

TRABAJO FINAL DE GRADO

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LLENADORA ROTATIVA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SALSA A BASE DE TOMATE Y KÉTCHUP DE LA EMPRESA ALIMENTOS GARMÍ C.A.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Salcedo C., Jorge E.
para optar al Título de
Ingeniero de Procesos Industriales.

Cagua, Junio de 2016

TRABAJO FINAL DE GRADO

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA LLENADORA ROTATIVA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SALSA A BASE DE TOMATE Y KÉTCHUP DE LA EMPRESA ALIMENTOS GARMÍ C.A.

Tutor Académico: Ing. M. Sc. Luis Alexander Díaz M.

Tutor Industrial: Ing. Patricia García.

Autor: Jorge E. Salcedo C.

Cagua, Junio de 2016

ACTA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Procesos Industriales, Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, para evaluar el Trabajo Final de Grado presentado por el bachiller **Jorge Ernesto Salcedo Cabaña**, CI 20.818.036, titulado: **Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garimi C.A.**, consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Proceso Industriales, sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, por lo que lo declaran **APROBADO**.

En Cagua, estado Aragua, a los 14 días, del mes de Junio de 2016.

Prof. Marisol Urrea.

CI.: 9.028.372

Jurado Principal

Prof. Zagui Soret.

CI. 7.230.486

Jurado Principal

Prof. Luis Alexander Díaz M.

CI. 14.730.037

Tutor / Coordinador del Jurado

DEDICATORIA

A mi familia, a cada uno de ellos por ser mi apoyo, soporte y motor fundamental en mi vida y durante todo este proceso de formación, a mis padres a quienes les debo todo, a mis hermanos, a mi abuela, en memoria de mi abuelo P.J.C, quien me bendice y protege desde allá arriba, a mis tíos de quienes he aprendido mucho. Para todos ustedes. Gracias

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida y las fortalezas necesarias para afrontarla a diario.

A mi madre Zayda por ser mi motor principal e incondicional espectadora de mis logros.

A mi padre Ernesto por hacerme un hombre de bien como él.

A mi abuelo Pedro por dejarme el legado de trabajo que lo caracterizó, bendíceme siempre “güelo”!

A mis hermanos “ernestico” y “el enano” por darme la dicha de ser su hermano, “el negro”.

A toda mi familia, en especial a mis tíos los Cabaña, Wuilman, Nardo, Pedro y Ángel que más que eso son maestros, panas, amigos.

A mi abuela Bernarda, por descifrar mi cara cuando tengo hambre cada vez que la visito.

A mis amigos, aquellos de apoyo desinteresado y de alegrías compartidas, mi gente del combo.

A mi hermano de otra madre Víctor Ramírez, por enseñarme que todo es posible con esfuerzo y convicción, puesto que nada es casualidad.

A la insigne Universidad Central de Venezuela por la valiosa formación brindada y por los días vividos en ella durante la forja de esta meta.

A todos los profesores de la carrera de Ingeniería de Procesos Industriales, en especial al jurado evaluador por enriquecer este trabajo.

A mi tutor Luis Alexander Díaz, por su invaluable dedicación y disciplina.

A la empresa Alimentos Garbí por permitirme desarrollar este trabajo de investigación, especialmente a mi tutora industrial Ing. Patricia García por su ayuda.

Y por último a quienes no nombro pero que de igual manera aportaron apoyo directo o indirecto, me regalaron sonrisas, buenos momentos, gratas experiencias, consejos, regaños y palabras de aliento oportunamente.

GRACIAS TOTALES, REITERADAS Y DE CORAZÓN PARA TODOS.

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
LA LLENADORA ROTATIVA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SALSA
A BASE DE TOMATE Y KÉTCHUP DE LA EMPRESA ALIMENTOS
GARMI C.A.**

Jorge Ernesto Salcedo Cabaña

**Tutor Académico: M. Sc. Luis Alexander Díaz. Trabajo Final. Cagua, U.C.V
Facultad de Ingeniería. Escuela de Procesos Industriales
Año 2016, 99p**

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad proponer un diseño de plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A, considerando que las paradas no programadas debidas a labores de mantenimiento en el proceso de llenado durante el segundo semestre del año 2015, significaron un tiempo total de nueve horas 36 minutos no productivos para la línea, representando un 65% de las paradas totales de la misma. El estudio fue desarrollado mediante un diseño no experimental, de campo con un nivel descriptivo y proyectivo, bajo la modalidad de proyecto factible. La población estuvo conformada por el personal del área de mantenimiento de la línea de producción y la muestra, de tipo intencional, se conformó por el jefe de mantenimiento, dos mecánicos, el jefe de planta y un supervisor de producción. Los datos fueron recopilados mediante la observación directa, el cuestionario, la guía de entrevista y la revisión documental. Inicialmente, se identificaron las condiciones y componentes de la llenadora, así como los procesos operativos de la línea de producción. Se determinaron las fallas con mayor ocurrencia durante el último semestre de 2015 y el primer trimestre de 2016, destacando la asociada a la no elevación de gato mecánico con una frecuencia de 17 para éste último período. Luego, se determinaron los componentes críticos de la llenadora rotativa a través de un análisis de criticidad, resultando seis componentes críticos y tres semicríticos (Pérez, 2009). En base a ello, se analizaron los modos y efectos de falla AMEF de todos los componentes, considerando específicamente a los de mayor criticidad los cuales fueron 1) el gato mecánico elevador de botellas, 2) la correa de transmisión, 3) la bomba de vacío y su red de tuberías, 4) el motor-variador, 5) el conjunto de reductores de entrada, salida y cadena de eslabones y 6) la bomba de tornillo. Siguiendo con la aplicación de árbol lógico de decisiones, se establecieron las actividades de mantenimiento preventivo que conformaron el plan propuesto, el cual contuvo actividades de frecuencia diaria, semanal, mensual, semestral y anual, basadas en tareas de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y a condición.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, llenadora rotativa, AMEF, plan de mantenimiento.

