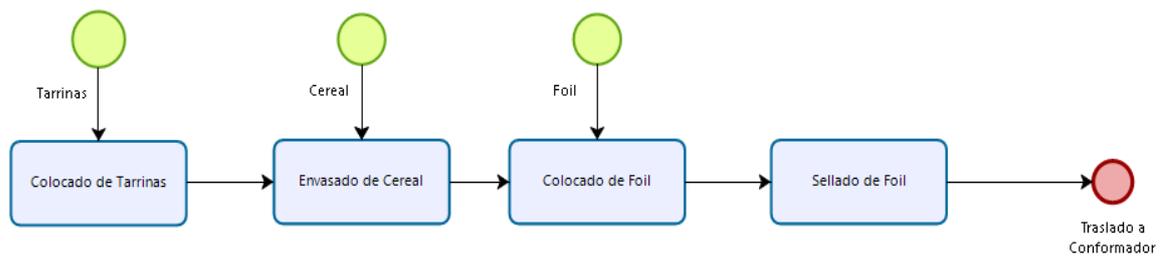


Figura 3. 5 Diagrama de Proceso Envasadora Cereal

El envasado de yogurt es muy parecido al envasado de cereal, al equipo llegan los envases para el yogurt, el equipo los ubica en cada una de las cavidades de traslado, la tolva de yogurt se llena de producto y cuando los envases pasan por esa zona, un dosificador llena los envases con 120 gramos de producto. Van dispuestas las tapas de aluminio en un dispositivo que las va ubicando una a una en cada envase dosificado. Las planchas de sellado unen los envases de yogurt con el foil, de tal manera que queda sellado el producto dentro del envase, un pistón de presión verifica que los envases quedaron bien cerrados. En cada uno de estos envases va dispuesta una cuchara que, con ayuda de unos motorreductores y unas cuchillas de corte, es ubicada en el centro del envase hasta llegar al conformador. En el conformador, se unen los envases con yogurt y cereal para formar un solo envase, encerrando la cuchara entre estos.

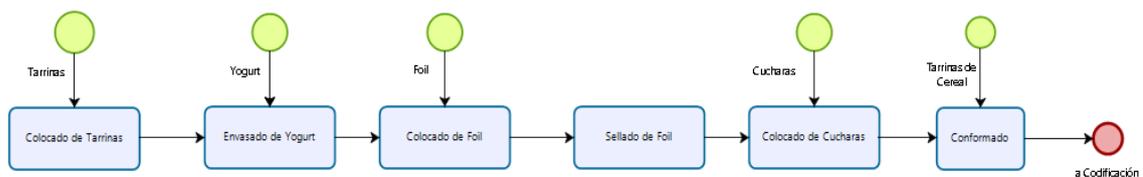


Figura 3. 6 Diagrama de Proceso Envasadora de Yogurt

En paralelo a la llegada del producto a la empacadora, la formadora de cartón va preparando las cajas de cartón, que vienen previamente troqueladas para facilitar el formado de las mismas. Adicional existe una engomadora de goma caliente que sella el cartón en los pliegues requeridos para formar la caja, y esta se acerca por medio de bandas transportadoras hasta la empacadora de cartón.

A la empacadora llegan las cajas de cartón y los envases de yogurt con hojuelas, en este equipo se empacan en cajas de 24 unidades de envases de yogurt en cada caja. Una vez empacadas, una etiquetadora automática marca las cajas con el nombre del

producto, el número de lote y la fecha de fabricación. Para luego ser embalado y trasladado a la bodega de producto terminado, dónde se direcciona a qué punto será comercializado este producto.

La línea C elabora un producto lácteo que es el yogurt con hojuelas, esta línea consta de diferentes equipos:

Envasadora de Cereal

Envasadora de Yogurt

Codificadora

Formadora de Cartón

Empacadora o encartonadora

Esta línea de envasado por su forma y constitución de equipo se comporta como un sistema en serie, ya que la parada de uno de los componentes o subcomponentes de la línea afectará directamente en la producción.

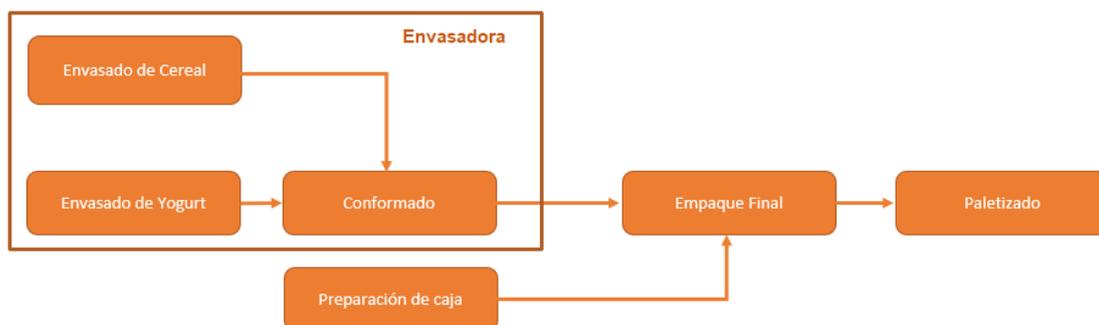


Figura 3. 7 Diagrama Estructural Línea C

Para el cálculo de confiabilidad de un sistema en serie, se tiene en cuenta que todos los componentes y equipos afectan directamente al rendimiento global del sistema. Por esto, se considera que la confiabilidad de la línea es la multiplicación directa de la confiabilidad de cada componente y equipo.

3.3 Levantamiento De Fallos Y Modos De Fallos

Cada uno de los equipos que constan en la estructura de la línea de producción, cumplen con una función específica y esta a su vez contribuye con la manufactura de los productos. Los fallos de la línea de producción están dentro de la base de datos de eventos de producción del sistema de monitoreo en línea.

A continuación, se detallan los equipos anteriormente descritos y cómo se asocian los fallos y sus modos de fallos:

EQUIPOS	FALLAS	MODOS DE FALLAS
Envasadora Cereal	Falla Planch Sella PCere	Se detiene línea por no poder sellar los envases de cereal
Envasadora Cereal	Falla P Cereal	Se detiene la línea de producción por falta de tarrinas de cereal antes de la conformación
Envasadora Cereal	Falla Dosificado Cereal	Problema con la dosificación de cereal, no permite producir a la línea por desabastecimiento de tarrinas cereal
Envasadora Cereal	Falla Resistencias PCer.	Problema con la resistencia de sellado de foil en envasado de cereal, para la línea por falta de cereal
Envasadora Cereal	Falla Foil PCereal	Problemas con foil en envase de cereal.
Envasadora Cereal	Descali PCereal	Problemas de trabamiento de envases en conformador de producto
Envasadora Cereal	Falla Disp Tarrina PCer.	Dispensador de envases de cereal con problemas de trabamiento
Envasadora Cereal	Falla Sensor PCereal	Problemas con sensor de foil, línea se detiene
Envasadora yogurt	Falla Dispe. Cucharas	Se detiene la línea de producción por problemas en la dispensadora de cucharas
Envasadora yogurt	Falla Banda Transp	Daño de banda transportadora, para la línea por desabastecimiento encartonadora
Envasadora yogurt	Falla Dosificado Yogurt	Problema con dosificado de yogurt en envasadora, para la línea por desabastecimiento de envase de yogurt
Envasadora yogurt	Falla Resist P16000	Problemas con selladores de foil en envasadora de yogurt
Envasadora yogurt	Atascos P16000	Problemas de trabamiento de envases en conformador de producto
Envasadora yogurt	Falla Copas Cereal P16	Problemas de recolección de tarrinas de cereal en conformador de producto
Envasadora yogurt	Falla de P16000	Problemas por daños de sensores en envasadora, línea de producción se detiene
Envasadora yogurt	Falla Doblador Solapa	Problemas con doblador de foil, línea se detiene
Envasadora yogurt	Ajustes P16000	Problemas de empujador de producto a la salida a banda transportadora
Envasadora yogurt	Falla Cabezal Agarre	Problemas con trabamiento de envases de cereal en conformador de producto
Envasadora yogurt	Falla Foil P16000	Problemas con el foil de yogurt, no se adhiere al envase. Se detiene la línea de producción
Envasadora yogurt	Falla Plancha Sell P16	Problemas con el sellado de foil de envase de yogurt, línea se detiene
Codificadora	Falla Codificadora	Problemas con codificación del producto. Se ensucia cabezal de impresión, se detiene la línea de producción
Encartonadora	Falla Encartonadora	Se detiene la línea por parada de la encartonadora, no se puede producir por bandas de transporte llenas
Encartonadora	Atascos Delkor P16000	Se detiene la línea por parada de la encartonadora, no se puede producir por bandas de transporte llenas
Encartonadora	Falla Forma Delkor	Se detiene la línea por parada de la encartonadora, no se puede producir por bandas de transporte llenas
Encartonadora	Falla Imaje	Falla de etiquetadora de cartones, línea realiza retrabajo
Encartonadora	Falla SinFin Tarrinas	Problemas con ingreso de producto a la encartonadora, trabamiento en sinfín de ingreso
Formadora de cartón	Falla Calentador Goma	Problemas con calentador de goma, por falta de cartón de empaque se detiene la línea
Formadora de cartón	Desc Forma Delkor	Problemas con trabamiento de cartones en formadora de cartón, línea de producción se detiene
	Falta de Leche	Se detiene la línea por no tener producto para envasar
	None	Pequeñas fallas asociadas al arranque de la envasadora de yogurt, no permiten un buen arranque de la línea
	M. E. Defectuoso	Se detiene la línea de producción por no poder trabajar con material de empaque fuera de especificaciones
	Falta Producto	Se detiene la línea por falta de yogurt
	Falta Personal	Falta de personal, no se puede utilizar la línea de producción
	Falta Materia Prima	Pérdida de tiempo por falta de materia prima, la línea no arranca
	Error Operacional	Por fallas operacionales la línea presenta problemas
	Falta E. Eléctrica	Pérdida de energía eléctrica externa, línea de producción se detiene

Tabla 3. 1 Fallos y Modos de Fallo Línea C

Tal cómo se puede observar en la tabla anterior, la mayoría de las fallas producen la parada de la línea de producción afectando la eficiencia global de la línea. Algunas fallas no están ligadas directamente con un equipo específico, pero no dejan de afectar la producción. Existe un tipo de fallo denominado “none”, este tipo de fallo son eventos que ocurren en muy pequeños instantes de tiempo, en la cual el operador la define como una parada sin evento, esto se hace cuando el operador quiere verificar el volumen de envasado y acerca un envase de yogurt o cereal a una báscula para cerciorarse del peso y esto amerita una parada mínima pero que se considera motivo de estudio en el presente trabajo.

3.4 Análisis De Datos

Los datos a analizar se han tomado de la línea de producción, y corresponden desde el 1 de enero del 2022 hasta el 31 de marzo del 2023, donde se han reportado cada uno de los eventos ocurridos en la Línea C, que corresponde a la línea objeto de este estudio. Se cuenta con una cantidad de 63904 eventos con las diferentes variables como son: Fecha, Evento, Motivo y Duración.

Fecha	Evento	Motivo	Duración
1/1/2022 07:00	Standby	None	11:59:58
1/1/2022 19:00	Standby	None	11:59:58
1/2/2022 07:00	Standby	None	8:10:58
1/2/2022 15:10	Setup	Setup	0:00:02
1/2/2022 15:11	Setup	Setup	0:00:02
1/2/2022 15:11	Run	Running	0:01:10
1/2/2022 15:12	Down	Atascos P16000	0:00:37
1/2/2022 15:12	Run	Running	0:00:58
1/2/2022 15:13	Down	Falla Encartonadora	0:01:26
1/2/2022 15:15	Run	Running	0:14:52
1/2/2022 15:30	Down	None	0:01:07
1/2/2022 15:31	Run	Running	0:04:24
1/2/2022 15:35	Down	Atascos Delkor P16000	0:06:26
1/2/2022 15:42	Run	Running	0:06:19
1/2/2022 15:48	Down	None	0:01:00
1/2/2022 15:49	Run	Running	0:02:11

Tabla 3. 2 Modelo de Tabla de Datos Línea C

Donde el evento es el tipo de actividad que realizó la línea de producción y el motivo da un nivel más alto de detalle del evento. Por ejemplo, sí el evento es un down, especifica la falla que llevó a este evento.

Para el análisis de datos se utiliza el software RStudio, donde se realiza un tratamiento de datos para proceder con una evaluación de los mismos, por medio de un summary, que nos provee información de la data.

Fecha	Evento
Min. :2022-01-01 07:00:00.00	Parada :27207
1st Qu.:2022-05-11 20:56:41.75	No programada: 11
Median :2022-08-14 15:02:55.00	Run :29626
Mean :2022-08-24 12:59:18.25	Setup : 3255
3rd Qu.:2022-12-20 03:45:00.75	Standby : 3805
Max. :2023-03-31 23:31:13.00	

	Motivo	Duracion
Running	:29377	Min. : 0.0002
None	:14470	1st Qu.: 0.7012
Atascos Delkor P16000	: 2495	Median : 2.0312
Standby	: 2478	Mean : 10.2234
Falla Encartonadora	: 2477	3rd Qu.: 7.0400
M. E. Defectuoso	: 1552	Max. :759.4565
(Other)	:11055	

Para efectos del análisis la palabra “Down” se cambió por la palabra “Parada”.

3.4.1 Calculo De Tiempo Medio Entre Fallas

Conociendo que la fórmula del tiempo medio ente fallas es:

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo de Producción}}{\# \text{ Fallos}} \quad (3.1)$$

Se determina que el tiempo medio entre fallas (MTBF) por mes queda de la siguiente manera:

Período	Tiempo Disponible - Tiempo de Parada (min)	N° paradas	MTBF
ene-22	12801	1101	11,627
feb-22	13272	1643	8,078
mar-22	16945	2156	7,859
abr-22	16589	1300	12,761
may-22	20904	2258	9,258
jun-22	15783	2129	7,413
jul-22	21009	2203	9,537
ago-22	17039	1834	9,291
sep-22	17494	1815	9,639
oct-22	16575	1188	13,952
nov-22	17053	1530	11,146
dic-22	17220	1878	9,169
ene-23	15730	1644	9,568
feb-23	15869	2366	6,707
mar-23	17524	2162	8,105

Tabla 3. 3 Tabla de Datos MTBF Línea C

Con los datos obtenidos se realiza un histograma del Tiempo medio entre Fallas

Histograma Tiempo medio entre Fallas

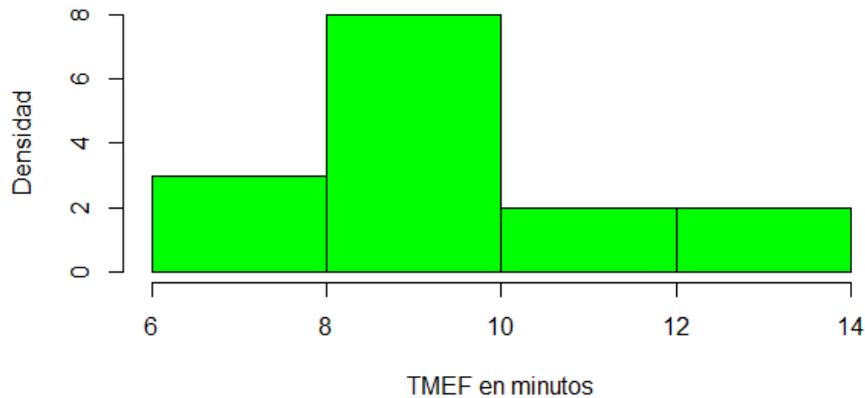


Figura 3. 8 Histograma MTBF Línea C

Con la ayuda de la herramienta de riskdistributions, determinamos si los datos de Tiempo medio ente fallas corresponde a un tipo de distribución.

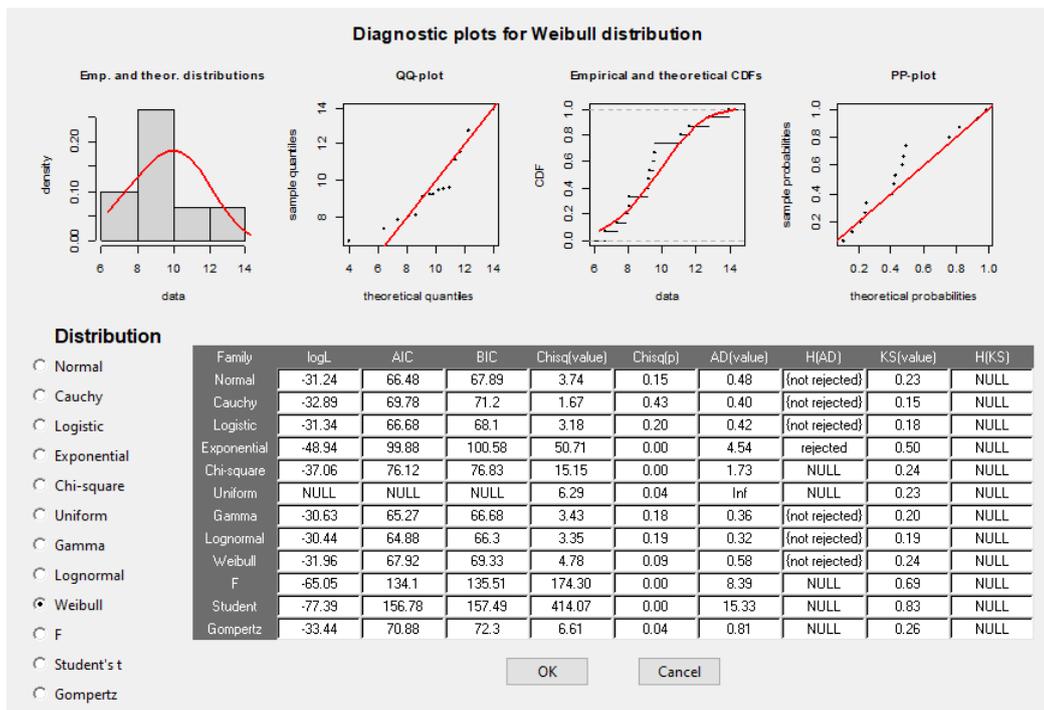


Figura 3. 9 Evaluación de Datos MTBF Línea C

Como se puede visualizar en las pruebas de hipótesis, no se descartan las distribuciones: Normal, Cauchy, Logística, Gamma, Lognormal, ni Weibull. Para verificar la tasa acumulada de fallos y la confiabilidad. Pero se toma los datos de “shape” y “scale” de la distribución de Weibull para dibujar la tasa de falla acumulada.

Chosen continuous distribution is: weibull (weibull)
 Fitted parameters are:
 shape scale

5.061458 10.419401

Con esto se procede a dibujar la tasa acumulada de fallas y la confiabilidad que es el inverso de la tasa acumulada de fallas.