ÍNDICE GENERAL

Portada.....	Pag i, ii
Acta de aprobación.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Índice general.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	vii
Introducción.....	1
Capítulo I El problema de la investigación.....	4
Objetivos.....	9
Capítulo II Marco de Referencia	
Antecedentes.....	11
Marco teórico.....	15
Capítulo III Marco metodológico	
Tipo de estudio.....	32
Eventos de estudio e indicadores de medición.....	33
Diseño de investigación.....	33
Unidad de análisis, población y muestra.....	34
Técnicas para la recolección de datos.....	35
Técnicas de procesamiento y análisis.....	37
Fases metodológicas.....	38
Capítulo IV Resultados y discusión.....	42
Conclusiones.....	83
Recomendaciones.....	85
Referencias bibliográficas.....	87
Anexos.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Líneas instaladas en planta y representación porcentual en la producción de la empresa Alimentos Garmi C.A.....	7
Tabla 2. Población de estudio e integrantes de la muestra.....	35
Tabla 3. Sistemas y componentes que conforman la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, en presentación de 380g, de la empresa Alimentos Garmi C. A.....	50
Tabla 4. Datos recabados de frecuencia y tiempo (promedio y total), discriminados por fallas observadas durante la Fase I.....	58
Tabla 5. Criticidad de los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016.....	61
Tabla 6. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016.....	63
Tabla 7. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. y actividades determinadas mediante el ALD.....	70
Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.....	76
Tabla 9. Cronograma de actividades propuesto para el mantenimiento preventivo de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Relación de costos de mantenimiento versus tiempo de paro.	20
Figura 2. Árbol Lógico de Decisión.....	25
Figura 3. Llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.....	42
Figura 4. Línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup 380g...	43
Figura 5. Diagrama de operaciones de la Línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup 380g.....	44
Figura 6. Sistema de succión de vacío de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.	45
Figura 7. Tornillo sinfín de entrada de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.	46
Figura 8. Estrella de entrada de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.	46
Figura 9. Gato mecánico elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.	47
Figura 10. Picos de llenado de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.....	48
Figura 11. Estrella de salida de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.	48
Figura 12. Frecuencia de fallas y tiempo total y promedio de todas las fallas presentadas durante el primer trimestre de 2016 de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.	57
Figura 13. Función de distribución de probabilidad y distribución acumulada debida al gato elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. Enero de 2016.....	59
Figura 14. Función de distribución de probabilidad y distribución acumulada debida al gato elevador de botellas de la llenadora r rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. Febrero de 2016.....	60
Figura 15. Función de distribución de probabilidad y distribución acumulada debida al gato elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. Marzo de 2016.....	60

INTRODUCCIÓN

En un ambiente tan competitivo como el del sector empresarial hoy día, el mantenimiento industrial ha adquirido una alta relevancia dentro de la gestión de las operaciones en las organizaciones. Esto debido, a la necesidad de conservar o prolongar el tiempo de vida útil de los activos físicos, garantizando su óptimo rendimiento, funcionalidad y operatividad dentro de sus procesos, constituyendo una alternativa de aporte significativo en mejora de la eficiencia y productividad de las instalaciones (Rodríguez, 2014).

Con el transcurso de los años, y a consecuencia de los avances científicos, tecnológicos y organizacionales, el mantenimiento ha sufrido diversos cambios como respuesta a las nuevas tendencias en cuanto a su gestión, conjugando como bases fundamentales la preservación de la integridad de las personas y de su medio ambiente, el mejoramiento de la calidad de los procesos y la maximización de la disponibilidad de los activos físicos con menores costos de inversión (Quiroga, 1996).

Esto genera, que el personal de mantenimiento dentro de sus capacidades, adopte las medidas y consideraciones necesarias para cumplir con los requerimientos que en este ámbito demandan sus clientes internos, representados por los departamentos que conforman la organización. De esta manera se ven orientados a colaborar con el cumplimiento de las normativas de seguridad, de calidad, de los requerimientos del producto y del mejoramiento de sus procesos de producción, con el objetivo de hacer más competitivas a las empresas a largo plazo (Moubrray, 2004).

Debido a esto, la administración, control y evaluación de procesos de mantenimiento, forma parte de la estructura de conocimientos para la formación de profesionales en esta área industrial, caso específico del ingeniero de procesos industriales, razón, que

los hace competentes dentro de las organizaciones para la gestión del mantenimiento y de las actividades asociadas a él.

La empresa Alimentos Garmi C.A., ubicada en la Zona Industrial de Guanarito, Turmero estado Aragua; se dedica a la producción y comercialización de rubros alimentarios para consumo humano tales como salsas, aderezos y mayonesa, y uno de sus principales objetivos, es establecer un servicio integral de mantenimiento efectivo, seguro y económico que esté orientado a la premisa de la mejora continua de los procesos y a la búsqueda de productos seguros y de mayor calidad. Para alcanzarlo, la organización se ha propuesto orientar la gestión del mantenimiento para la ejecución de actividades preventivas que permitan evitar las averías y fallas en las líneas ya instaladas, actuando antes de que se presenten las mismas, siendo la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, la que presenta con mayor evidencia ésta situación, específicamente en el proceso de llenado.

Es por ello, que la empresa ha decidido desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que comprenda los recursos y técnicas adecuadas para abordar la problemática en relación al proceso de llenado. Este plan requerirá de toda la información referente al funcionamiento de los equipos, considerando datos históricos registrados por el personal de mantenimiento y operarios o por la aplicación de técnicas de evaluación y análisis de estos.

Por tal motivo, la presente investigación tiene como propósito general diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, conformado por una serie de acciones concretas que promuevan el óptimo desempeño de la llenadora, previniendo oportunamente fallas y/o averías, y de igual manera, se gestionen adecuadamente las operaciones para su mantenimiento.

En miras del cumplimiento de este objetivo, fue necesaria la recopilación de información concerniente al tema de estudio, la cual ha sido organizada y dispuesta mediante un esquema constituido por 4 capítulos. En el Capítulo I, se detalla el problema de investigación, se exponen sus causas y consecuencias, seguido de los objetivos del estudio. En el Capítulo II, se abordan los elementos teóricos del trabajo, conformados por los antecedentes o estudios previos vinculados con la investigación y los aspectos teóricos relativos al tema tratado. En el Capítulo III, se contempla la metodología implementada, especificándose la naturaleza del estudio, unidad de análisis, población y muestra, las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos, procedimiento de validación, técnicas para el análisis y procesamiento de la información y, en última instancia, el desarrollo de las fases metodológicas.

En el Capítulo IV, se presentan los resultados obtenidos del estudio en función de cada uno de los objetivos propuestos e instrumentos utilizados, gracias a ello se pudo profundizar en el diagnóstico de la situación actual de la llenadora rotativa en relación a las tareas de mantenimiento requeridas para garantizar su disponibilidad dentro del proceso de llenado. Finalmente, se presenta la propuesta conformada por el plan de mantenimiento, el cronograma para su ejecución y los mecanismos de seguimiento para el control y registro de las tareas a realizar. También, se contemplan las conclusiones derivadas de la investigación y las recomendaciones a considerar como alternativa de solución a la problemática estudiada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del Problema.