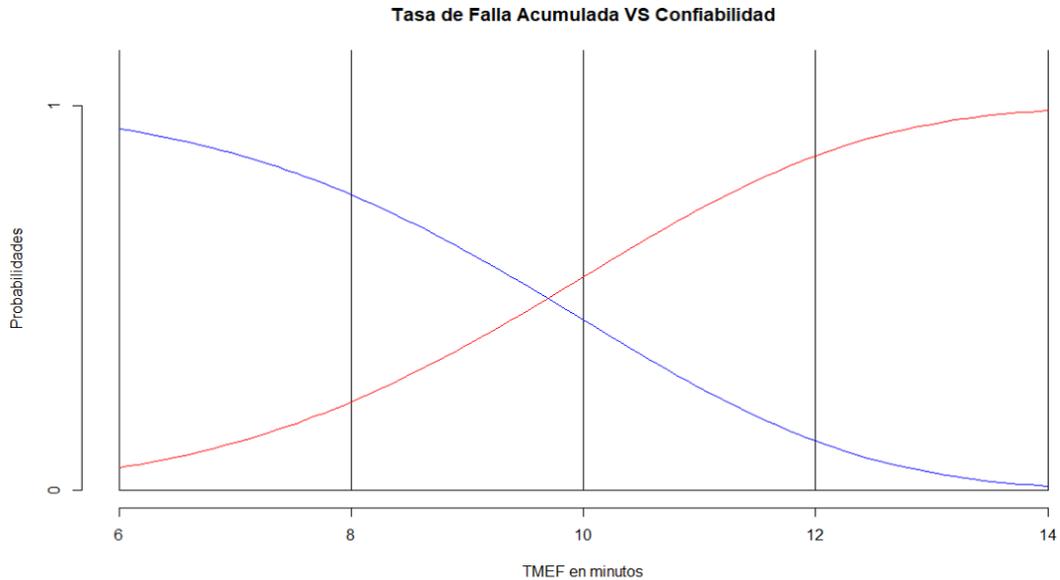


Figura 3. 10 Gráfico de Probabilidad de la Confiabilidad VS Tasa Acumulada de Fallos Línea C

Mientras la confiabilidad (línea azul) con respecto al tiempo va disminuyendo, la probabilidad de fallo va aumentando, siendo así que en base al gráfico se puede denotar que cada 14 minutos es 100% probable, que se presente una falla. Esto muestra que la línea estudiada presenta múltiples fallos con una frecuencia bastante alta.

Utilizando la data de eventos de la línea C, se procede a realizar un diagrama de Pareto para determinar las fallas más representativas de la misma y verificar si cada de una de estas fallas corresponden a algún tipo de distribución.

Fallas	Minutos Perdidos	P. Acumulado
Falla Encartonadora	11466,97	17%
None	11281,49	34%
M. E. Defectuoso	5228,18	41%
Atascos Delkor P16000	4256,93	48%
Falla Dosificado Yogurt	3694,59	53%
Falla Dispe. Cucharas	3608,95	58%
Falla P Cereal	3426,96	63%
Falla Copas Cereal P16	2125,37	67%
Falta Personal	2111,80	70%
Falla de P16000	1934,03	72%
Falla Foil PCereal	1920,79	75%
Falla Plancha Sell P16	1784,27	78%
Falla Resist P16000	1566,14	80%
Ajustes P16000	1160,74	82%
Atascos P16000	1123,30	84%
Falla Codificadora	1018,66	85%
Falla Banda Transp	831,40	86%

Tabla 3. 4 Minutos de Fallo Línea C

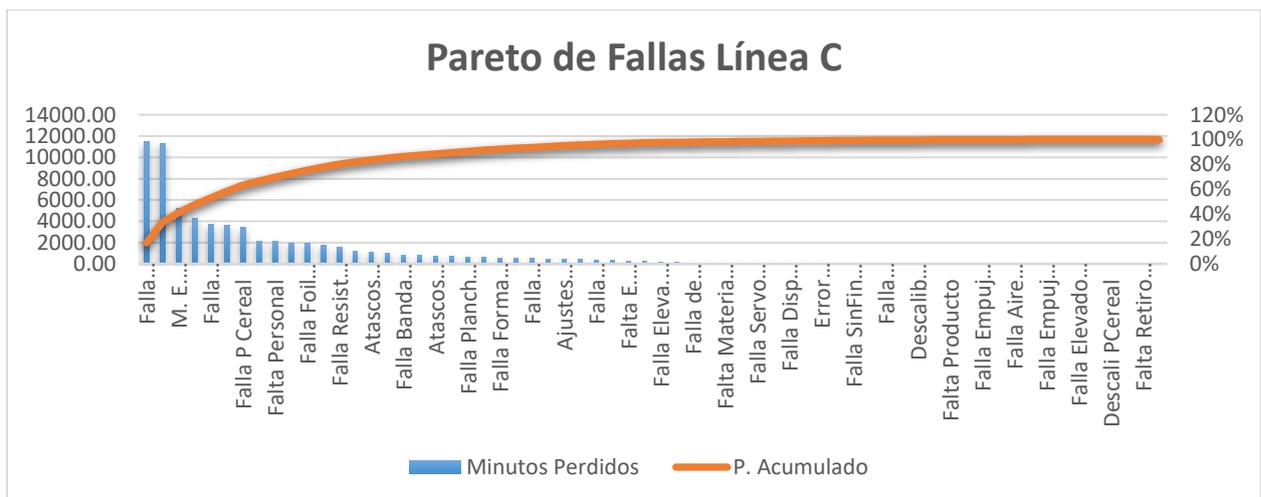


Figura 3. 11 Diagrama de Pareto-Fallos Línea C

Con el Diagrama de Pareto realizado se procede a realizar el análisis de las siguientes Fallas:

- Falla Encartonadora
- None
- Material Embalaje Defectuoso
- Atascos Delkor P16000
- Falla Dosificado de Yogurt
- Falla Dispensador de Cucharas
- Falla Envasado de Cereal
- Falla Copas Cereal P16

Falta Personal

Falla de Envasadora P16000

Falla Foil Envasadora de Cereal

Falla Plancha Sellado envasadora Cereal

Falla Resistencia Sellado envasadora Yogurt

3.4.2 Análisis De Gráficas De Fallos Línea C

Los gráficos de fallos de la línea C se realizan para obtener una ayuda visual y rápida de la situación de cada una de las fallas. Estas herramientas nos ayudarán a definir

3.4.2.1 Histogramas

Se realiza la elaboración de los histogramas por cada tipo de falla seleccionada hasta cubrir el 80% de los minutos perdidos. Y se procede a revisar si corresponde a algún tipo de distribución en la que se pueda asociar cada uno de los fallos.

A continuación, se adjunta algunos histogramas realizados, todos los histogramas se encuentran en la sección de anexos.

Histograma Falla de Encartonadora

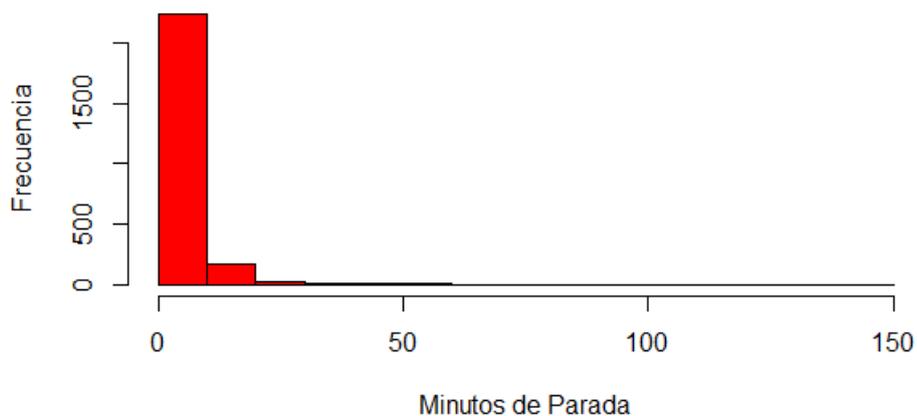


Figura 3. 12 Histograma Falla de Encartonadora

Histograma Falla None

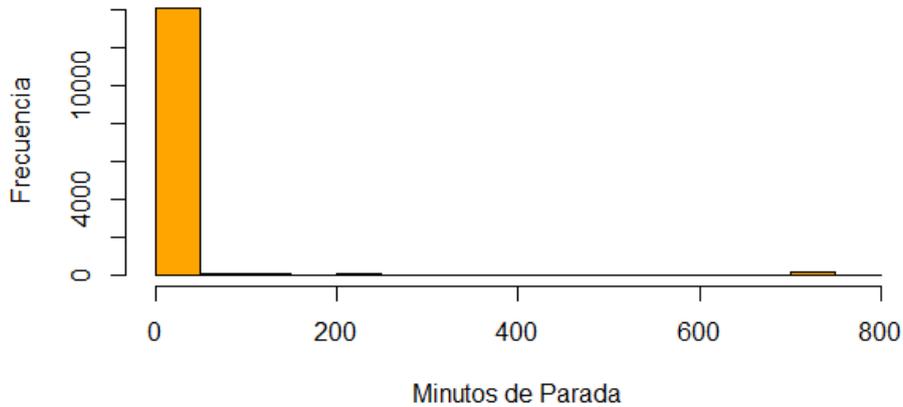


Figura 3. 13 Histograma Falla None

Histograma Falla M.E.Defectuoso

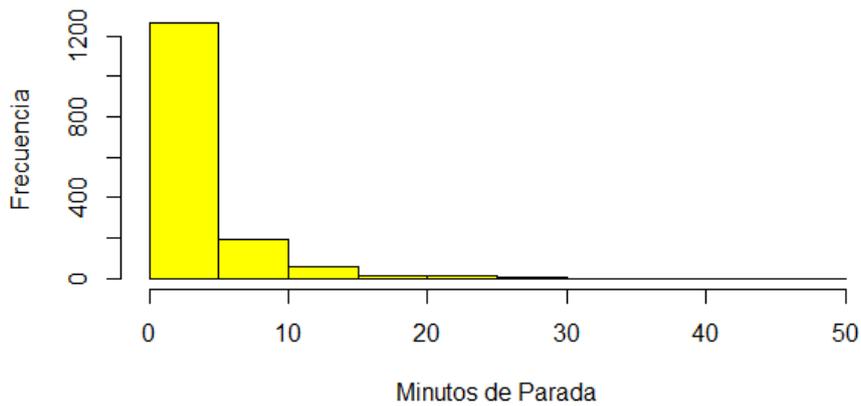


Figura 3. 14 Histograma Falla Material de Embalaje Defectuoso

3.4.2.2 Diagramas De Cajas

Se realizan los diagramas de cajas o bigotes de cada una de las fallas seleccionadas, de tal manera que se pueda entender de manera visual las características de los fallos en el grado en el que estos han ocurrido. Los diagramas de cajas muestran los tiempos de falla que han afectado la producción.

A continuación, se adjunta una muestra de los diagramas de cajas elaborados. Los diagramas de cajas están ubicados en la sección de anexos.

Falla Encartonadora

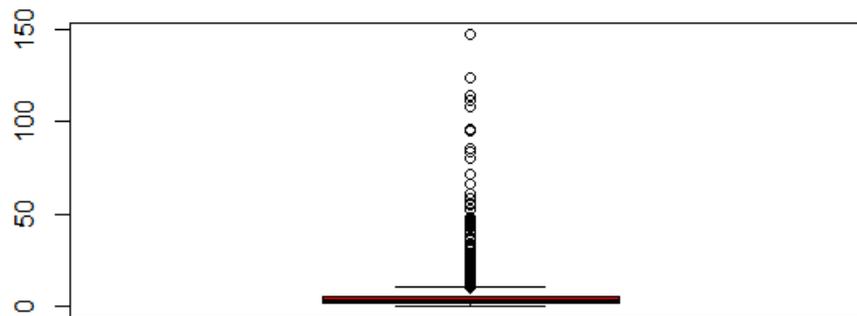


Figura 3. 15 Diagrama de Cajas Falla Encartonadora

Falla None

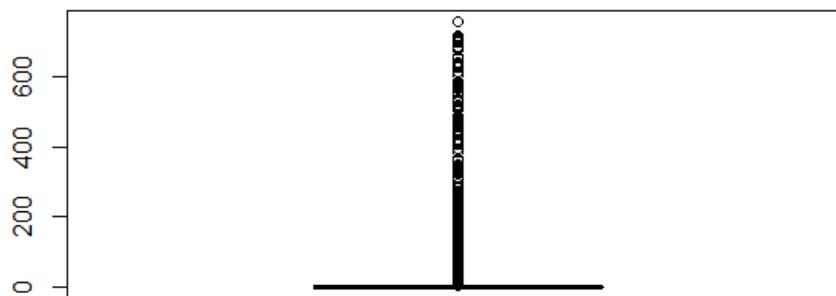


Figura 3. 16 Diagrama de Cajas de Falla None

Falla M.E.Defectuoso

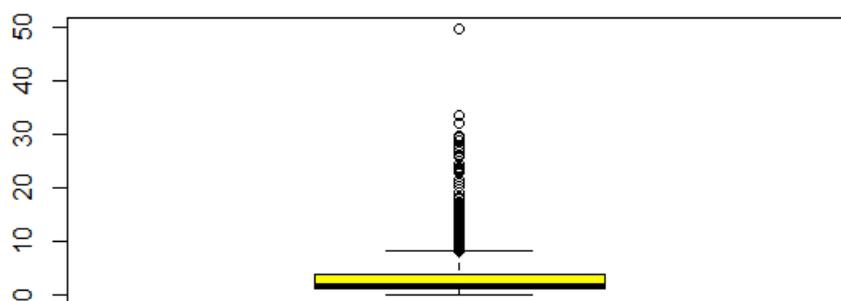


Figura 3. 17 Diagrama de Cajas Falla Material de Embalaje Defectuoso

3.4.2.3 Determinación De Distribución De Datos

Para poder determinar si las fallas pertenecen a una distribución, se utiliza la herramienta fit.cont de la librería riskdistributions del software RStudio, en cada uno de los fallos. Con esto se obtiene una evaluación completa de los datos comparándolos contra cada una de las funciones de distribución y una respuesta mencionando si es aceptada o no como una función de distribución.

A continuación, se adjunta una muestra de las evaluaciones que se hicieron a cada uno de los fallos y sus respuestas. Todas las evaluaciones de distribución se encuentran en la sección de anexos. En el caso de los modos de fallo que presentan un tipo de distribución asociada, se realiza el cálculo de la curva de confiabilidad para definir la probabilidad de fallo y con esto anticiparse al mismo realizando una actividad de mantenimiento que garantice el estado de operación del sistema.

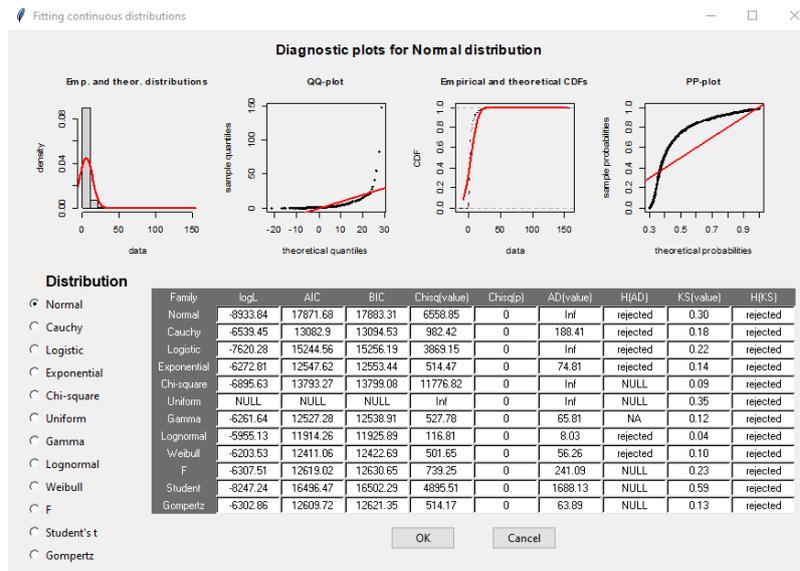


Figura 3. 18 Evaluación Falla de Encartonadora

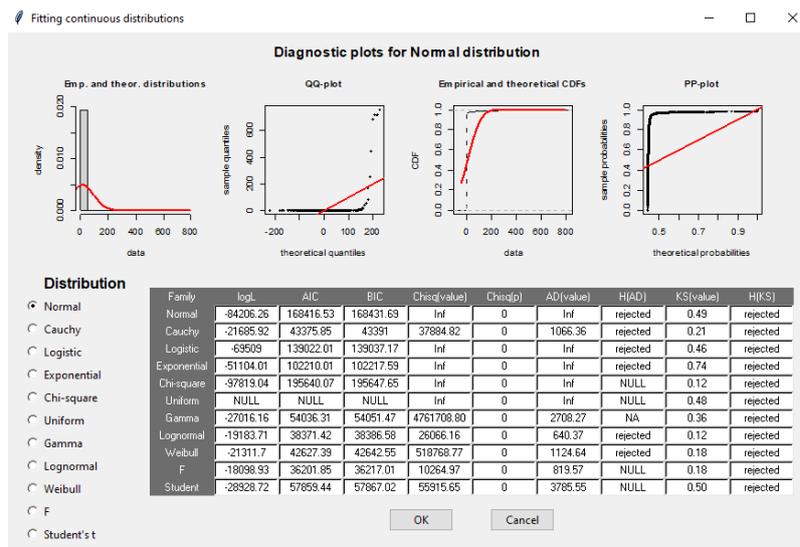


Figura 3. 19 Evaluación Falla None

3.4.2.4 Modelos De Supervivencia Y Estimador De Kaplan Meier

Como se pudo verificar, no todos los fallos tienen un comportamiento semejante a una distribución, para estos casos se utiliza un estimador que gráfica el tiempo de supervivencia de un sistema antes de que esté presente un fallo. A continuación, se realiza un análisis de supervivencia por cada uno de los fallos para determinar cuan probable es que estos aparezcan en el tiempo.

Este análisis de supervivencia también se realiza con el software RStudio con la ayuda del paquete survival y el comando surv (Martínez, 2017).

Se realiza el análisis de supervivencia de todos los modos de fallo seleccionados.

Con la ayuda del comando survfit del software RStudio, se realiza una predicción utilizando el estimador de “Kaplan- Meier y Fleming-Harrington” (Martínez, 2017).

A continuación, se adjunta una muestra de las gráficas de supervivencia utilizando el estimado de Kaplan-Meier de las fallas representativas. El total de gráficas de supervivencia se encuentra en la sección de anexos.

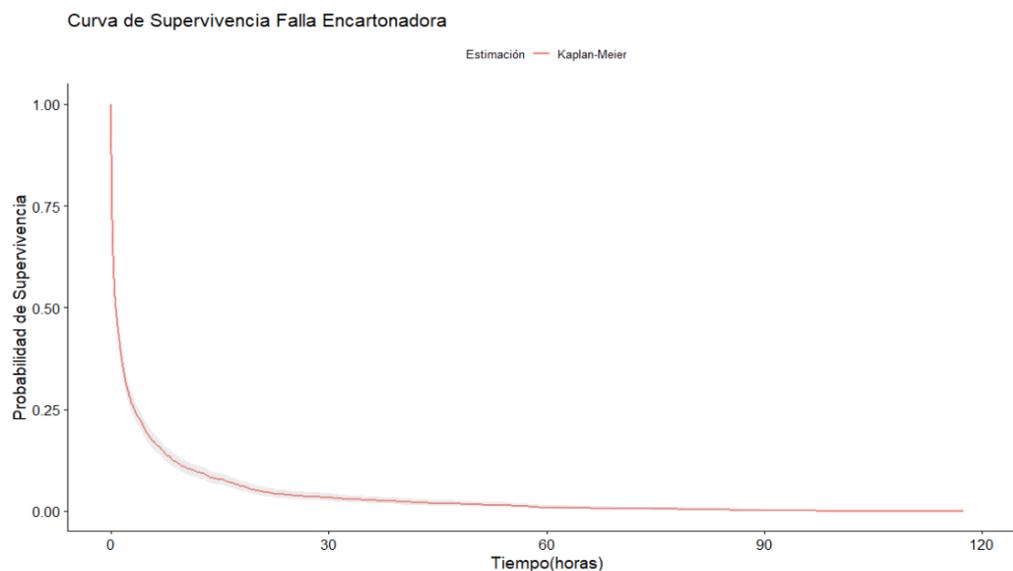


Figura 3. 20 Curva de Supervivencia Falla Encartonadora

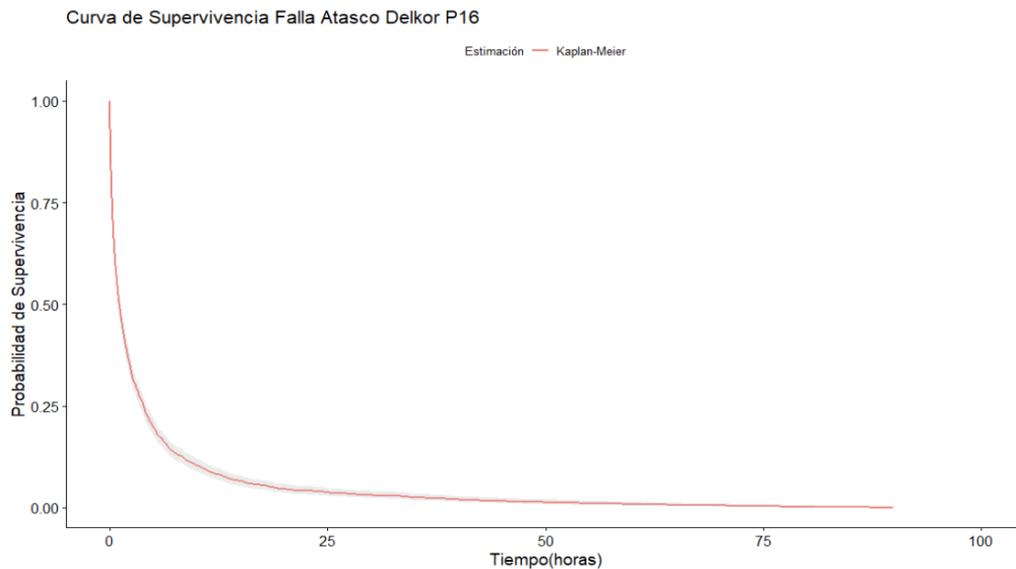


Figura 3. 21 Curva de Supervivencia Falla Atasco Delkor P16

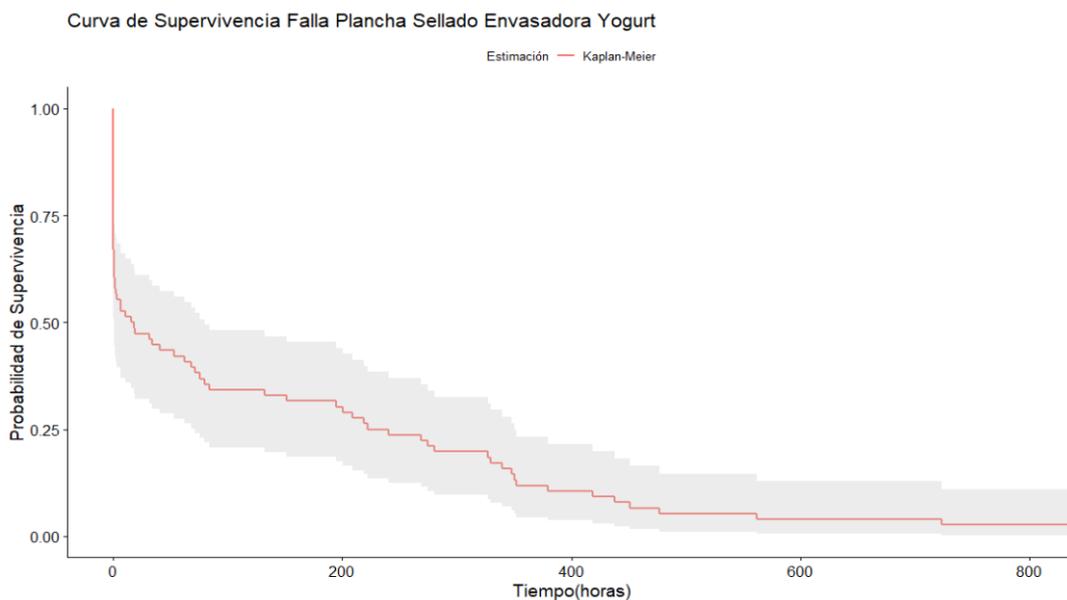


Figura 3. 22 Curva de Supervivencia Falla Plancha de Sellado Yogurt

3.4.3 Análisis De Gráficas De Tiempos Muertos Línea C

El denominado “Tiempo muerto” también es objeto de estudio en este trabajo, por lo que, de los datos obtenidos desde enero del año 2022 hasta marzo del año 2023, se extraen los correspondientes al evento “STAND BY”, que son todos los eventos donde la línea no está trabajando y no corresponden a una falla ni a una preparación de la línea, para poder identificar si existe una oportunidad de mejora en este ámbito y si es viable para la optimización de la producción.

Standby	Minutos Perdidos	P. Acumulado
None	163961,2632	57%
Standby	78563,854	84%
Alimentacion	18021,592	90%
Mantenimiento Preventivo	9434,402333	94%
Termino de Producto	8611,2515	97%
Línea No Programada	5444,430333	98%
Prioridad X Demanda	2089,216167	99%
Prueba Plan Producto	1482,022833	100%
Prueba Plan Equipo	1083,3705	100%
Total	288691,4028	

Tabla 3. 5 Pareto Standby Línea C

Se agrupan los datos y con esto se obtiene el siguiente Diagrama de Pareto:

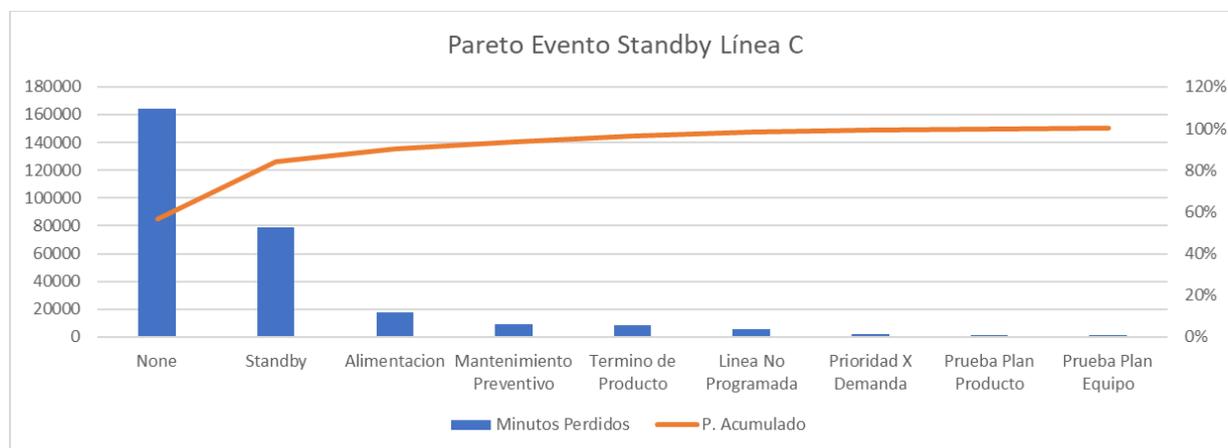


Figura 3. 23 Diagrama de Pareto Standby Línea C

Tomando los datos del diagrama de Pareto se empezarán a analizar los siguientes motivos:

None

Standby

Todos estos denominados “Tiempos Muertos”, son analizados de una manera gráfica para poder encontrar si existe una oportunidad de minimizar estos tiempos o de optimizar de alguna forma esta parte del proceso.

Como el motivo None, ya fue analizado en la etapa de análisis de fallas, sólo se analiza el motivo Standby.

3.4.3.1 Histogramas

Se realiza la elaboración de los histogramas por cada tipo tiempo muerto seleccionado hasta cubrir el 80% de los minutos perdidos. Y se procede a revisar si corresponde a algún tipo de distribución en la que se pueda asociar cada uno de los motivos analizados.

A continuación, se muestra el histograma correspondiente a Standby.

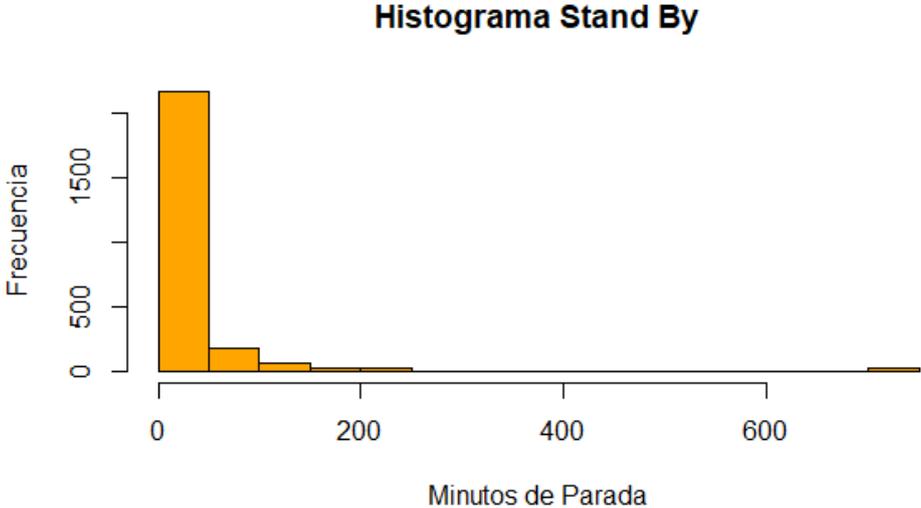


Figura 3. 24 Histograma Standby Línea C

3.4.3.2 Diagramas De Cajas

Se realizan los diagramas de cajas o bigotes de cada una de los eventos Standby seleccionados, de tal manera que se pueda entender de manera visual las características de estos tiempos de preparación en el grado en el que estos han ocurrido.

A continuación, se adjunta una muestra el diagrama de cajas correspondiente al motivo Standby.

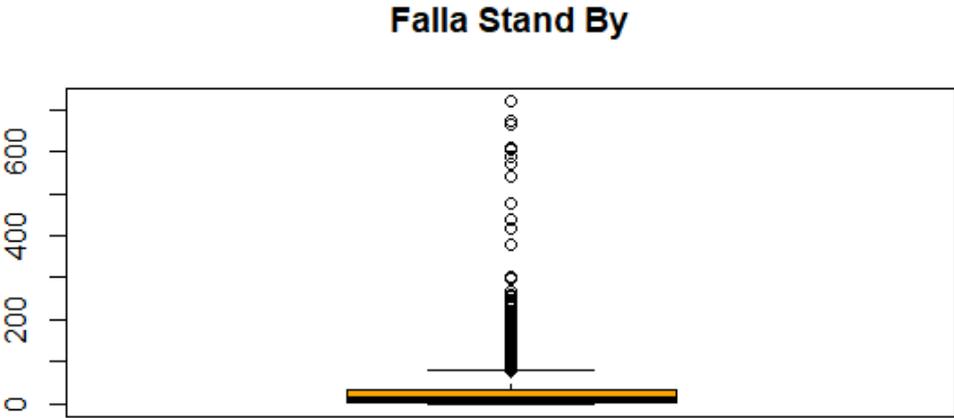


Figura 3. 25 Diagrama de Cajas Standby

3.4.3.3 Determinación Distribución De Datos

Para poder determinar si los eventos Standby pertenecen a una distribución, se utiliza la herramienta fit.cont de la librería riskdistributions del software RStudio. Con esto se obtiene una evaluación completa de los datos comparándolos contra cada una de las funciones de distribución y una respuesta mencionando si es aceptada o no como una función de distribución.

A continuación, se adjunta una muestra del uso de la herramienta fit.cont.

Evaluación “Stand By”

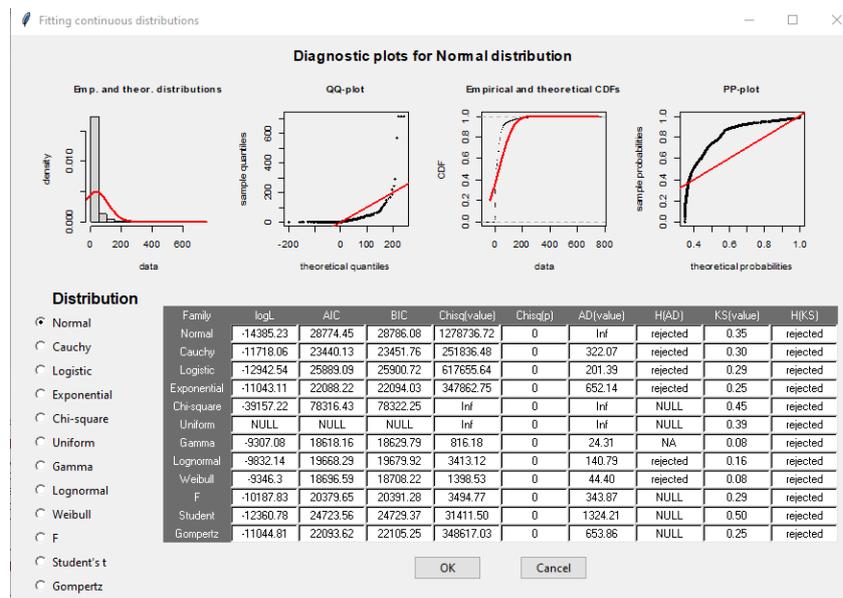


Figura 3. 26 Evaluación Evento Standby

3.4.3.4 Modelos De Supervivencia Y Estimador De Kaplan Meier

Los modelos de supervivencia nos ayudan a determinar el tiempo de fallo de un equipo, de la misma manera nos ayuda a determinar el momento en el que aparecen los eventos “Tiempo Muerto”, para poder realizar algún tipo de actividad que ayude a optimizarlo o en el mejor de los casos a minimizarlo.

A continuación, se realiza un análisis de supervivencia por cada uno de los fallos para determinar cuan probable es que estos aparezcan en el tiempo.

Este análisis de supervivencia también se realiza con el software RStudio con la ayuda del paquete survival y el comando surv.

Se realiza el análisis de supervivencia de todos los tiempos muertos seleccionados.

Con la ayuda del comando survfit del software RStudio, se realiza una predicción utilizando el estimador de “Kaplan- Meier y Fleming-Harrington”.

Se adjunta la gráfica de supervivencia utilizando el estimado de Kaplan-Meier.

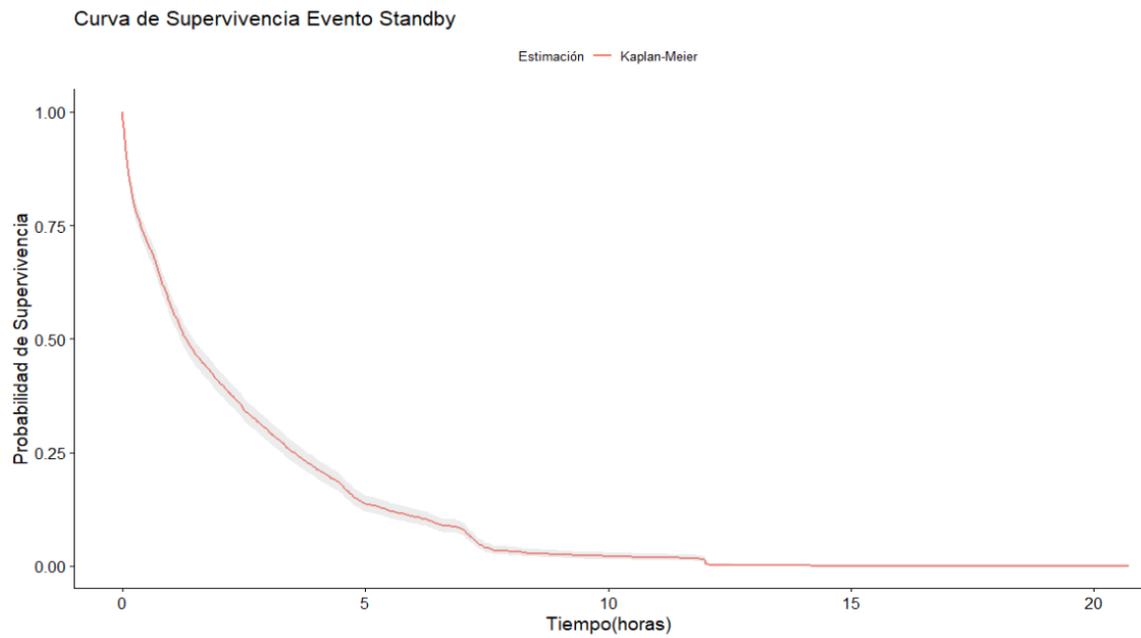


Figura 3. 27 Curva de Supervivencia Evento Standby

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

La presentación de los resultados obtenidos por cada uno de los ítems analizados, tanto de fallas como de tiempos muertos, se realiza de manera individual y se presenta el plan de acción al final del proceso. Al final del capítulo se muestra un consolidado del plan propuesto para disminuir la pérdida de eficiencia de la línea y ayudar a que la misma alcance su objetivo anual.

4.1 Resultado De Análisis De Fallos

Los análisis de fallas realizados, basados en el procedimiento antes descrito, contempla el análisis del gráfico de supervivencia y del análisis de la Confiabilidad del sistema basado en cada una de las fallas. Sí una de las fallas muestra un tipo de distribución asociada, en base a esta se puede establecer la confiabilidad del sistema de acuerdo a la falla y por ende se puede establecer el tiempo en el que el equipo falle por la causa analizada. En el caso de que una falla no muestra una distribución, el tiempo en el que falle el equipo, está determinado por el modelo de supervivencia y el gráfico estimador que muestra el comportamiento de la falla, según la estadística analizada.

4.1.1 Resultado De Falla Encartonadora

Una vez evaluada la data de “Falla encartonadora” con la herramienta fit.cont, se establece que esta data fue rechazada en todos los modelos de distribución por lo que la frecuencia de falla se determina por medio del estimador de Supervivencia de Kaplan-Meier.