Anteriormente, en el ámbito mundial, el mantenimiento se orientaba a solucionar las fallas y averías de máquinas y equipos en el momento en el que las mismas se producían. En vista de que tal situación acarreaba pérdidas significativas para las organizaciones, se reformularon los aspectos técnicos y procedimentales asociados con la forma correcta de realizar las labores de mantenimiento.

Por ello, uno de los conceptos que evolucionó progresivamente, junto con el desarrollo del sector industrial, es el de mantenimiento, el cual está definido como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible con la más alta disponibilidad y el máximo rendimiento (García, 2009).

Con el devenir del tiempo, la función del mantenimiento ha pasado por diferentes etapas, adaptándose a nuevas tendencias y siendo partícipe de la optimización de los procesos, ya que a medida que se dispusieron de avances científicos y tecnológicos cada vez más significativos, evolucionaron los enfoques empresariales, y con ello la gestión de mantenimiento experimentó avances importantes.

Hoy en día, el enfoque moderno del mantenimiento industrial no solo está destinado a evitar las fallas y averías, sino que también significa un aporte dentro de las empresas para el desarrollo de programas de eliminación de paradas, reducción del consumo de recursos, aumento de la fiabilidad de los equipos, y en general, el mejoramiento de la productividad de la planta (García, 2009).

Esta etapa del mantenimiento industrial se define como mantenimiento preventivo, el cual tiene por misión preservar un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones en el momento más oportuno y ejecutándolas para anticiparse a la ocurrencia de la falla y/ o avería. Este permite establecer un modelo efectivo, flexible y real que garantiza la inclusión de todo lo necesario para evitar en lo posible la necesidad del mantenimiento correctivo (Rodríguez, 2014).

Un buen plan de mantenimiento preventivo, es aquel que ha analizado toda esta información, pero principalmente la relacionada con los fallos más probables. Para estructurarlo, es necesario realizar un detallado análisis de fallas de todos los sistemas que componen la planta, así como también las causas que los originan y sus efectos. Este elemento es de suma importancia para las organizaciones, ya que involucra el movimiento del talento humano especializado en las tareas de reparación, revisión y acondicionamiento de maquinarias y equipos bajo una estructura programada de ejecución, con el objetivo, de aumentar su vida útil además de reducir los riesgos de accidente (Castillo, 2010).

En Latinoamérica, el mantenimiento preventivo es una de las orientaciones más frecuentes de la gestión del mantenimiento dentro de las empresas, aun considerando que existen filosofías más avanzadas como el “Mantenimiento Productivo Total” (TPM, por sus siglas en inglés), y el “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” (MCC), ya que básicamente, éstas últimas tendencias requieren previamente de fundamentos del mantenimiento preventivo para poder aplicarse (Pérez, 2009). Por su parte, en Venezuela, el desarrollo del mantenimiento, y sus diferentes concepciones, se ha venido presentando de manera gradual, ya que aunque existen organizaciones gestionando el mantenimiento con las más avanzadas tendencias y tecnología, aún hay empresas donde impera la filosofía del mantenimiento correctivo, siendo apenas desplazado por el preventivo (Castillo, 2010).

La empresa Alimentos Garmi C.A., ubicada en la Zona Industrial de Guanarito, Turmero estado Aragua; es una organización que se dedica a la producción y comercialización de rubros alimentarios para consumo humano tales como salsas, aderezos y mayonesa. Para esta organización, uno de sus principales objetivos es establecer un servicio integral de mantenimiento efectivo, seguro y económico, que esté orientado a la premisa de la mejora continua de los procesos y a la búsqueda de productos seguros y de mayor calidad. Para alcanzarlo, se ha propuesto orientar la gestión para la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo que permitan evitar las averías y fallas en las líneas ya instaladas, actuando antes de que se presenten las mismas.

Para tal efecto, la empresa requiere de un plan de mantenimiento que comprenda los recursos y técnicas adecuadas a los procesos y equipos utilizados en planta, orientado a evitar las fallas. Este plan requerirá de toda la información referente al funcionamiento de los equipos, ya sea suministrada por los fabricantes, datos históricos registrados por el personal de mantenimiento y operarios o por la aplicación de técnicas de evaluación y análisis de estos.

La empresa Alimentos Garmi C.A., consta de seis líneas de producción instaladas y en funcionamiento, en las cuales se elaboran productos en diversas presentaciones (Tabla 1). Las líneas 1 y 2 se emplean para la elaboración de mayonesa, en la línea 4 se elaboran los aderezos líquidos (salsa de soya, salsa inglesa y picante, entre otras), y en la líneas 5 y 6, es donde se elaboran las presentaciones de salsa y pasta de tomate. En la línea 3, es donde se envasan la Salsa a base de tomate y ketchup en presentación de 380g, los cuales, son considerados productos pioneros de la marca D'William® siendo a su vez la segunda línea más importante de la empresa, ya que es una de las que genera mayor volumen de producción en la organización.

Tabla 1. Líneas instaladas en planta y representación porcentual en la producción de la empresa Alimentos Garmi C. A.

Línea de producción	Producto y presentación	Producción Total (%)
Línea 1	Línea mayonesa 445g	45
Línea 2	Línea mayonesa Galón	12
Línea 3	Línea salsa a base de tomate y ketchup 380g	25
Línea 4	Línea aderezos 300cc	12
Línea 5	Línea salsa para pastas y pasta de tomate 200g y 500g	6
Línea 6	Línea de salsa a base de tomate galón, pasta galón, La Toñeca y Fiambre	

La salsa a base de tomate es elaborada en áreas comunes que destina la empresa para tal fin; en dichos espacios el producto es procesado a partir de tomates sanos y maduros, enteros, troceados, pulpa o concentrado de tomate, sal, vinagre, condimentos, especias y aditivos permitidos. La salsa mantiene las propiedades organolépticas del tomate, y en el proceso se puede agregar azúcar para dar un sabor dulce y espesantes para lograr mayor consistencia (López, Ramos y Pino, 1985). El producto obtenido, se traslada al área de llenado, en donde se surtirá en los envases de vidrio, de la siguiente manera: en primer lugar se ejecuta el llenado, proceso que se lleva a cabo mediante una llenadora rotativa, seguido de la fase de tapado al vacío y luego el enfriamiento del producto mediante un túnel de pasteurización, posterior a esto, se procede al secado externo del envase, etiquetado y codificación, finalizando con el embalado, plastificado y paletizado del producto.

Luego de 20 años en funcionamiento, la empresa ha aumentado su ritmo de trabajo progresivamente. Como consecuencia directa de dicha situación, se han elevado de manera drástica los eventos asociados con la ocurrencia de fallas por falta del debido mantenimiento de la llenadora rotativa. Tales imprevistos se han presentado en mayor proporción en la fase de llenado del producto, parte esencial del proceso, viéndose reflejada esta condición en las interrupciones de la jornada de trabajo.

De acuerdo con la información suministrada por el Departamento de Producción, durante el segundo semestre del año 2015, las paradas por mantenimiento no

programado en la llenadora rotativa, representaron un 65% del total de las paradas por mantenimiento durante las operaciones en la línea de llenado de salsa a base de tomate. Debe considerarse, que la línea no opera diariamente, lo hace en promedio dos veces por semana en jornadas de ocho horas diarias en un único turno.

Por su parte, durante el tercer trimestre de 2015, las paradas por mantenimiento en dicha línea representaron un déficit de 2126 cajas, con un total de 30 paradas debidas a mantenimiento no programado, de las cuales 19 fueron por intervenciones en la llenadora rotativa, lo que se traduce en un total de 8 horas no productivas. Para el cuarto trimestre, del mismo año, el déficit fue de 2520 cajas, con un total de 35 paradas por mantenimiento no programado, siendo 23 de éstas por fallas en la llenadora, lo que se traduce en nueve horas 36 minutos por paradas.

Cabe destacar que considerando que la línea 3 representa un 25% del volumen de producción total de la empresa y la línea 1 un 45%, esta última para el segundo semestre del año 2015 tuvo un total de solo 5 paradas no programadas debidas a mantenimiento generando una hora no productiva, cantidad que en comparación a la línea 3 no representa una situación relevante para la organización. Por esta razón, es necesario darle prioridad a la situación que se presenta en la fase de llenado de salsa a base de tomate y ketchup, específicamente asociada a la llenadora rotativa.

Tratándose de una de las líneas más importantes dentro de la empresa, el análisis de estos datos y su influencia sobre el volumen de producción, causa gran interés para la alta gerencia de la organización en miras al ascenso constante de la demanda y a las metas de producción previstas a futuro, las cuales se ven condicionadas por ésta problemática.

Debido a que no se cuenta con información suministrada por el fabricante respecto a las operaciones de mantenimiento requeridas para la llenadora rotativa se dificultan las labores del personal técnico para garantizar su disponibilidad y operatividad,

limitándose a solventar las fallas y disminuyendo la posibilidad de abordarlas antes de que se presenten. Por tal motivo, se ha visto afectada la eficiencia del proceso, generando una disminución del volumen de producción y un impacto directo sobre las metas previstas por la empresa.

La ausencia de un plan de mantenimiento para la llenadora implicará un incremento de las paradas no programadas en el proceso de llenado y también una disminución de la vida útil del equipo, afectando la gestión del personal de mantenimiento y de manera crítica la disponibilidad de la línea. Ante este análisis surge la siguiente interrogante que constituye la razón de la investigación:

¿Cuál será el plan de mantenimiento requerido para prevenir las fallas en el funcionamiento de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

Objetivo General

- Proponer un plan de mantenimiento para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones actuales de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.
- Detectar los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.
- Determinar las actividades de mantenimiento para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

Antecedentes

Castillo (2010), investigación titulada **Diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo para grupo electrógeno de radio bases**. Proyecto de Trabajo Especial de Grado. Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico.

La referida investigación tuvo como objetivo general diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicable al grupo electrógeno de una red de telecomunicaciones, con la finalidad, de plantear una gestión de mantenimiento que garantizara la prevención de un 80% de las fallas críticas considerando la importancia que tiene este grupo en el suministro de energía constante. En dicha investigación de tipo descriptiva, documental y de campo, se utilizó el principio de Pareto para localizar dichas fallas concurrentes y un análisis de criticidad para la evaluación de su efecto sobre la red. El análisis de los datos reflejó la necesidad de implementar una técnica que permita controlar las fallas recurrentes del grupo electrógeno ya que muchas de estas pueden ser prevenidas fácilmente si se desarrollan estrategias adecuadas que conformen un plan de mantenimiento preventivo ideal. Como resultados principales se definió un cuadro de Análisis de Modo y Efecto de Falla, como también un plan de mantenimiento preventivo para los equipos, acompañado de un diagrama de ejecución para su gestión.

El aporte de esta investigación a la presente, fue la estructura a considerar al momento de definir el plan de mantenimiento, dado que se desarrolló bajo la misma orientación en relación con el mantenimiento preventivo.

Pérez (2009), investigación titulada **Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad aplicado al sector hotelero**. Trabajo

Especial de Grado. Presentado ante la ilustre Universidad del Zulia como requisito para optar al grado académico de Magíster Scientiarum en Gerencia de Mantenimiento.

La citada investigación se basó en diseñar un plan de mantenimiento preventivo utilizando la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos críticos de los sistemas que conforman cada organización. Para el desarrollo de los objetivos, la población a estudiar fueron los hoteles Maruma Crowne Plaza y el Venetur del Lago ubicados en la ciudad de Maracaibo. Inicialmente se realizó una caracterización de los sistemas que intervienen en la prestación del servicio de los hoteles, para estudiar el sistema de refrigeración o enfriamiento, calentamiento, hidráulico y de electricidad; luego se identificaron y describieron los procesos operativos de dichos sistemas a través de entrevistas directas con el personal especializado de los hoteles y consultas con expertos, adicionalmente se determinó la criticidad de los equipos a través del uso de la matriz de criticidad y la tabla de criterios de puntuación, obteniendo los siguientes equipos críticos: las calderas, los sistemas de enfriamiento de agua helada (chillers), las unidades manejadoras de aire (UMAS), los transformadores y las bombas centrífugas. Para determinar las fallas más frecuentes se analizaron los modos y efectos de falla “AMEF” de cada equipo crítico, y finalmente se le aplicó el procedimiento de árbol lógico de decisiones contenido en la norma SAE-JA-1012 para establecer las actividades de mantenimiento preventivo que conformaron el plan más seguro. El tipo de investigación fue descriptiva y el diseño no experimental. En síntesis, al analizar cada uno de los factores que intervinieron en la construcción del diseño del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se constató, que al aplicarse a las organizaciones estudiadas, se aumentaron los tiempos entre fallas de los equipos críticos, de la vida útil, eficiencia y reducción de costos del mantenimiento.