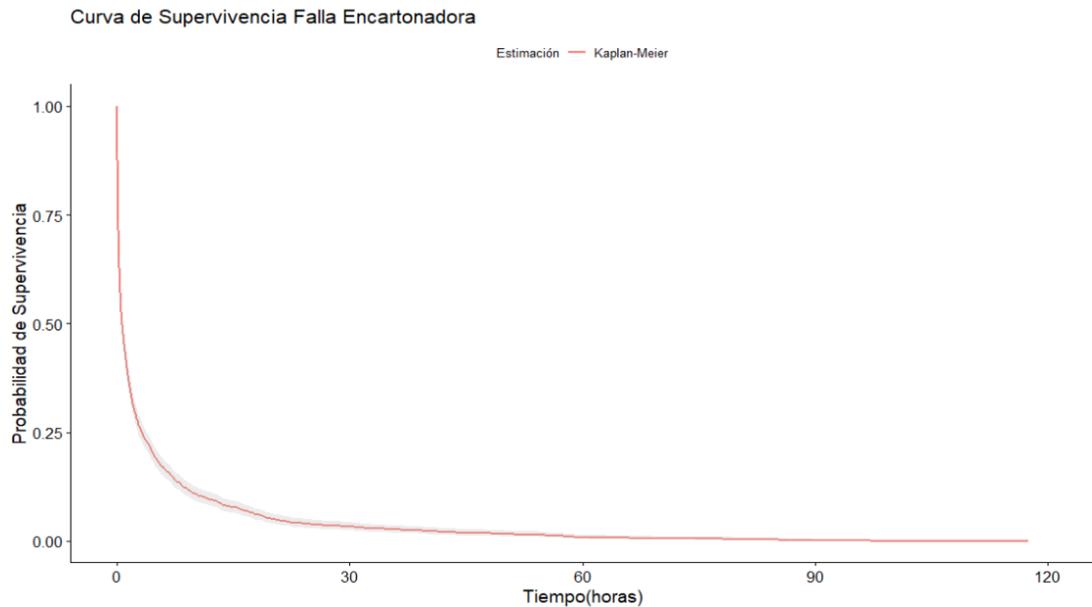


Figura 4. 1 Curva de Supervivencia Falla Encartonadora

La curva mostrada, presenta una estimación de supervivencia el nivel de confianza de un 0.99 para el intervalo de confianza y como se puede observar, la probabilidad de supervivencia por esta falla es bastante baja después de los 60 minutos, para lograr obtener una probabilidad de supervivencia del 90% con intervalo de confianza del 99%. Con tan alta frecuencia de fallos de este tipo, se comprueba que la confiabilidad del mismo es muy baja.

A continuación, se muestra el análisis de fallo por medio del método Ishikawa.

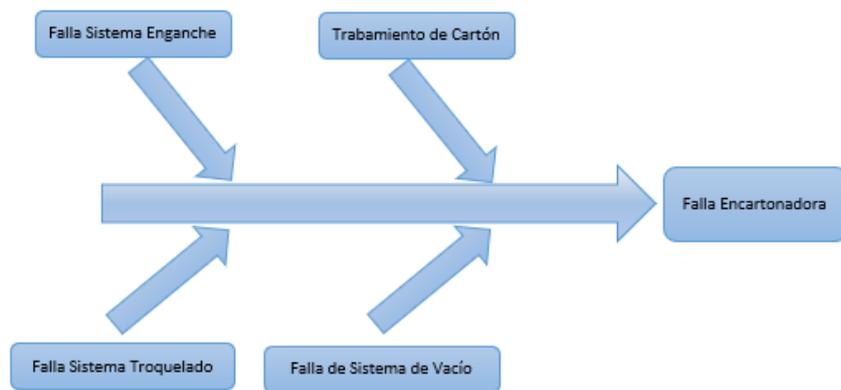


Figura 4. 2 Diagrama Ishikawa Falla Encartonadora

Una vez realizado el análisis de fallo, se establece los planes de acción que ayudarán a evitar que la línea de producción no cumpla su función.

Los planes de acción correspondientes a este tipo de fallo se detallan más adelante en este capítulo.

4.1.2 Resultado De Falla “None”

Una vez realizada la evaluación de la falla “None” por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

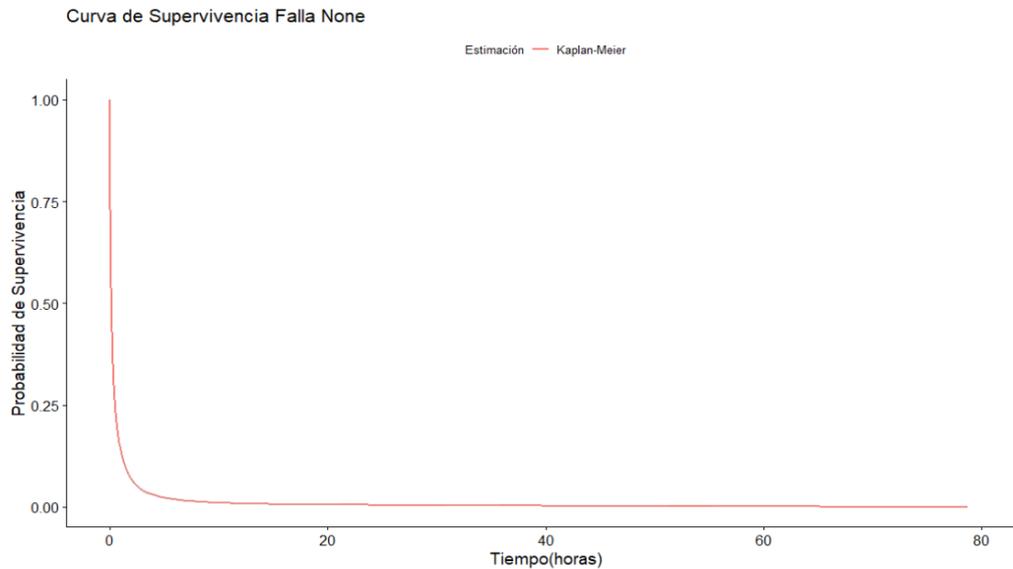


Figura 4. 3 Curva de Supervivencia Falla "None"

Como se puede observar en el gráfico 4.3, la curva de supervivencia de esta falla refleja un nivel muy bajo de confiabilidad de la línea por esta falla. Este tipo de falla es altamente recurrente y aparece cuando el operador revisando el volumen dosificado en cada una de las tarrinas, encuentra que existe variación de peso desde la anterior toma.

Para minimizar la aparición de este tipo de fallas, se realiza un análisis de 5 porqués para encontrar la causa raíz de este fallo.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	¿Porqué? 4	¿Porqué? 5	Causa Raíz
Variación de Volumen de dosificación entre las muestras	Volumen diferente entre los envases	Dosificación de Volumen mal calibrada	Personal no realiza de manera correcta la calibración del dosificador	No existe procedimiento de calibración de la dosificación.	Falta de Protocolo de calibración de Yogurt	Falta de Protocolo de calibración de Yogurt

Tabla 4. 1 Análisis Utilizando la Técnica de los 5 Porqués

4.1.3 Resultado De Falla Material De Empaque Defectuoso

Realizada la evaluación de la forma de distribución de datos, se determina que el tipo de fallas de Material de empaque defectuoso no corresponde a ningún tipo de distribución, por lo que se realiza el análisis de supervivencia y la estimación por medio

del método de Kaplan-Meier, para definir el tiempo en el que el equipo es más probable que falle.

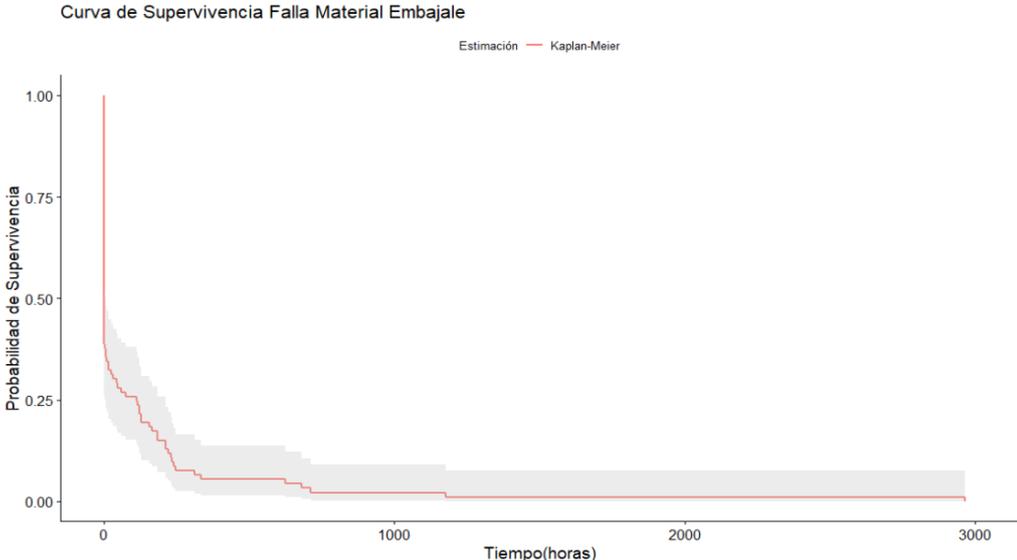


Figura 4. 4 Curva de Supervivencia Material de Embalaje Defectuoso

Basados en la gráfica 4.4, se determina que el tiempo de fallo por material de embalaje defectuoso es corto y presenta fallas de manera constante dando por resultado la pérdida de eficiencia de la línea.

Para este tipo de fallo se realiza un análisis de causa-raíz, para definir la causa que genera esta falla y en base a esta, establece un plan de acción que permita reducir la incidencia de esta falla.

A continuación, se muestra el análisis de los 3 porqués realizados a este tipo de falla.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
M. E. Defectuoso	Material de embalaje se atora	Material de embalaje no se dobla con facilidad	Material de Embalaje fuera de especificaciones	Material de embalaje fuera de especificaciones

Tabla 4. 2 Análisis Causa Raíz-Falla M.E. Defectuoso

4.1.4 Resultado Falla Atasco Delkor P16

Realizada la evaluación de la forma de distribución de datos, se determina que el tipo de fallas Atasco Delkor P16, no corresponde a ningún tipo de distribución, por lo que se realiza el análisis de supervivencia y la estimación por medio del método de Kaplan-Meier, para definir el tiempo en el que el equipo es más probable que falle.

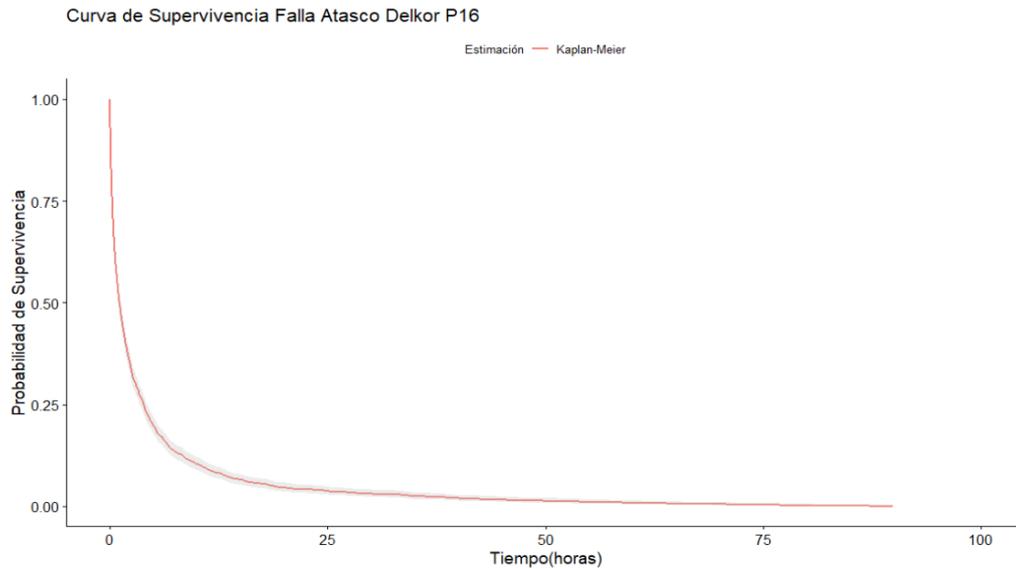


Figura 4. 5 Curva de Supervivencia Falla Atasco Delkor P16

La frecuencia en la que aparece la falla Atasco Delkor según el gráfico 4.5, es alta ya que la probabilidad de que el equipo no falle en un 80%, ocurre a las pocas horas de que el equipo comience su jornada de trabajo.

Se procede a realizar un análisis de causa raíz por la falla mencionada utilizando el método de los 3 Porqués.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Atasco Delkor P16	Trabamiento de botellas	Ingreso de producto a encartonadora defectuoso	Sistema de regulación de ingreso de producto defectuoso	Sistema de regulación de ingreso de producto defectuoso

Tabla 4. 3 Análisis Causa-Raíz Falla Atascos Delkor

4.1.5 Resultado Falla Dosificador De Yogurt

Una vez realizada la evaluación de la falla dosificador de Yogurt por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

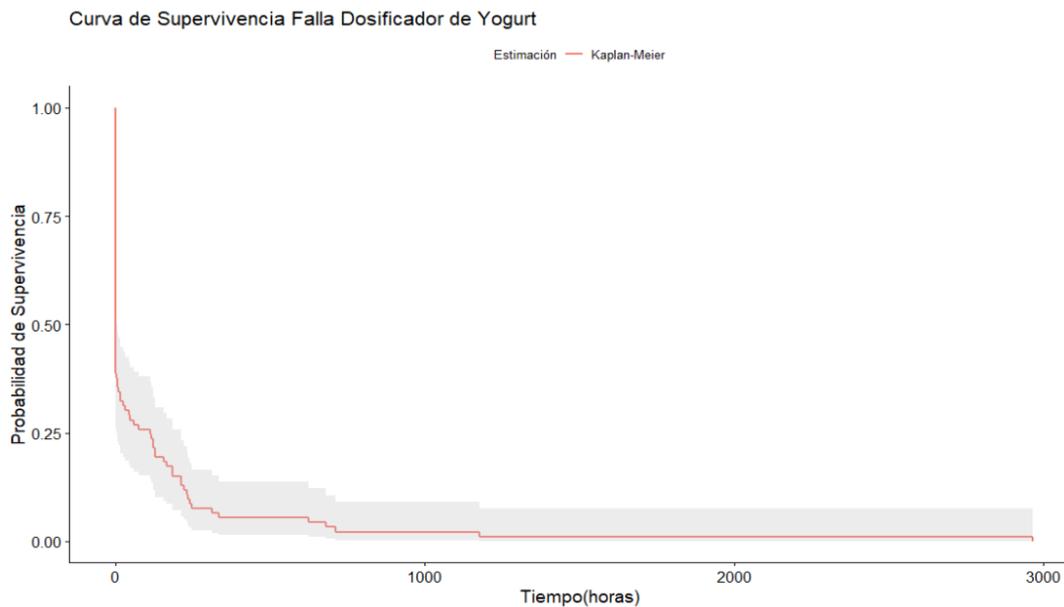


Figura 4. 6 Curva de Supervivencia Falla Dosificadora de Yogurt

La frecuencia en la que aparece la falla Dosificador de Yogurt según el gráfico 4.6, es alta ya que la probabilidad de que el equipo no falle en un 80%, ocurre a las pocas horas de que el equipo comience su jornada de trabajo.

Se procede a realizar un análisis de causa raíz por la falla mencionada utilizando el método de Ishikawa.

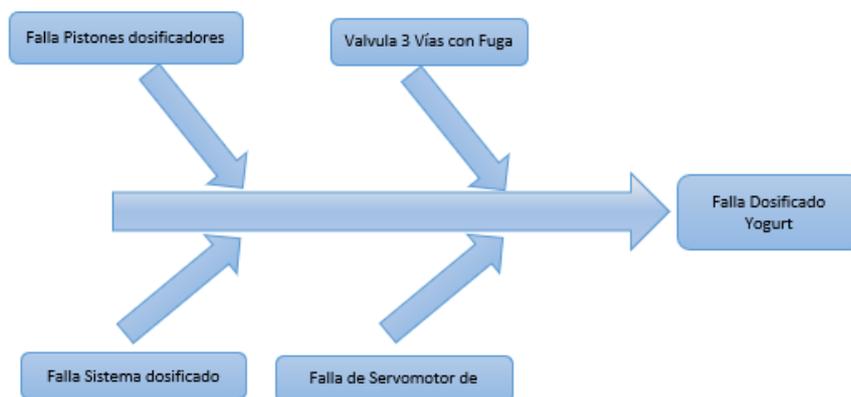


Figura 4. 7 Diagrama Ishikawa Falla Dosificador de Yogurt

4.1.6 Resultado Falla Dispensador De Cucharas

Realizada la evaluación de la forma de distribución de datos, se determina que el tipo de fallas Dispensador de Cucharas, no corresponde a ningún tipo de distribución, por lo que se realiza el análisis de supervivencia y la estimación por medio del método de Kaplan-Meier, para definir el tiempo en el que el equipo es más probable que falle.

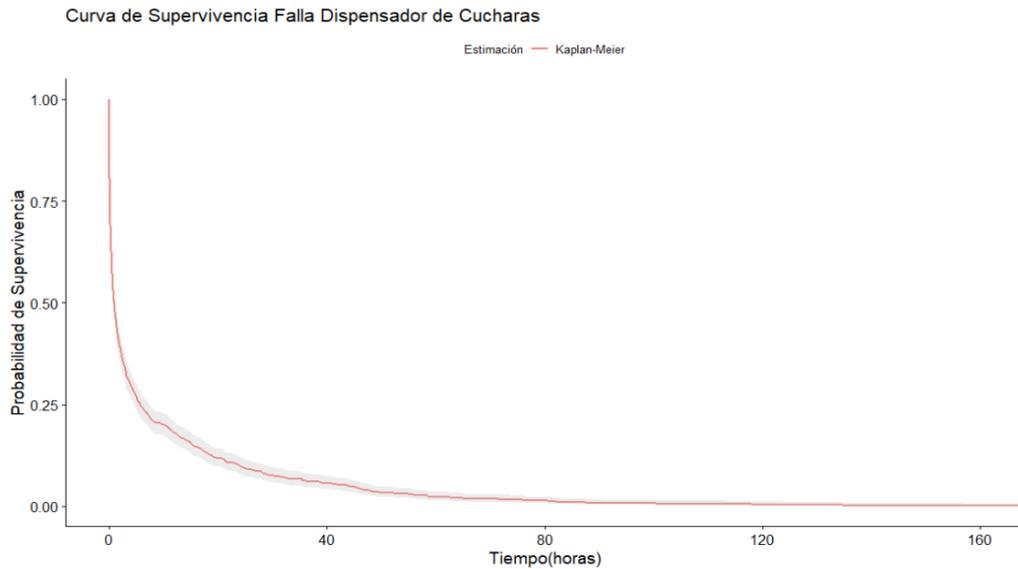


Figura 4. 8 Curva de Supervivencia Fallo Dispensador de Cucharas

La frecuencia en la que aparece la falla Dispensador de Cucharas según el gráfico 4.5, es alta ya que la probabilidad de que el equipo no falle en un 80%, ocurre a las pocas horas de que el equipo comience su jornada de trabajo.

Se procede a realizar un análisis de causa raíz por la falla mencionada utilizando el método de los 3 Porqués.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Falla Dispensador de cucharas	Sobre de cuchara no está bien cortado	Cuchilla de sobre de cucharas no corta	Falta de cambio de cuchillas.	Cuchillas de corte no se están cambiando a tiempo

Tabla 4. 4 Análisis Causa Raíz Fallo Dispensador de Cucharas

4.1.7 Resultado Falta Envasadora Cereal

Realizada la evaluación de la forma de distribución de datos, se determina que el tipo de fallas de Envasadora Cereal no corresponde a ningún tipo de distribución, por lo que se realiza el análisis de supervivencia y la estimación por medio del método de Kaplan-Meier, para definir el tiempo en el que el equipo es más probable que falle.

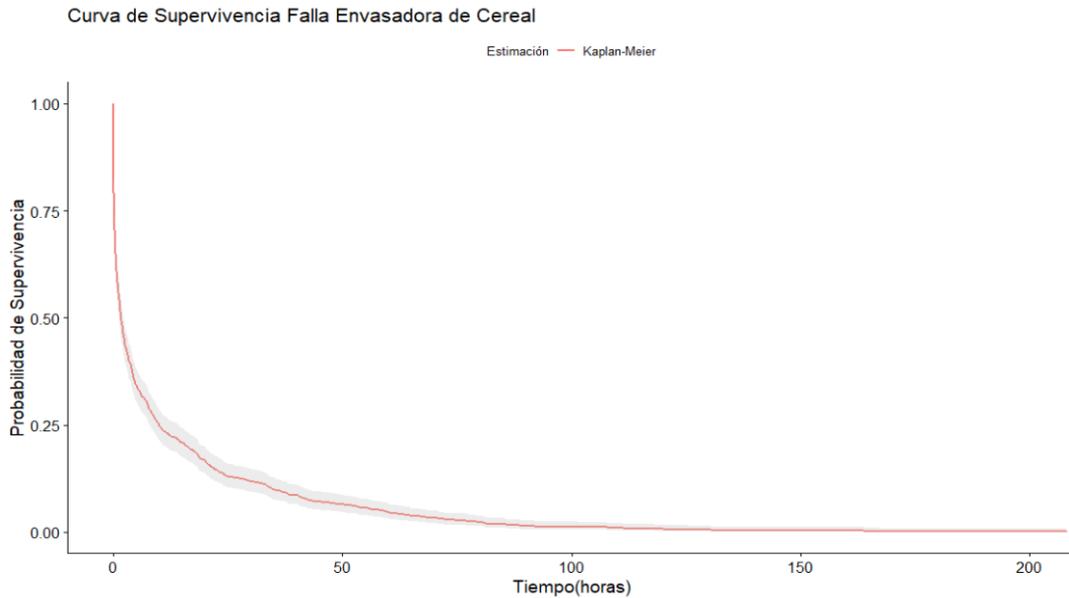


Figura 4. 9 Curva de Supervivencia Falla Envasadora Cereal

Como demuestra el gráfico 4.9, la tasa de fallas de envasadora cereal aparece con una frecuencia bastante alta, es decir, es muy probable que el equipo falle antes de las 18 horas de trabajo. La forma en la que se puede disminuir los minutos perdidos es realizando un análisis de causa raíz para descubrir el motivo por el que aparece este evento.

A continuación, se muestra el análisis de causa raíz por el método de los 3 porqués.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Falla Envasadora Cereal	Falla dosificado de cereal	Trabamiento de Cereal a la entrada de dosificador	Mucha suciedad a la entrada de dosificador	Falta de limpieza en sistema dosificación cereal

Tabla 4. 5 Análisis Causa Raíz Falla Envasadora Cereal

4.1.8 Resultado De Falla Copas Cereal

Una vez realizada la evaluación de la falla Copas Cereal por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

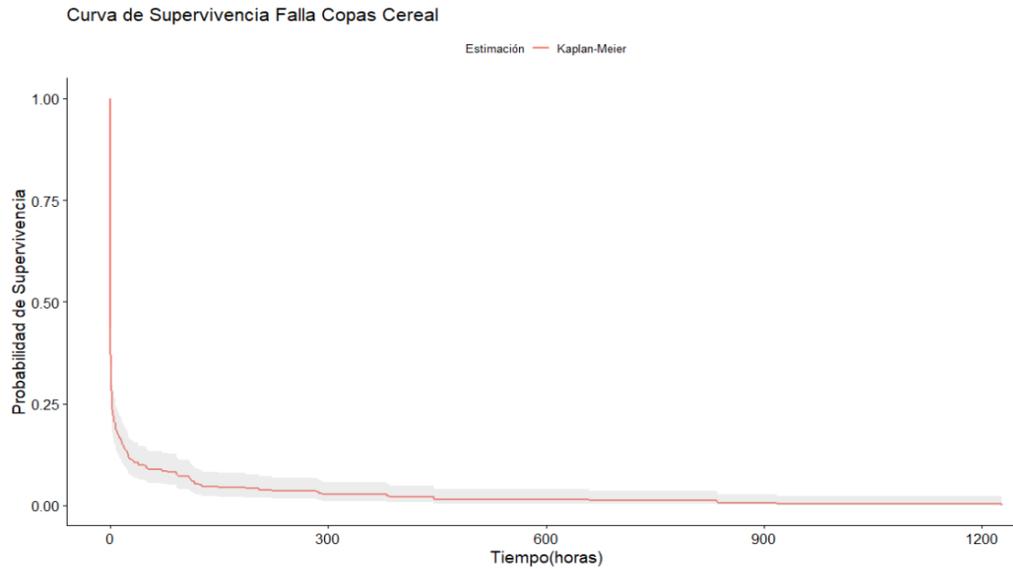


Figura 4. 10 Curva de Supervivencia Falla Copas Cereal

Como se puede ver la diferencia de Confiabilidad entre un 100% y un 25% se efectúa en un pequeño instante de tiempo. Por lo que la confiabilidad es bastante baja para este equipo por este tipo de falla. Para modificar la frecuencia en la que aparece este tipo de falla se puede utilizar un análisis de Causa raíz para identificar el motivo por el que ocurre la falla mencionada.

A continuación, se muestra el análisis de los 3 porqués realizado a este tipo de falla.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Falla Copas Cereal	No se conforman las copas	No están alineadas las copas	Bases de copas superiores con desgaste	Reemplazar partes desgastadas de sistema de copas

Tabla 4. 6 Análisis Causa Raíz Falla Copas Cereal

4.1.9 Resultado De Falta Personal

Una vez realizada la evaluación de la Falta de Personal, por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

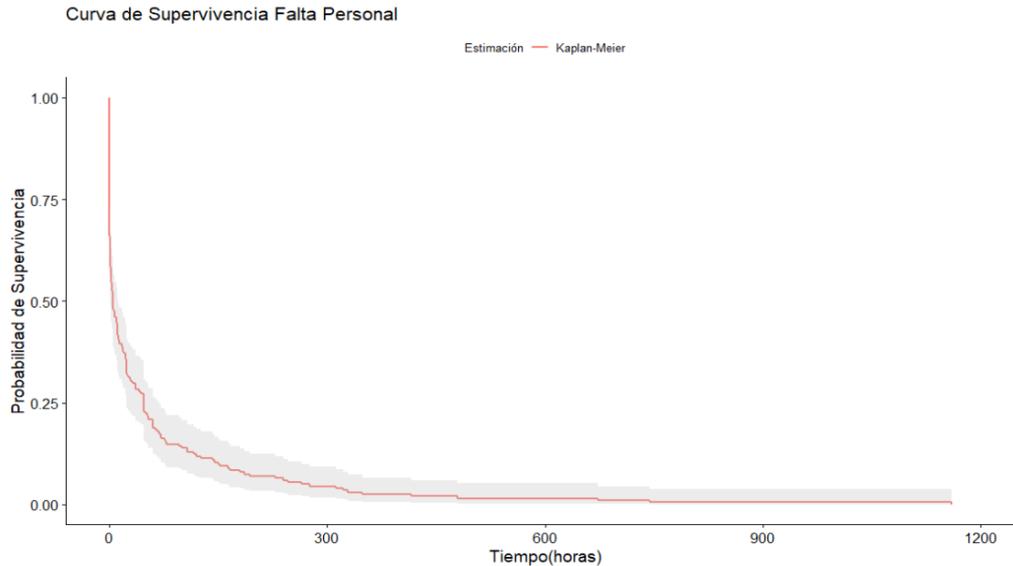


Figura 4. 11 Curva de Supervivencia Falta de Personal

Como se conoce la falta de personal es un tema que es difícil controlar ya que depende de factores externos al proceso y al equipo. En todo caso se analiza de la misma manera este tipo de evento y en el gráfico 4.11 se puede observar que este tipo de fallas es muy recurrente, al existir 3 equipos en este sistema, la probabilidad de que falte un operador por diferentes razones es muy alta. Para este tipo de falla, no se realiza un análisis de causa raíz, pero se establece que el motivo por el que ocurre la pérdida de minutos por esta falla radica en la falta de personal de backup para solventar la ausencia espontanea de operadores.

4.1.10 Resultado Falla De Envasadora P16

Una vez realizada la evaluación de la falla Envasadora P16000 por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

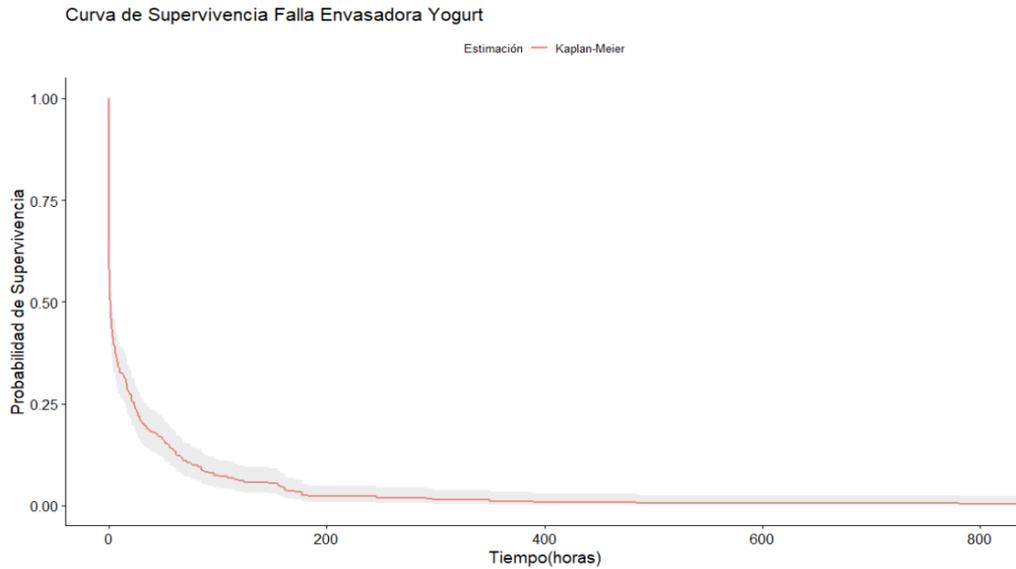


Figura 4. 12 Curva de Supervivencia Falla Envasadora P16000

Tal como muestra el gráfico 4.12 de supervivencia de falla de Envasadora P16000, este tipo de fallo es frecuente y su probabilidad de fallo es bastante alta. Para evitar que este tipo de fallas continúe, se procede a realizar un análisis de 5 porqués para determinar la causa raíz de la falla que provoca que este evento suceda.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	¿Porqué? 4	¿Porqué? 5	Causa Raíz
Falla P16000	Equipo se detiene y no arranca	Equipo no avanza por no cumplir el proceso	Equipo no sensa la posición de los cilindros neumáticos	Sensores magnéticos húmedos	Sensores magnéticos no cuentan con protección contra humedad	Sensores magnéticos no cuentan con protección contra humedad

Tabla 4. 7 Análisis de Causa Raíz por falla de Envasadora P16000

4.1.11 Resultado Falla Foil Cereal

Una vez realizada la evaluación de la falla Foil Cereal por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

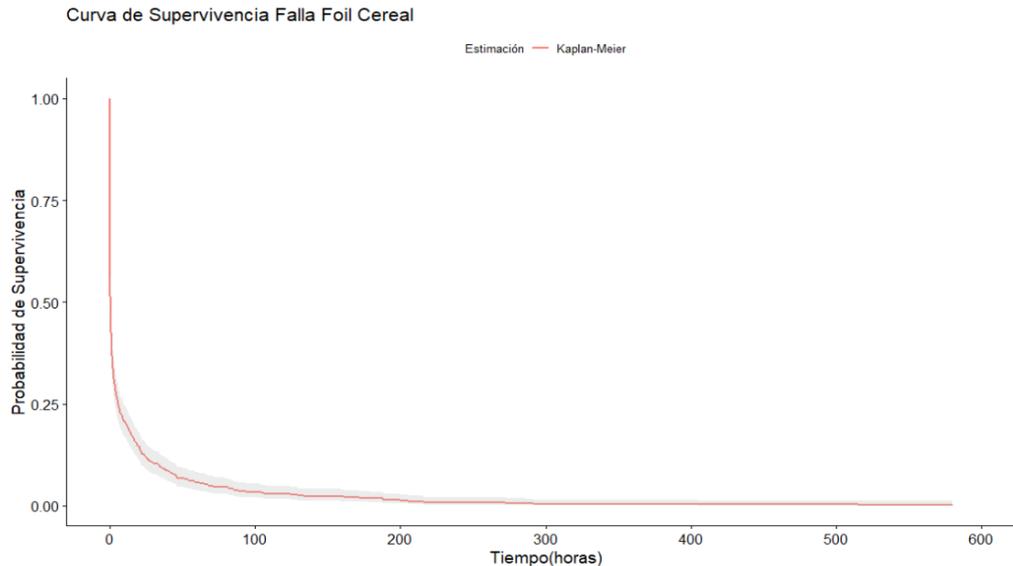


Figura 4. 13 Curva de Supervivencia Falla Foil Cereal

Como demuestra el gráfico 4.13, la tasa de fallas de Foil cereal aparece con una frecuencia bastante alta, es decir, es muy probable que el equipo falle en las primeras horas de trabajo. La forma en la que se puede disminuir los minutos perdidos es realizando un análisis de causa raíz para descubrir el motivo por el que aparece este evento.

A continuación, se muestra el análisis de causa raíz por el método de los 3 porqués.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Falla Foil Cereal	Foil no sella tarrina de cereal	Espesor de foil muy variable	Foil fuera de especificaciones	Foil fuera de especificaciones

Tabla 4. 8 Análisis de Causa Raíz Fallas de Foil

4.1.12 Resultado De Falla Plancha De Sellado Envasadora Cereal

Una vez realizada la evaluación de la falla de Sellado de Envasadora de Cereal por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

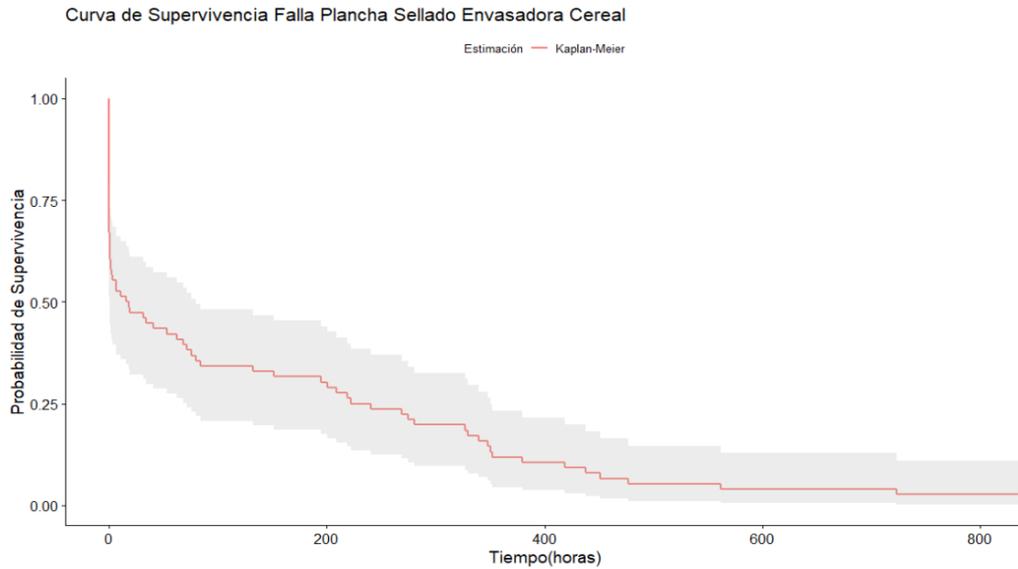


Figura 4. 14 Curva de Supervivencia Falla Plancha de Sellado Envasadora de Cereal

Como se puede observar en el gráfico 4.14, se puede obtener una confiabilidad menor al 50% después de las 20 primeras horas. Para optimizar la cantidad de tiempo de para de este sistema, se procede a realizar un análisis de causa raíz.

A continuación, se muestra análisis de causa raíz basado en método de los 3 porqués.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Falla Plancha de Sellado P16	Foil no sella tarrina de cereal	Plancha de sellado no calienta lo suficiente	Plancha de sellado sucia	Falta de limpieza de planchas de sellado

Tabla 4. 9 Análisis Causa Raíz Falla Plancha de Sellado P16000

4.1.13 Resultado De Falla Resistencia Sellado Envasadora Yogurt

Una vez realizada la evaluación de la falla Resistencia Sellado Envasadora Yogurt por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

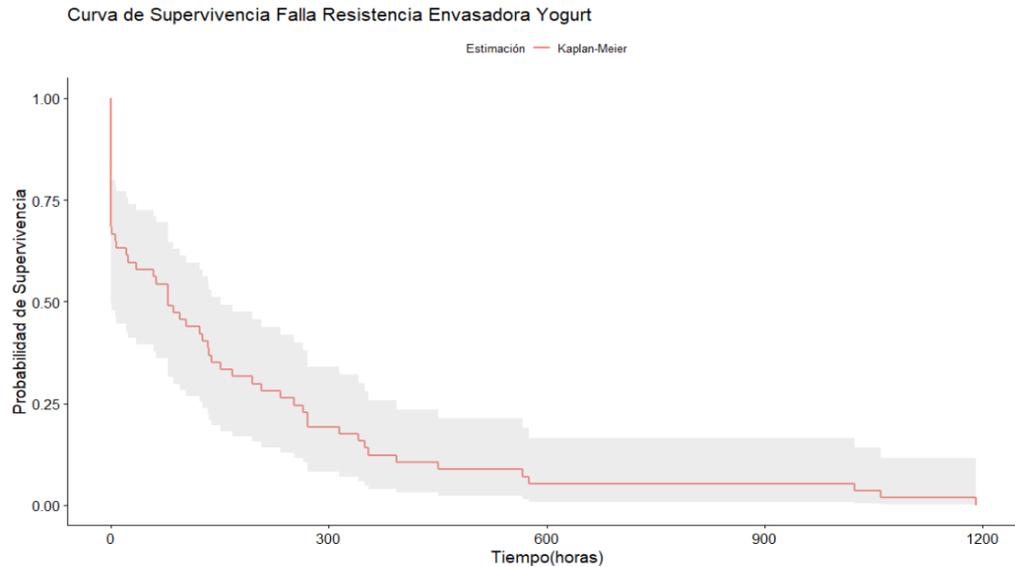


Figura 4. 15 Curva de Supervivencia Falla de Resistencia Envasadora Yogurt

Como demuestra el gráfico 4.15, la tasa de fallas de resistencia de envasadora de yogurt aparece con una frecuencia bastante alta, pero conserva una confiabilidad del 80% hasta las primeras 30 horas de trabajo. La forma en la que se puede disminuir los minutos perdidos es realizando un análisis de causa raíz para descubrir el motivo por el que aparece este evento.