La consulta de este trabajo, permitió obtener la orientación necesaria para la utilización de la herramienta de árbol lógico de decisión descrito en la norma SAE-

JA-1012 y para la estructuración del análisis de modos y efectos de fallas AMEF, dado que al igual que el presente trabajo, fueron implementadas para el desarrollo de los objetivos de la investigación.

Pesantez (2007), investigación titulada **Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo de una máquina empacadora de camarones**. Trabajo Especial de Grado. Presentado ante la ilustre Escuela Superior del Litoral como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

El mencionado trabajo, estuvo enfocado a brindar una guía confiable de los tipos y frecuencias de mantenimiento para dicho equipo, mediante, un plan de mantenimiento. En primer lugar, se realizó un levantamiento de información concerniente a la condición actual de la empacadora, así como también de la manera de operar del departamento de mantenimiento, identificando los tipos de mantenimiento realizados, el personal para su ejecución, herramientas y equipos utilizados. Se consideró la implementación de la matriz de criticidad, con el objetivo de determinar los componentes que requerían mayor enfoque al momento de orientar las labores de mantenimiento en base a la frecuencia de fallas presentadas en los mismo, y de esta manera, se detallaron las frecuencias de mantenimiento sugeridas por el manual técnico del equipo, complementado además por las sugerencias de los técnicos de la empresa y empresas especializadas del medio. Todo este análisis finalizó con la elaboración del plan anual de mantenimiento de la máquina en base a tres actividades principales que son: la inspección, limpieza y mantenimiento general periódico.

La anterior investigación, significó una contribución ya que suministró las consideraciones a seguir para la identificación de las condiciones de mantenimiento y la utilización de la matriz de criticidad como herramienta de categorización de las fallas asociadas a la llenadora rotativa.

Reseña histórica de la empresa

Alimentos Garmi, C.A., una empresa venezolana, surgió en 1992 con la misión de ingresar al mercado de productos alimenticios de consumo masivo bajo la marca D'William® dirigida exclusivamente, en principio, al mercado institucional. Luego sin pausa alguna, el éxito no se hizo esperar y en corto plazo la demanda superó la capacidad de producción que podía satisfacer la organización, la cual contaba con instalaciones realmente limitadas. De esta manera, fue necesario cambiar de espacios, y luego de intensas búsquedas, se logró ubicar en la actual sede en la Zona Industrial de Guanarito, Turmero estado Aragua. Esto motivó a la directiva a continuar incursionando en el mercado nacional e internacional, dándole inicio a un crecimiento constante, colocando en el mercado nacional productos como salsa a base de tomate, ketchup, mayonesa, pasta de tomate, salsas, aderezos, vinagre y otros, obteniendo de una forma acelerada la aceptación de clientes y consumidores en cada uno de los productos ofrecidos. Actualmente Alimentos Garmi, C.A., presenta proyectos de ampliación de su capacidad de producción, avances tecnológicos en las líneas ya instaladas y el desarrollo de nuevos productos.

Misión

Ser un instrumento industrial y comercial para el progreso de la industria venezolana, brindando un excelente servicio a sus clientes y consumidores con productos de excelente calidad al alcance del venezolano común.

Visión

Ser una empresa venezolana, que nacida y crecida en tiempos difíciles, se desarrolle hasta alcanzar liderazgo comercial en su especialidad y que perdure en el tiempo como ejemplo de trabajo y perseverancia a través de sus marcas.

Marco Teórico

Mantenimiento

De acuerdo con la Norma 3049 (1993), de la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), el mantenimiento es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un Sistema Productivo (SP) a un estado tal que pueda cumplir un servicio determinado, siendo los SP aquellos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a las distintas acciones de mantenimiento.

El mantenimiento se define como el trabajo generado para conservar y/o restaurar los equipos a un estándar requerido de operación, mediante la aplicación de métodos y técnicas especializadas, con el objeto de preservar la continuidad de los procesos productivos y sustentar la rentabilidad operacional (Perozo, 1998).

Según Pérez (2009), los objetivos del mantenimiento son los siguientes:

1. Conservar los equipos e instalaciones en óptimas condiciones para garantizar el funcionamiento de los mismos
2. Planear y programar en forma conveniente las labores de mantenimiento de los equipos.
3. Mantener las instalaciones y los equipos operando un porcentaje óptimo del tiempo.
4. Garantizar la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y eficiencia de los equipos al momento de ejecutar sus funciones.
5. Establecer un seguimiento del departamento de mantenimiento, de tal manera que se logre garantizar los costos totales mínimos de operación.

Tipos de Mantenimiento

De acuerdo con la Norma Venezolana CONVENIN 3049:1993, el mantenimiento se clasifica en tipos de la siguiente manera:

Mantenimiento rutinario

Comprende labores diarias o de rutina de los activos físicos, tales como inspecciones, lubricación, limpiezas, ajustes, calibración, etc. ejecutadas frecuentemente con cierta periodicidad ya sea semanal y/o mensual realizadas, generalmente, por los operarios de dichos equipos con la finalidad de extender la vida útil de éstos y evitar su desgaste.

Mantenimiento programado

Está fundamentado, en actividades consideradas dentro de las recomendaciones técnicas de los fabricantes y las experiencias de los usuarios de los activos físicos, con la finalidad de determinar los ciclos de revisión y/o sustitución para los componentes y/o elementos de los mismos, con el objeto de programar la carga de trabajo a ejecutar, ya sea con una frecuencia que va desde quincenal hasta anual, siendo realizado por las cuadrillas de mantenimiento.

Mantenimiento circunstancial

Este está concebido, bajo la mezcla de aspectos de los mantenimientos rutinarios, programados, por avería y correctivo, dado que a través del mantenimiento circunstancial se realizan actividades rutinarias que no tienen un punto fijo de tiempo inicial para su ejecución, debido a que los activos físicos funcionan de forma intermitente; se llevan a cabo actividades programadas en un calendario anual pero sin tener un punto fijo de tiempo de inicio para ejecutarse debido a la razón anterior; se abordan las averías cuando los activos físicos se detienen, existiendo otros activos físicos que los sustituyan en el cumplimiento de sus funciones, es decir, el estudio exhaustivo de la falla permite programar la eliminación de la avería correctivamente a

mediano plazo. Trabajar bajo este tipo de mantenimiento no depende del departamento de mantenimiento, sino de otros entes de la organización relacionados a cambios de procesos, aumento y/o disminución de la capacidad de producción, reducción de personal y/o turnos de trabajo.