A continuación, se muestra el análisis de causa raíz por el método de los 3 porqués.

Falla	¿Porqué? 1	¿Porqué? 2	¿Porqué? 3	Causa Raíz
Falla Resistencia P16000	Daño de resistencia	Ocurre cortocircuito en Resistencia	Se rompe cable a la entrada de la resistencia	Ingreso de cable de resistencia sin protección

Tabla 4. 10 Análisis de los 3 Porqués Falla Resistencia Envasadora Yogurt

4.2 Resultado De Análisis De Tiempos Muertos

Ya que para la falla None, se realizó el análisis de causa raíz y se determinó el comportamiento de esta falla, sólo se realiza el análisis del motivo Standby.

4.2.1 Resultado De Análisis Standby

Una vez realizada la evaluación del evento Standby por medio del comando fit.cont. del software RStudio y al no corresponder ningún tipo de distribución para este evento, se procede a realizar el análisis de supervivencia y en base a este, usando el estimador de Kaplan-Meier, se realiza el gráfico de la curva de supervivencia.

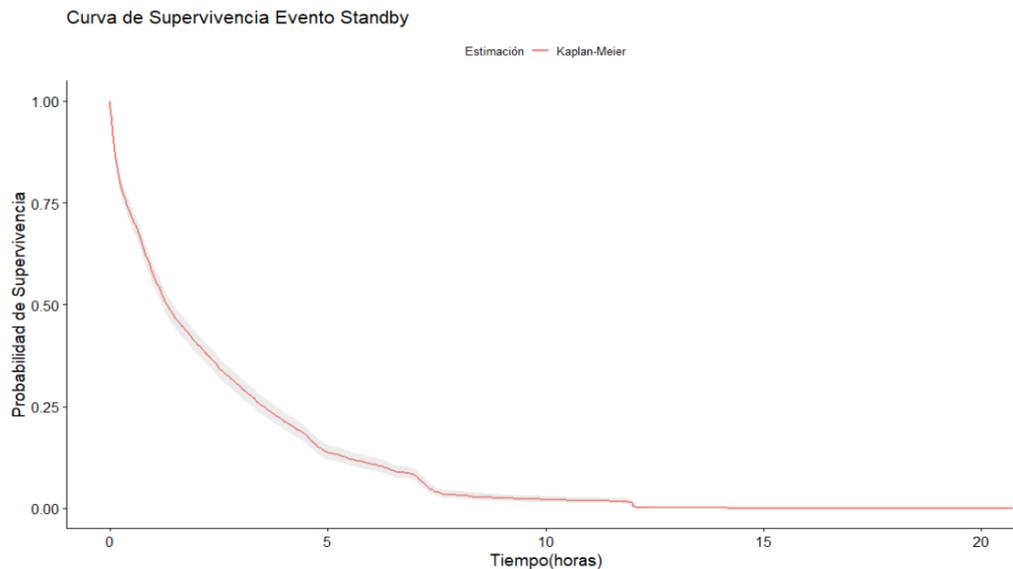


Figura 4. 16 Curva de Supervivencia Evento Standby

Como se puede observar en el gráfico 4.16 se obtiene hasta un 80% de Confiabilidad por cada hora de trabajo. Es decir que la frecuencia en la que aparece este tipo de eventualidad es bastante alta.

Ya que debe realizarse limpieza interna de las tuberías y de los equipos que están en la Línea en mención, una vez que se ha culminado el envasado de producto, se debe utilizar los equipos de limpieza CIP. Debido a que estos equipos de limpieza trabajan para las diferentes líneas de producción, las líneas de Limpieza deben turnarse para realizar su función encada una de las líneas, esto provoca la pérdida de tiempo de producción para que otra línea de producción culmine la etapa de limpieza.

Para este evento no se realiza análisis de causa raíz por lo evidente que es el problema que ocurre en este caso.

4.3 Propuesta De Plan De Acción Consolidado

A continuación, se elaboró un cuadro tomando en cuenta todos los análisis de causa raíz generados a lo largo de este capítulo.

El plan de acción se limita a proponer mejoras que impactarán directamente la eficiencia de la línea, pero no contempla a los responsables de que implementen dichas mejoras.

Equipo	Falla	Causa de Fallo	Plan de Acción
Encartonadora Delkor	Falla Encartonadora	Sistema de vacío presenta fuga	Cambio de mangueras de sistema de vacío
Encartonadora Delkor	Falla Encartonadora	Falta de Limpieza de mecanismo de doblado de cartón	Plan Semanal de limpieza y lubricación de sistema de doblado de cartón
Encartonadora Delkor	Falla Encartonadora	Sistema de enganche de producto con desgaste	Sistema de enganche necesita ser reemplazado
Envasadora Yogurt	None	Falta de protocolo calibración de envasado de yogurt	Establecer protocolo de calibración de envasado de yogurt
Encartonadora Delkor	M. E. Defectuoso	Material de embalaje fuera de especificaciones	Implementa sistema de evaluación de Material de embalaje y proveedores para asegurar se cumplan las especificaciones
Encartonadora Delkor	Atascos Delkor P16000	Sistema de regulación de ingreso de producto defectuoso	Se debe corregir ingreso de producto a encartonadora
Encartonadora Delkor	Atascos Delkor P16000	Sistema de regulación de ingreso de producto defectuoso	Construcción moldes para regulación ingreso de producto.
Envasadora Yogurt	Falla Dosificado Yogurt	Material de pistones dosificadores demasiado rígido	Construcción de pistones dosificadores con dureza de 35 Rockwell A en material grado alimenticio.
Envasadora Yogurt	Falla Dosificado Yogurt	Valvula dosificadora de 3 vías con fuga	Constucción de nueva valvula dosificadora de 3 vías
Envasadora Yogurt	Falla Dispe. Cucharas	Cuchillas de corte no se están cambiando a tiempo	Reemplazar cuchillas de corte de cuchara mensualmente
Envasadora Cereal	Falla P Cereal	Falta de limpieza en sistema dosificación cereal	Establecer limpieza cada 8 horas de sistema dosificación cereal
Envasadora Yogurt	Falla Copas Cereal P16	Sistema de copas con desgaste mecánico	Reemplazar partes desgastadas de sistema de copas
Línea C	Falta Personal	No existe Personal de backup para operar la envasadora	Capacita personal para realizar reemplazo en caso de falta de personal.
Envasadora Yogurt	Falla de P16000	Sensores Magneticos sin protección de humedad	Construir sistema de cobertura de sensores magnéticos de cilindros
Envasadora Cereal	Falla Foil PCereal	Foil fuera de especificaciones	Implementa sistema de evaluación de Foil y proveedores para asegurar se cumplan las especificaciones
Envasadora Cereal	Falla Plancha Sell P16	Falta de limpieza de planchas de sellado	Establecer limpieza cada 8 horas de planchas de sellado
Envasadora Cereal	Falla Plancha Sell P16	Falta de limpieza de planchas de sellado	Instalar otro juego de 8 planchas de sellado para realizar la limpieza sin detener el equipo.
Envasadora Yogurt	Falla Resist P16000	Ingreso de cable de resistencia sin protección	Modificar resistencia para que ingreso de cable sea curvo y no se rompa
Limpieza CIP	Standby	Equipo Limpieza CIP en ciertas ocasiones no está disponible	Coordinar Limpieza CIP para todas las líneas y no programar el envasado sin disponibilidad del equipo de limpieza

Tabla 4. 11 Plan de Acción Consolidado

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por la complejidad de los datos obtenidos, se puede concluir que los datos reales no siempre se comportan como una distribución y que el análisis de supervivencia puede establecer los lineamientos suficientes, para poder implementar planes de acción que ayuden a las compañías a mejorar su rentabilidad.

Es de suma ayuda la medición de la confiabilidad para establecer un proceso de mejora continua en la gestión del mantenimiento y de la productividad de una empresa. Los planes de mantenimiento no son la única herramienta para mantener el control en la productividad de un equipo, más bien el análisis sistemático y periódico de los indicadores de gestión fomentan las bases de la mejora continua y sistemática de los procesos productivos.

Sistemas de gestión internacionales como el RCM (Reliability Centered Maintenance) y el TPM (Total Productive Maintenance) poco a poco van incursionando en las compañías nacionales, y los resultados en productividad que ayudan a obtener a las compañías que los van utilizando son el mejor referente para su aplicación. Por lo que se sugiere la especialización de profesionales ecuatorianos en estos sistemas, que ayuden a mejorar la competitividad contra los mercados extranjeros en los productos que se manufacturan a nivel nacional.

6. Referencias

- Andrade Montiel, O. (15 de Enero de 2019). *Ingeniería de Confiabilidad y Tipos de Mantenimiento*. Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/ingenieria-de-confiabilidad-y-tipos-de-mantenimiento/>
- Campos López, O., Tolentino Eslava, G., Toledo Velázquez, M., & Tolentino Elava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 51-59.
- El Calculo de la Confiabilidad*. (15 de Marzo de 2008). Obtenido de Reliability Web: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-calculo-de-la-confiabilidad>
- Fiabilidad de Sistemas*. (30 de Diciembre de 2022). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Fiabilidad_de_sistemas#Bibliograf%C3%ADa
- Forcadas, J. (1983). Confiabilidad de los Sistemas. *SAI*, 37.
- Forcadas, J. (1983). Confiabilidad de los Sistemas. *ASI*, 40.
- Gehisy. (10 de Julio de 2017). *Aprendiendo Calidad y ADR*. Obtenido de Aprendiendo Calidad y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/histogramas/>
- Infraspeak, T. (15 de Mayo de 2023). *¿Qué es el MTBF y cómo calcularlo?(MTBF vs MTTR)*. Obtenido de Infraspeak Blog: <https://blog.infraspeak.com/es/que-es-mtbf/>
- Martínez, J. (22 de Mayo de 2017). *Supervivencia en R*. Obtenido de R Pubs: <https://rpubs.com/JavierMtzG/Supervivencia>
- Mint for People*. (13 de Octubre de 2022). Obtenido de <https://mintforpeople.com/noticias/confiabilidad-mantenimiento-industrial/>
- Noriega, A. (23 de Noviembre de 2019). *Cursos GIS*. Obtenido de Cursos GIS: <https://www.cursosgis.com/diagramas-de-cajas-y-bigotes/>
- Ruiz Gómez, J. M. (2015). *Fiabilidad de Sistemas: Ordenación y Clasificación*. Murcia.
- Touron, J. (9 de Marzo de 2016). *Sistemas OEE Technology to Improve*. Obtenido de Sistemas OEE Technology to Improve: <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>

Vergara Lazcano, R. (2014). La Estadística en el Mantenimiento y Reemplazo Óptimo en el Control de Calidad. *La Estadística en el Mantenimiento y Reemplazo Óptimo en el Control de Calidad*. México, México.

Wikipedia. (13 de Noviembre de 2019). Obtenido de Disponibilidad:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Disponibilidad>

Wolstenholme, L. C. (1999). *Reliability Modeling a Statistical Approach* . Boca Raton, FL 33487-2742 : Chapman & Hall/CRC Taylor & Francis Group.

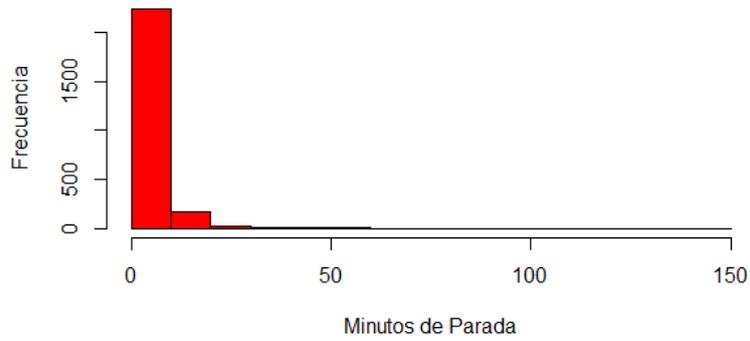
7. Apéndices y anexos

7.1 Muestra de Base de datos de producción Línea C.

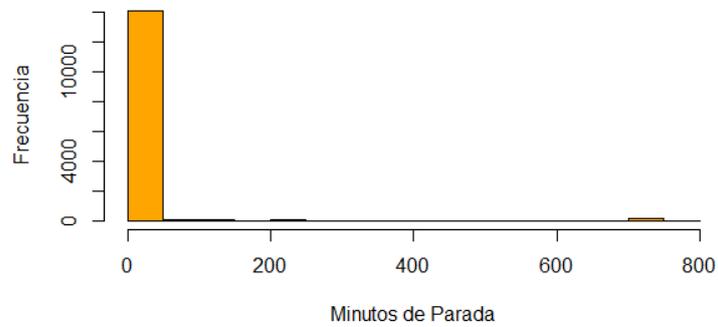
Start Time	Timeline Event State	Reason	Duration
1/1/2022 07:00	Standby	None	11:59:58
1/1/2022 19:00	Standby	None	11:59:58
1/2/2022 07:00	Standby	None	8:10:58
1/2/2022 15:10	Setup	Setup	0:00:02
1/2/2022 15:11	Setup	Setup	0:00:02
1/2/2022 15:11	Run	Running	0:01:10
1/2/2022 15:12	Down	Atascos P16000	0:00:37
1/2/2022 15:12	Run	Running	0:00:58
1/2/2022 15:13	Down	Falla Encartonadora	0:01:26
1/2/2022 15:15	Run	Running	0:14:52
1/2/2022 15:30	Down	None	0:01:07
1/2/2022 15:31	Run	Running	0:04:24
1/2/2022 15:35	Down	Atascos Delkor P16000	0:06:26
1/2/2022 15:42	Run	Running	0:06:19
1/2/2022 15:48	Down	None	0:01:00
1/2/2022 15:49	Run	Running	0:02:11
1/2/2022 15:51	Down	None	0:01:32
1/2/2022 15:53	Run	Running	0:00:30
1/2/2022 15:53	Down	None	0:01:04
1/2/2022 15:54	Run	Running	0:11:22
1/2/2022 16:06	Down	None	0:00:27
1/2/2022 16:06	Run	Running	0:13:03
1/2/2022 16:19	Down	None	0:00:53
1/2/2022 16:20	Run	Running	0:07:54
1/2/2022 16:28	Down	M. E. Defectuoso	0:02:25
1/2/2022 16:30	Run	Running	0:02:28
1/2/2022 16:33	Down	Atascos Delkor P16000	0:01:01
1/2/2022 16:34	Run	Running	0:21:16
1/2/2022 16:55	Down	None	0:01:05
1/2/2022 16:56	Run	Running	0:20:41
1/2/2022 17:17	Down	None	0:00:15
1/2/2022 17:17	Run	Running	0:07:23
1/2/2022 17:24	Down	Falla P Cereal	0:25:47
1/2/2022 17:50	Run	Running	0:23:01
1/2/2022 18:13	Down	M. E. Defectuoso	0:01:34
1/2/2022 18:15	Run	Running	0:06:30
1/2/2022 18:21	Down	None	0:00:39
1/2/2022 18:22	Run	Running	0:17:57
1/2/2022 18:40	Down	Atascos Delkor P16000	0:00:42

7.2 Histogramas de Fallas y Standby

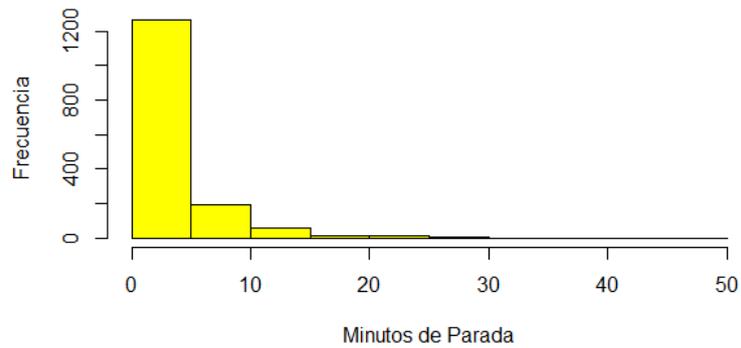
Histograma Falla de Encartonadora



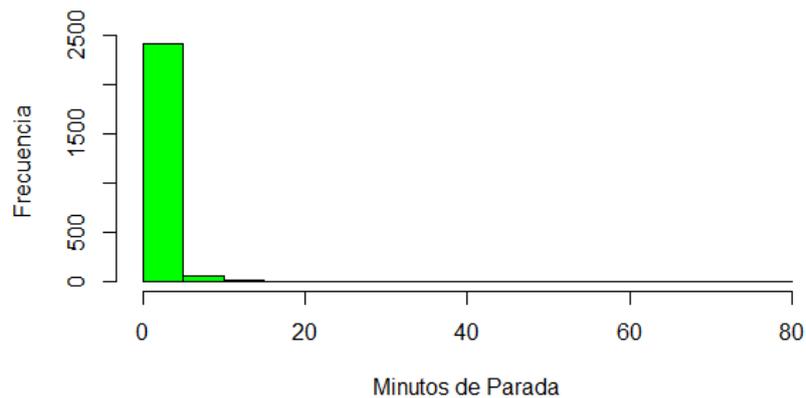
Histograma Falla None

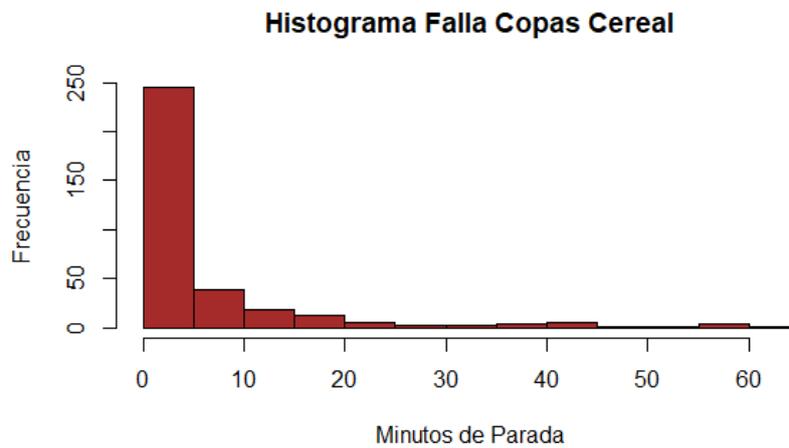
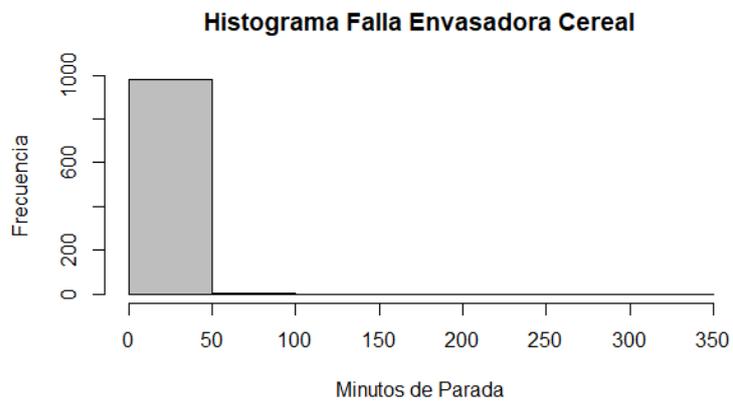
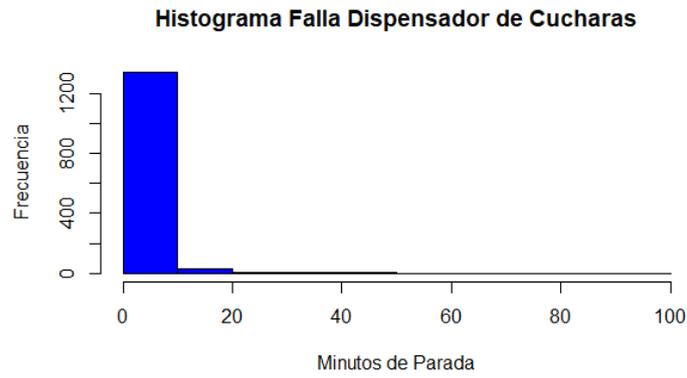
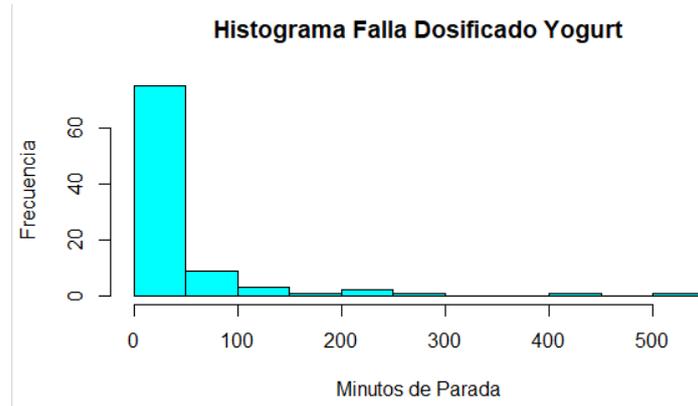


Histograma Falla M.E.Defectuoso

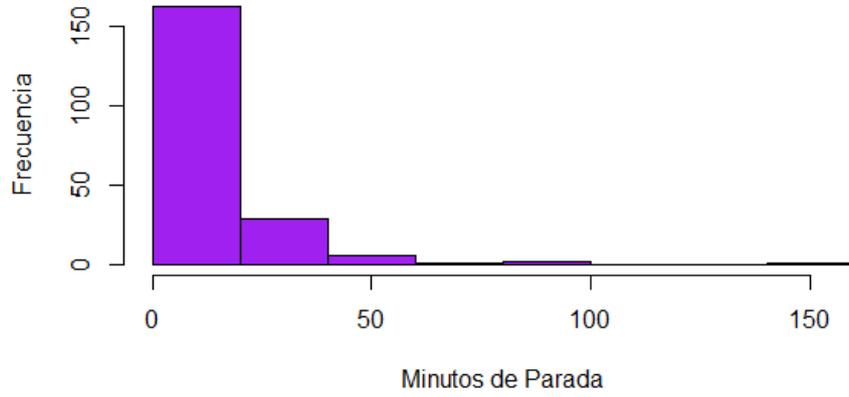


Histograma Falla Atascos Delkor P16000

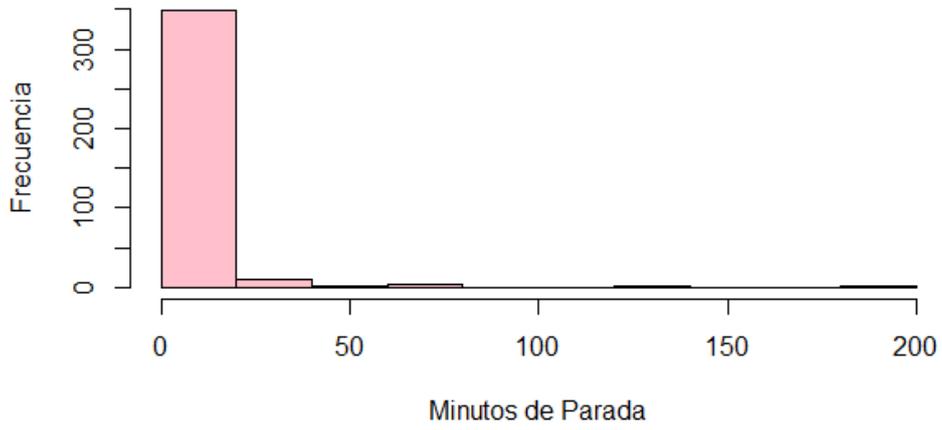




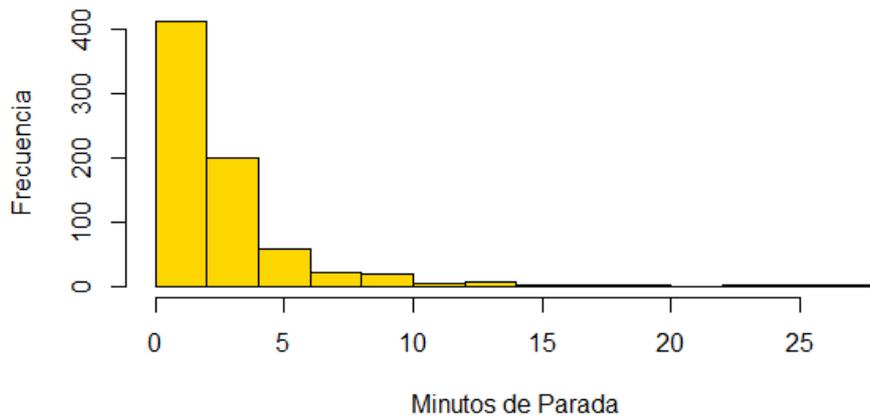
Histograma Falta Personal



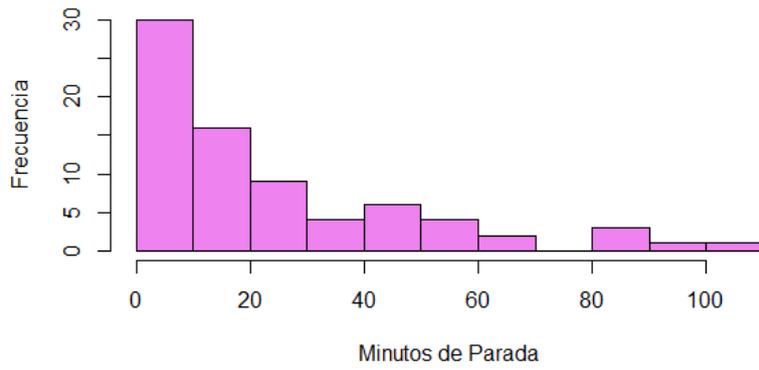
Histograma Falla Envasadora P16000



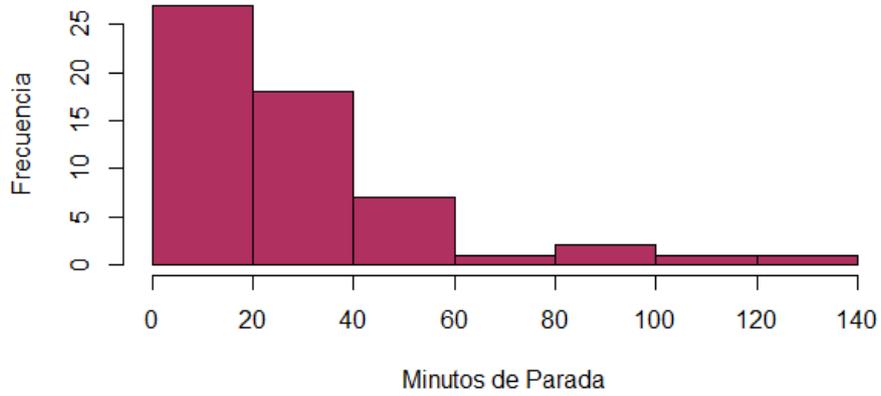
Histograma Falta Foil Envasadora Cereal



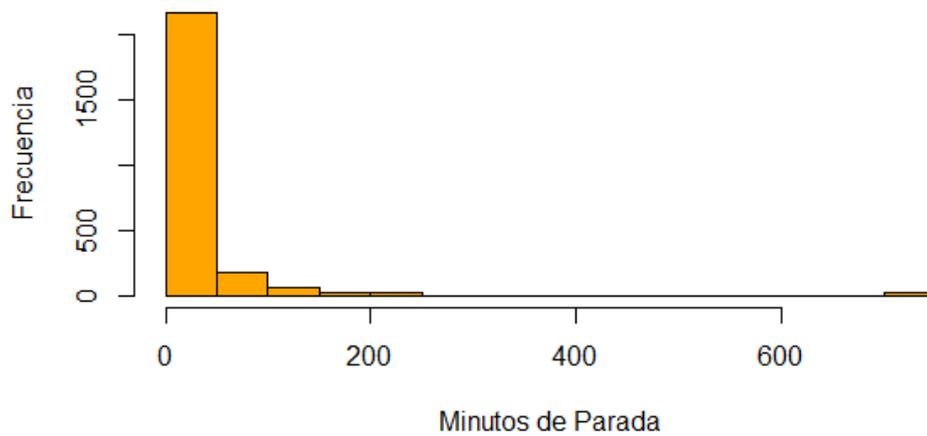
Histograma Falla Plancha Sellado P16000



Histograma Falla Resistencia P16000

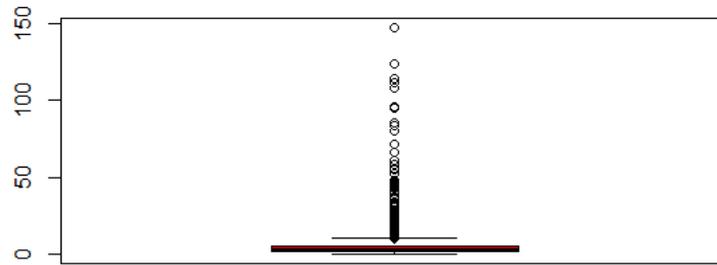


Histograma Stand By

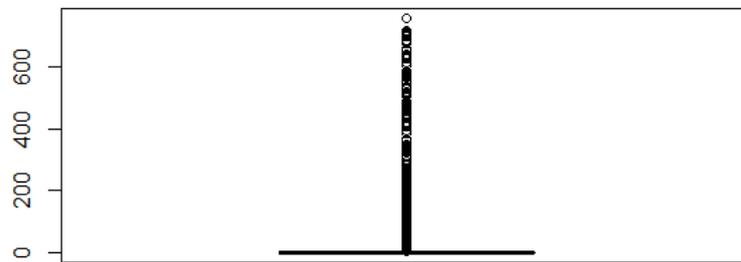


7.3 Diagramas de Cajas o Bigotes

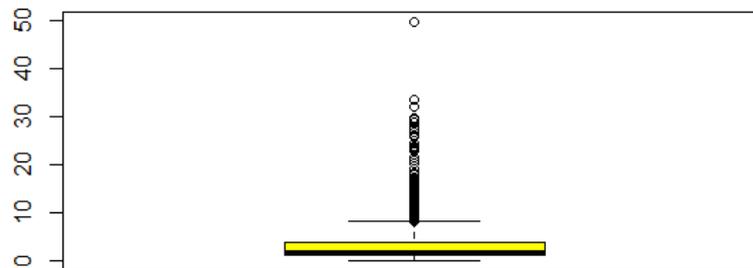
Falla Encartonadora



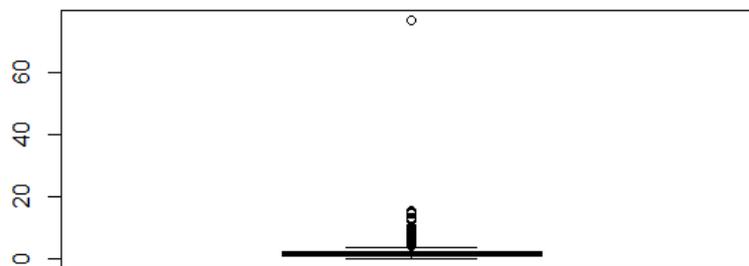
Falla None



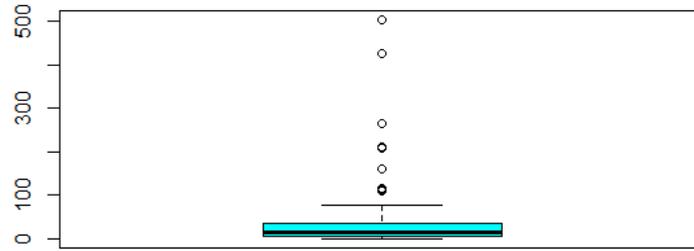
Falla M.E.Defectuoso



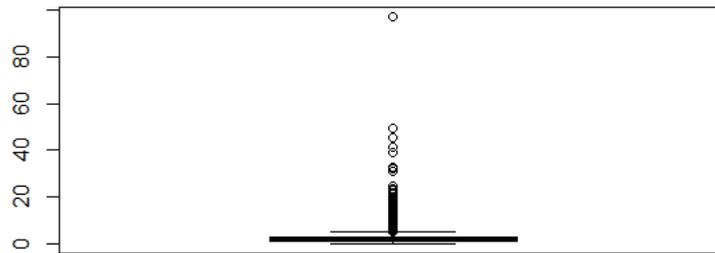
Falla Atascos Delkor P16000



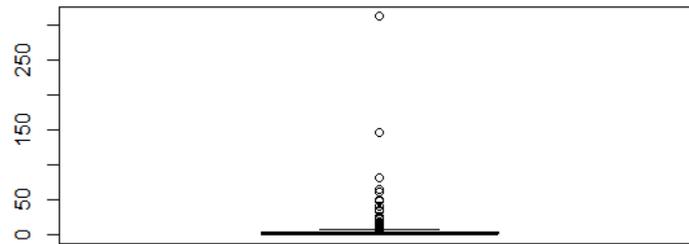
Falla Dosificado Yogurt



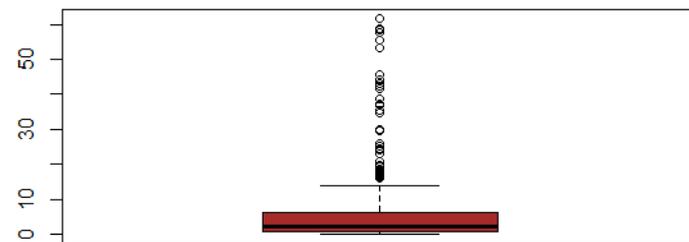
Falla Dispensador de Cucharas



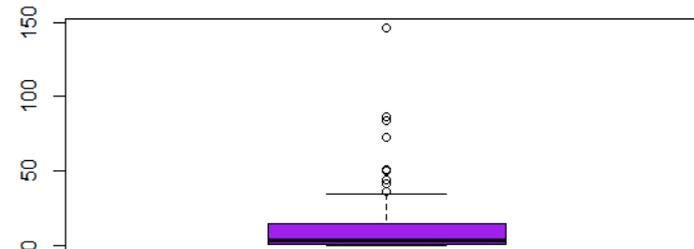
Falla Envasadora Cereal



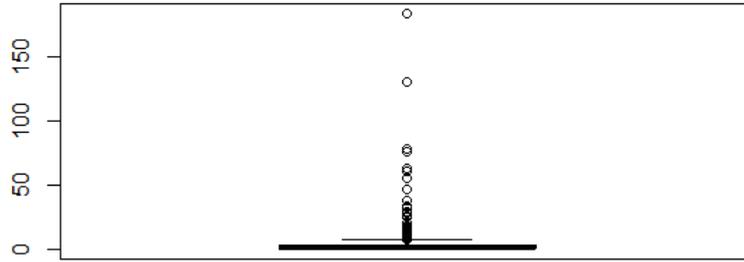
Falla Copas Cereal