Mantenimiento correctivo

Denominado también como “mantenimiento reactivo”, es aquel que comprende una serie de tareas no programadas, pero planificadas a mediano plazo, con el propósito del restablecimiento de la función de un activo físico mediante reparaciones, una vez ocurridas las fallas que ocasionaran la parada no programada. Dichas paradas, son atribuidas a desperfectos no detectados durante las actividades de inspección, ausencia de tareas de mantenimiento predictivas o preventivas, errores operacionales y a la estrategia de “reparar cuando falle”, ésta última, generalmente genera costos mayores a los de inspeccionar y realizar las tareas de mantenimiento predictivas o preventivas a tiempo para mitigar o eliminar las fallas.

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo consiste en la supervisión y medición periódica y continua de los factores que influyen en el comportamiento operativo del equipo. Estos factores se comparan con valores estandarizados, permitiendo evaluar la evolución del estado del activo físico a lo largo de su vida, para así, anticiparse a posibles fallas y/o averías. Es un tipo de mantenimiento programado que detecta fallas.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que utiliza todos los medios disponibles, incluyendo los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones y de las demás actividades de mantenimiento. Su objetivo es el de adelantarse a la aparición de las fallas, para asegurar la funcionalidad del activo físico en su contexto operacional dentro de su vida útil. Este consiste en la planeación sistemática,

programación y culminación a tiempo de la labor de mantenimiento a ejecutar, y está diseñado para garantizar la mayor disponibilidad del equipo e instalaciones. Los objetivos principales del mantenimiento preventivo son los siguientes:

- a. Mantener las instalaciones y equipos operando un porcentaje óptimo a través de la planificación y programación del trabajo, llevando a cabo con anterioridad el análisis del historial de los mismos, con la finalidad de encontrar un modelo que adquiriera un comportamiento lo más parecido al real, para así tomar las previsiones operativas necesarias para contrarrestar cualquier hecho no deseado (falla).
- b. Controlar las actividades planificadas y programadas por medio de las inspecciones y reportes diarios de trabajo (Pérez, 2009).

Ventajas del mantenimiento preventivo

- a. Reduce el tiempo de producción, resultando en menores paradas para las máquinas.
- b. Mejora la conservación de los activos e incrementa las expectativas de la vida de los mismos, por ende elimina el reemplazo prematuro de maquinarias y equipos.
- c. Reduce los costos de sobre tiempo y un uso económico de los trabajadores de mantenimiento, debido a que trabajan en función de un cronograma en vez de trabajar en el momento en el cual ocurre la falla.
- d. Reduce el rechazo de productos, retrabajos, y desechos debido a una mejor condición general del equipo (Zambrano y Leal, 2005).

Según Amendola (2002), el control del mantenimiento preventivo, abarca dos aspectos generales 1) control de actividades programadas de mantenimiento preventivo y 2) tiene como fundamento principal a los programas de actividades desarrolladas para proporcionar mantenimiento preventivo a la maquinaria y al equipo de planta.

De acuerdo con Quiroga (1996), los programas de mantenimiento más comunes son: 1) programa de inspección, 2) programa de servicio y 3) programa de cambio. Al finalizar la fecha planificada de los programas, se debe emitir la orden de trabajo correspondiente y éstas, para cada máquina con su respectivo programa, se deben agrupar para su mejor control.

De acuerdo con Zambrano y Leal (2005), la función del mantenimiento preventivo es simplemente la de minimizar los paros imprevistos o la depreciación excesiva de los equipos, a través de paros periódicos programados, para descubrir y corregir condiciones defectuosas. Sin embargo, algunas de las consideraciones que se deben tener presentes al tratar de minimizar los costos son:

- Un ingeniero capacitado puede elaborar un programa de mantenimiento preventivo hermético a un costo total mínimo Sin embargo, no debe olvidar los efectos negativos que puede ocasionar esto sobre los costos generales totales de producción.
- Puede suceder que los costos del plan de mantenimiento preventivo, sumados al nuevo costo de reparación o falla para los mismos equipos del plan, dé como resultado un costo de operación total mayor o igual al costo total inicial, y esto no tiene justificación. Demasiado mantenimiento puede resultar tan costoso como su escasez. Tomando en cuenta los costos efectuadas por las funciones de mantenimiento se puede establecer un nivel de éste que proporcione un máximo beneficio monetario.
- Es lógico obtener disminuciones en el costo de operación al iniciar un programa de mantenimiento preventivo, a no ser que se justifique un incremento debido a que se mejore la producción. Un ejemplo claro de la relación de costo de mantenimiento versus tiempo de paro puede verse en la Figura 1.

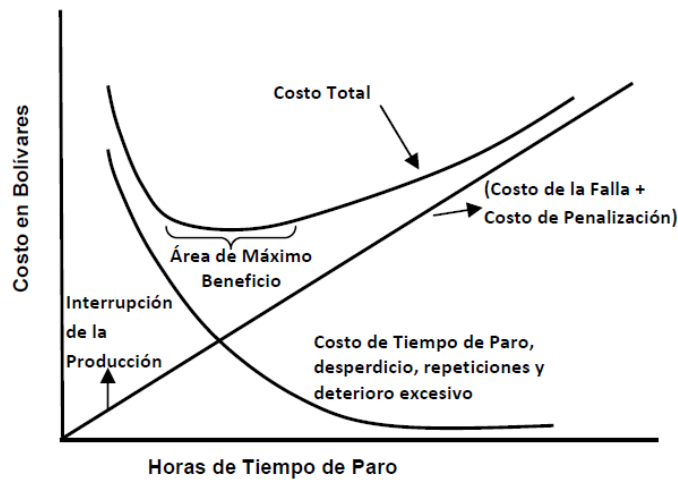


Figura 1. Relación de costos de mantenimiento versus tiempo de paro.
Fuente: Pérez (2009).

Mantenimiento proactivo

Es aquel mantenimiento que contempla aspectos predictivos y preventivos, con el fin de identificar y corregir los motivos causales de las fallas en los activos físicos.

Mantenimiento por avería o reparación

Comprende al conjunto de acciones requeridas para restablecer un sistema y/o equipo a sus condiciones normales de operación, posterior a la aparición de una falla. Generalmente no se planifica o programa, ya que la falla ocurre de manera inesperada. Su objetivo, es mantener en servicio de manera eficiente dichos activos físicos, reduciendo los tiempos de paradas no programadas.

Confiabilidad

De acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 3049:1993, se define como la probabilidad de que un activo físico no presente fallas en un momento determinado bajo condiciones establecidas. Para Amendola (2002), la confiabilidad es la capacidad de que un activo físico lleve a cabo su función de acuerdo a los parámetros de funcionalidad.

Mantenibilidad

Según la Norma Venezolana COVENIN 3049:1993, mantenibilidad es la probabilidad de que un activo físico sea restaurado a condiciones normales de operación, dentro de un periodo de tiempo dado, cuando las actividades de mantenimiento se llevaron a cabo de acuerdo a procedimientos establecidos.

Disponibilidad

Definida en la Norma Venezolana COVENIN 3049:1993, es la probabilidad de que un activo físico se encuentre en la capacidad de continuar cumpliendo con su misión (que no presente fallas), en un momento determinado bajo condiciones establecidas.

Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Según Perozo, (1998) el análisis de modos y efectos de falla es un proceso estructurado para el análisis de la operación de una planta que permitirá identificar las fallas que pudieran presentarse y que engloba las etapas de: funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. Los efectos o consecuencias de las fallas son posteriormente evaluados para determinar posibles medios de prevención.

Está compuesto por cinco columnas:

Función: cada elemento de los equipos que conforman el registro de una planta debe haberse adquirido para un propósito determinado es decir tiene una función específica.

Fallas funcionales: es la capacidad de un elemento o componente de un equipo para cumplir con los estándares de funcionamiento deseado y se presentan cuando una función no llega a generar su producto totalmente o al nivel requerido. Pueden ser totales si existe una imposibilidad absoluta de cumplir con la función y parciales si cumple la función de manera parcial.

Modos de fallo: es la descripción del evento que causa las fallas funcionales. Es la manera como se manifiesta la falla. Es importante determinar cuál de los modos de falla tienen mayor posibilidad de causar la pérdida de una función.

Según Amendola (2002), los modos de falla se clasifican en:

- a. Cuando la capacidad del activo cae debajo del desempeño deseado luego de puesto en servicio el activo.
- b. Cuando el desempeño deseado supera la capacidad del activo luego de puesta en servicio el activo.
- c. Cuando el activo no es capaz de realizar la función deseada desde el inicio de la operación.

Efectos de fallas: es lo que se puede observar si se presenta un modo de falla en particular. Es la evidencia o los hechos de que la falla ha ocurrido e indica la secuencia de eventos desde que se inicia hasta que culmina la falla.

Consecuencias de las fallas: depende del cómo y cuánto importa cada falla. Se pueden clasificar de la siguiente forma:

- a. Consecuencia de fallos no evidentes: son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que puede originar otros fallos con mayores consecuencias a la organización.
- b. Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad: si puede herir o matar a alguien y tienen consecuencias sobre el medio ambiente, si infringe las normativas municipales, regionales, o nacionales relacionadas con el medio ambiente.
- c. Consecuencias operacionales: son aquellas que afectan la producción por lo que repercuten considerablemente en la organización, calidad del producto, capacidad de servicio al cliente, costos de mano de obra y costos de reparación.
- d. Consecuencias no operacionales: son aquellas originadas por una cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de la reparación.

- f. Obtener una profunda visión desde el sistema hasta sus componentes.
- g. Descubrir y documentar problemas de diseño.

Según Moubray (2004), el análisis AMEF debe basarse en: a) Experiencia de operadores y mantenedores, b) reportes de análisis de fallas y acciones correctiva, c) mantenimiento de rutina, d) data de ingeniería y e) data de construcción.

El análisis AMEF de acuerdo con Aguilar, Torres y Magaña (2010), se resume en los siguientes pasos básicos: a) Funciones y estándares de funcionamiento, b) criterios de funcionamiento, c) síntomas de la falla, d) especificar los fallos funcionales, e) modos de fallo, f) efectos de fallo, g) consecuencias de los fallos y h) seleccionar las tareas de mantenimiento.

Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o bondades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual (García, 2009). El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad del proceso de confiabilidad humana confiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos.

Los criterios para realizar un Análisis de Criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo: permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad (García, 2009).

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para: a) priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento, b) priorizar proyectos de inversión, c) diseñar políticas de mantenimiento y d) seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Árbol lógico de decisión ALD

Es una herramienta que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo y efecto de falla (Pérez, 2009). Consiste en un proceso sistemático y homogéneo para la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada para impedir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de fallo, correspondiente a un componente del sistema objeto del análisis (Figura 2).

Actividades de Reacondicionamiento Cíclico

Las actividades de reacondicionamiento cíclico consisten en revisar a intervalos fijos un elemento o componente, independientemente de su estado original. La frecuencia de una tarea de reacondicionamiento cíclico está determinada por la edad en que el elemento o componente exhibe un incremento rápido de la probabilidad condicional de falla (Moubray, 2004).

Actividades de Sustitución Cíclicas

Las actividades de sustitución cíclicas consisten en reemplazar un equipo o sus componentes a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. La frecuencia de una tarea de sustitución cíclica está gobernada por la vida útil de los elementos (Moubray, 2004).