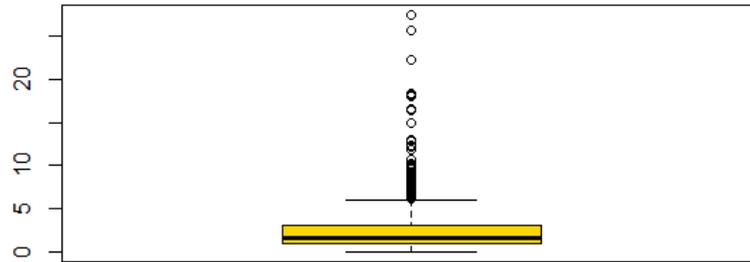
Falta Personal



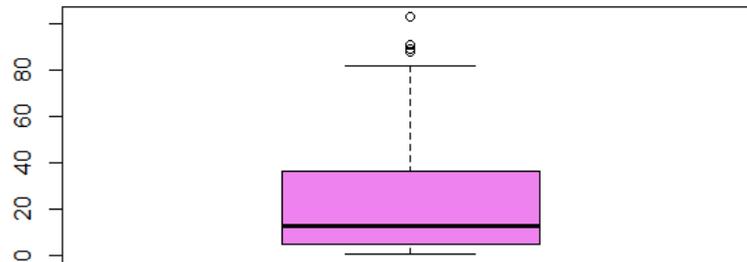
Falla Envasadora P16000



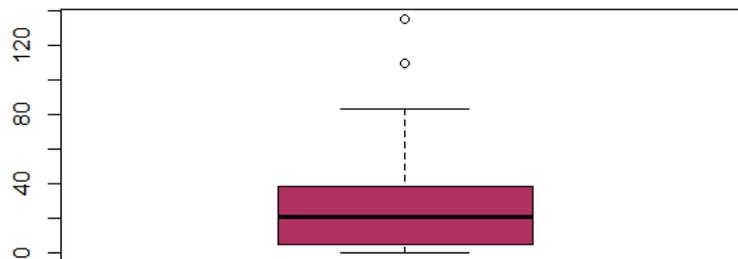
Falla Foil Envasadora Cereal



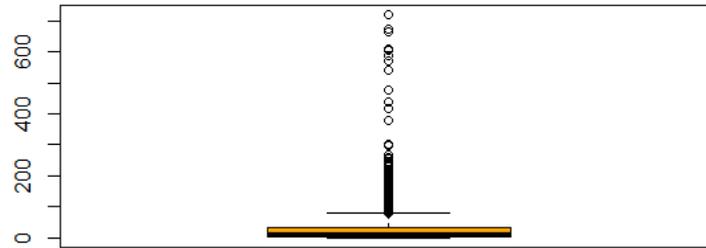
Falla Plancha Sellado P16000



Falla Resistencia P16000

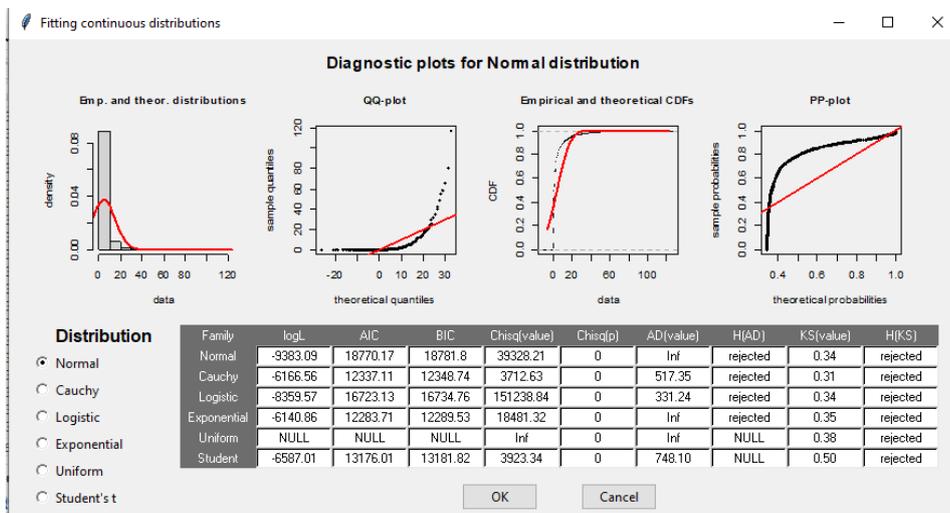


Falla Stand By

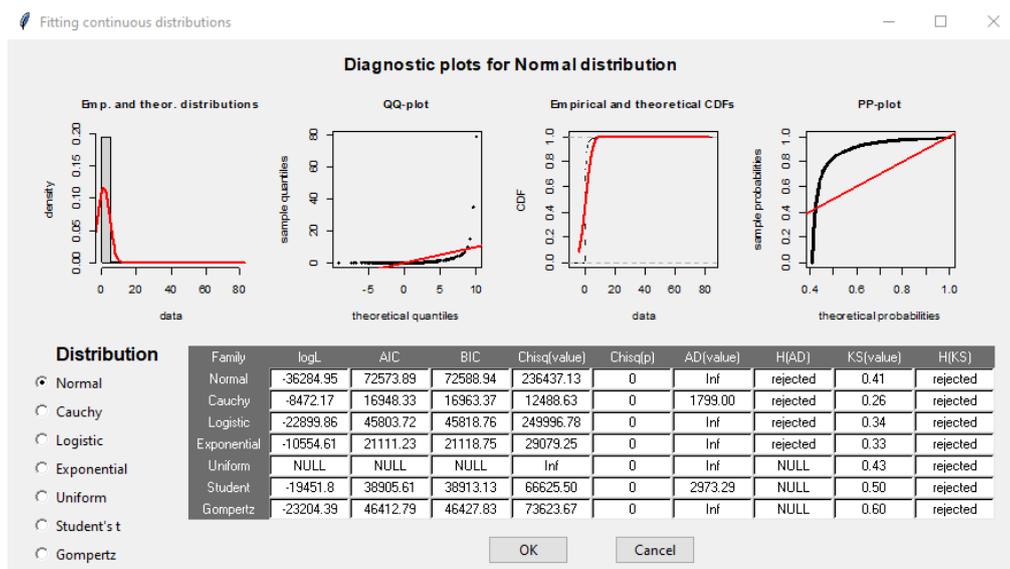


7.4 Evaluación de Distribución (riskdistributions)

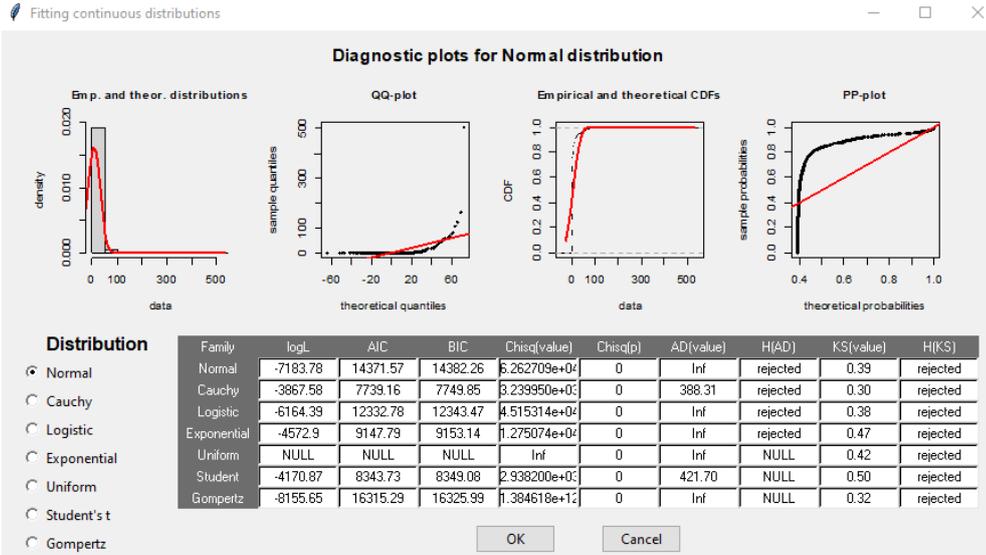
Falla Encartonadora



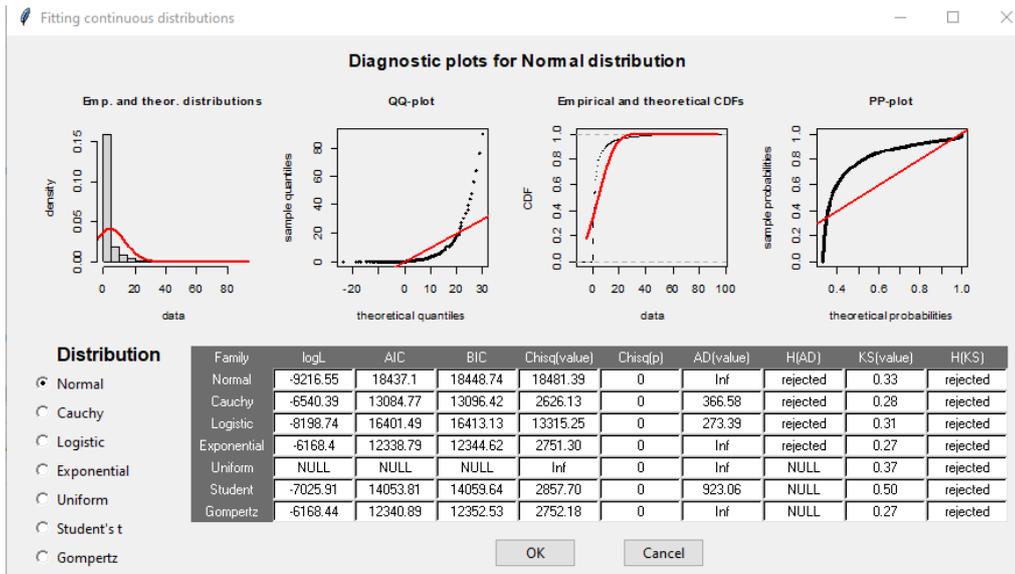
Falla None



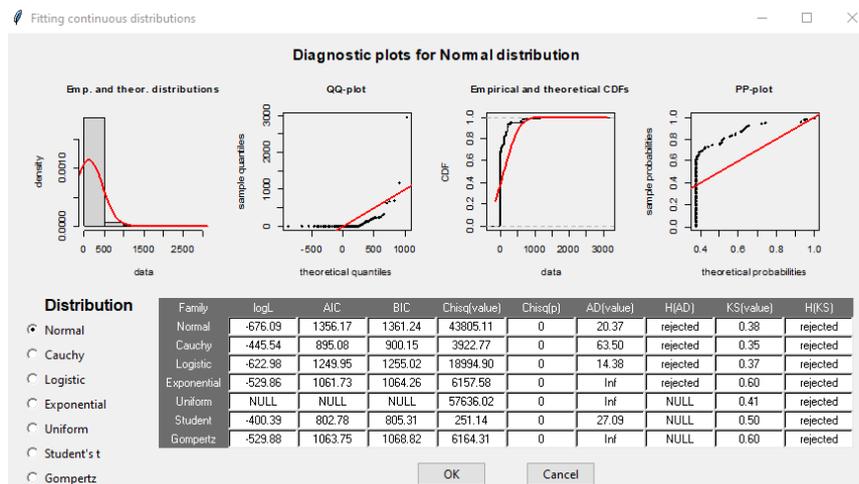
Falla M.E. Defectuoso



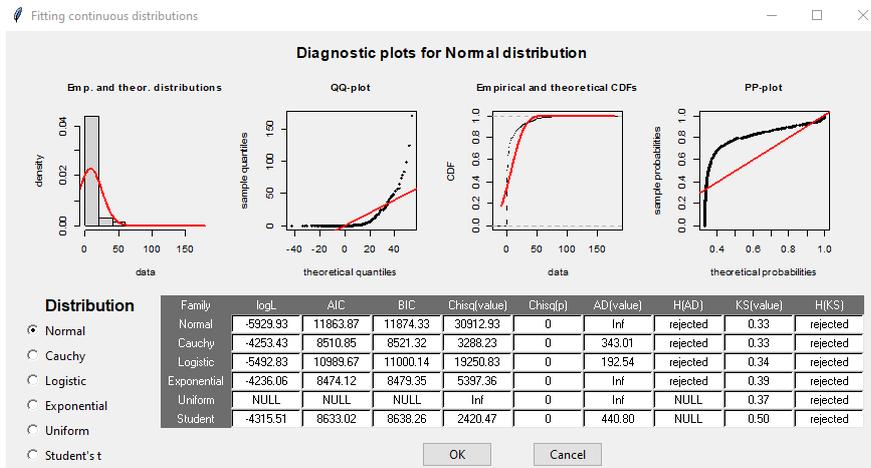
Falla Atascos Delkor P16



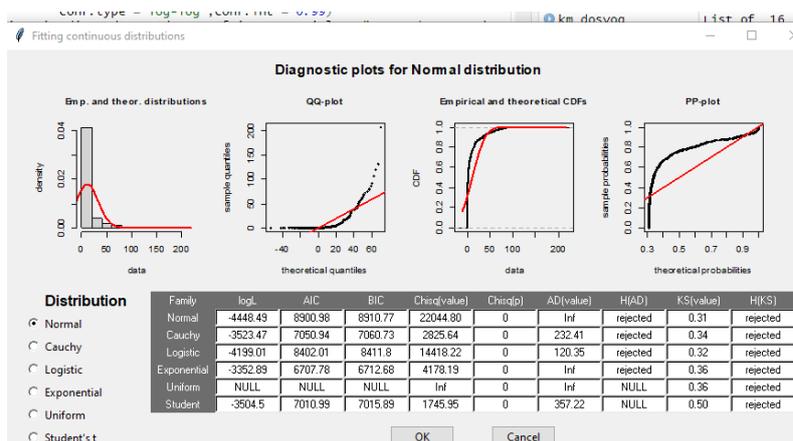
Falla Dosificado de Yogurt



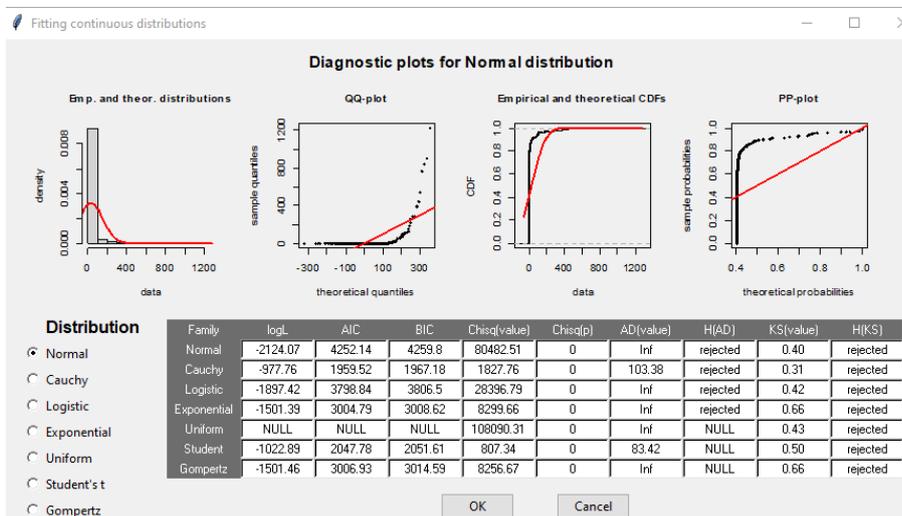
Falla Dispensado de Cucharas



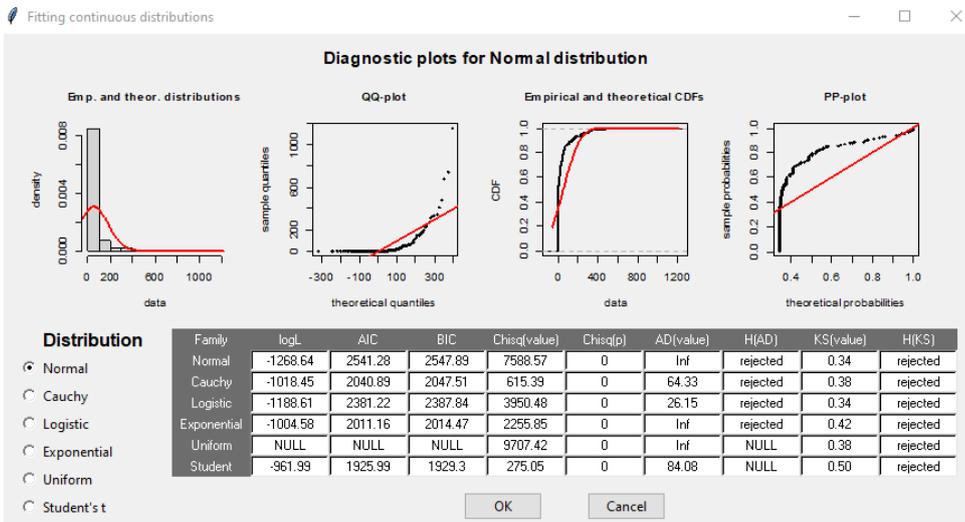
Falla de Envasadora Cereal



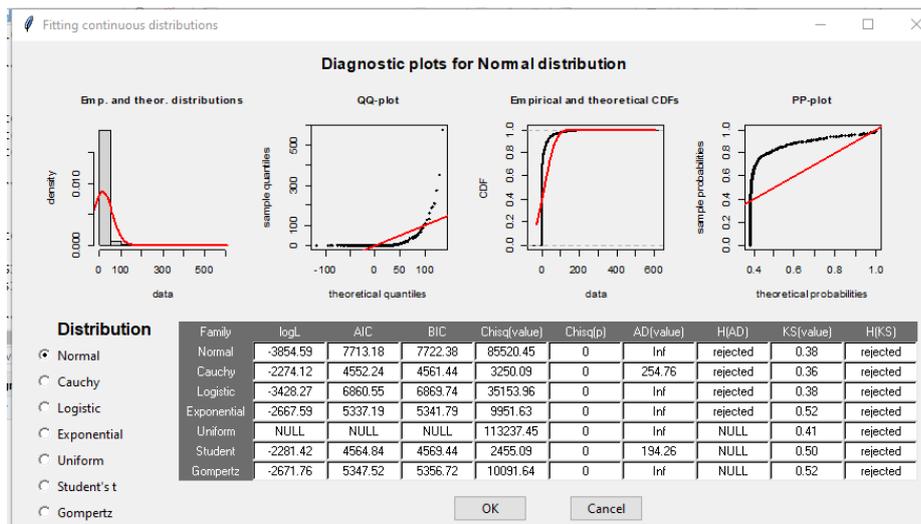
Fallo Copas Cereal



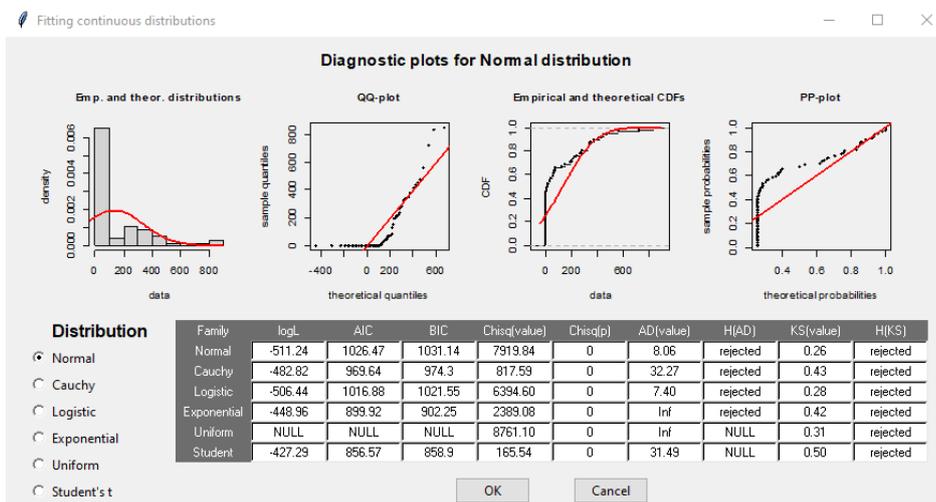
Falta de Personal



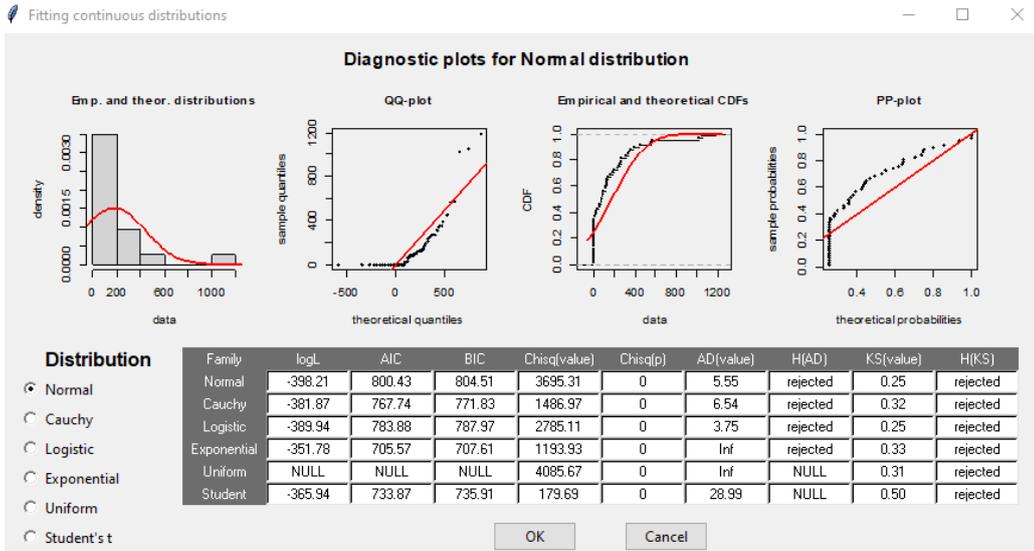
Falla Foil Cereal



Falla Plancha de Sellado



Falla Resistencia Envasadora



Evento Standby