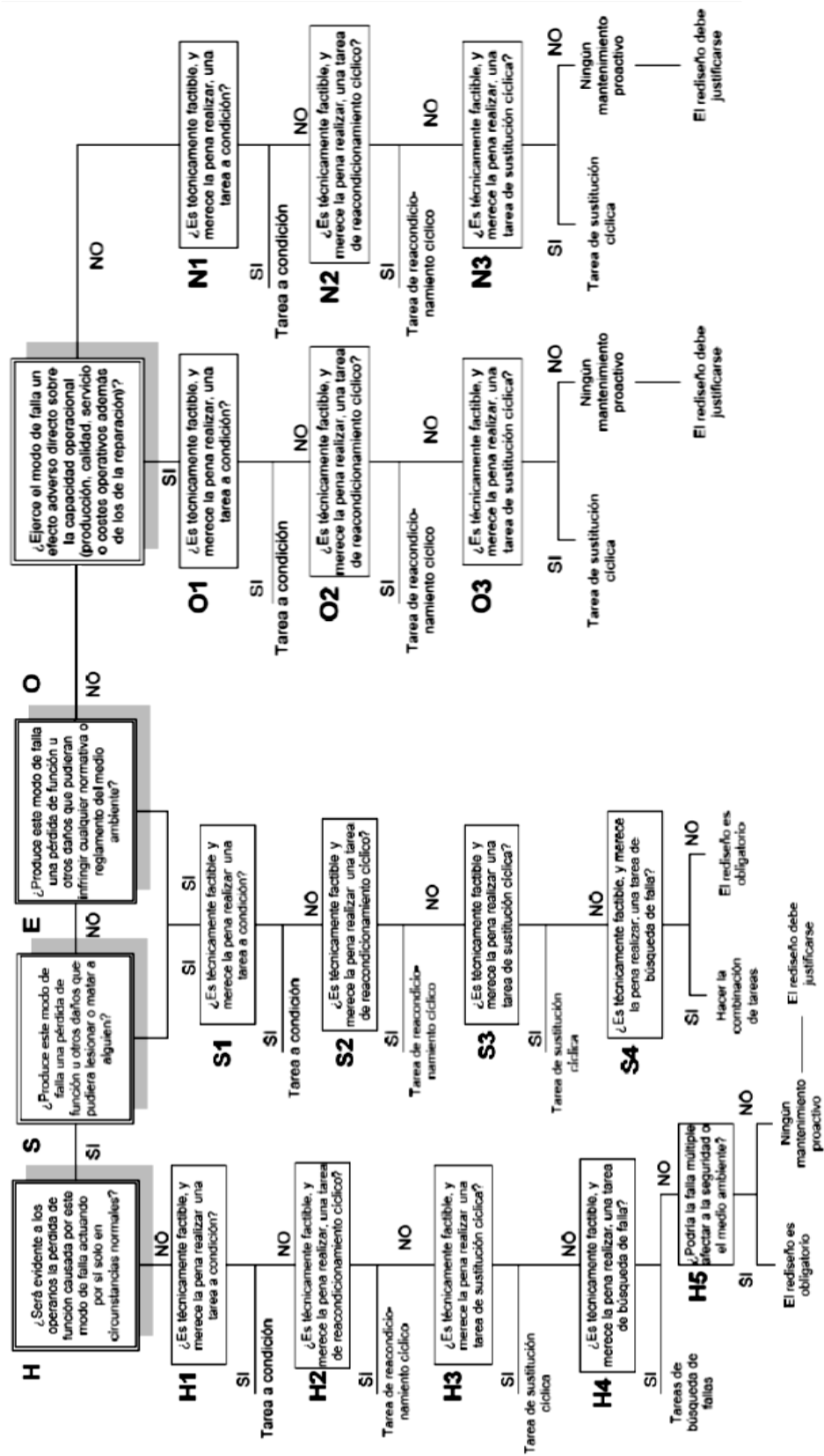


Figura 2. Árbol Lógico de Decisión.

Fuente: Pérez (2009).

Actividades de tareas a condición

Los elementos se dejan funcionando con la condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado. Muchas fallas son detectables antes de que ellas alcancen un punto donde se puedan considerar que ocurre la falla funcional.

Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento comprende un conjunto de actividades de mantenimiento programado aplicables a los activos físicos. Este se basa en la elaboración del cronograma para la ejecución de dichas tareas, a fin de determinar los ciclos de revisión y/o sustitución para los componentes y/o elementos de los mismos además de los recursos, con el objetivo de determinar la carga de trabajo a programar, de frecuencia de ejecución que abarca desde la quincenal a la anual, realizado por las cuadrillas de mantenimiento.

Estructura del Plan de Mantenimiento Preventivo

Según Zambrano y Leal (2005), en un plan de mantenimiento se describen las actividades que comúnmente son conocidas o ejecutadas en las organizaciones para el mantenimiento de los sistemas u objetos. El plan contiene un serie de criterios tales como: código de la actividad, descripción de la misma, condición de operación del equipo, la frecuencia, los recursos que se dividen en tres grupos: mano de obra, materiales y repuestos y los equipos y herramientas. Finalmente el plan permite incluir algunas observaciones para actividades específicas. Identificando cada parámetro del plan tenemos:

- a. Código de Actividad: es una nomenclatura alfanumérica que identificada el tipo de actividad a realizar.
- b. Descripción de actividades: para realizar las acciones de mantenimiento, se describen las actividades que generalmente son conocidas y ejecutadas en las organizaciones para el mantenimiento de los sistemas u objetos, estas son:

Actividad mecánica: Son las acciones de mantenimiento dirigidas a la conservación y reparación de las partes, mecánicas de los objetos o sistemas. Estas partes varían de acuerdo a los sistemas algunos de ellos pueden ser: motores, rodamientos, poleas, engranajes, cadenas, entre otros.

Actividad eléctrica: los equipos poseen partes eléctricas siendo susceptibles a acciones para mantener y lograr su óptimo desempeño, estas actividades son importantes debido a que se pueden catalogar como impredecible o fortuitas, motor contactores, fusibles, bombas, ventilador del motor entre otros.

Actividades de lubricación: son aquellas donde se realizan cambios y análisis de lubricantes como ejes, bombas, poleas, conjunto de piñones y cadenas.

Actividades de instrumentación: son las actividades que se realizan sobre los elementos de control que se conectan a los sistemas para detectar su funcionamiento u operación, como los manómetros, presostatos, termostatos entre otros.

Actividad general: son acciones de baja envergadura, muy sencilla de realizar en la que no se requiere mano de obra especializada. En su mayor parte son de limpieza.

Todas estas actividades generan una serie de instrucciones técnicas que están contenidas en el plan (García, 2009).

c. Frecuencia

Es el tiempo estimado para realizar la actividad en el plan de mantenimiento.

d. Condición de operación

Es el estado en que se encuentra la planta o equipo respecto a su condición de funcionamiento.

e. Recursos de mantenimiento

Mano de obra: por lo general este personal es el necesario para la ejecución de la acciones de mantenimiento, este está conformado por mecánicos, electricistas, lubricadores, Instrumentistas, ayudantes y técnicos.

Materiales y repuestos: son aquellos renglones que facilitan el ensamblaje, limpieza, ajustes de los equipos sometidos a mantenimientos. Pueden ser utilizados por varios sistemas. Su vida útil es muy cortas tales como paños, baldes/tobos, agua, jabón, lubricantes y los repuestos son aquellos renglones que se forman parte de un objeto (maquinarias, equipos, instalación) que, generalmente, tienen un serial de parte asignada por el fabricante o proveedor; la vida útil viene definida por el fabricante y tienen especificaciones y características particulares que se tiene que tener en inventarios para la sustitución cuando se presentan averías.

Herramientas: son renglones que facilitan la labor del ejecutor de las acciones de mantenimiento sobre los diferentes objetos de mantenimiento, generalmente están formados por una sola pieza y en oportunidades vienen en presentaciones de conjunto o agrupaciones, por ejemplo, juego de llaves, martillos y herramientas menores.

Equipos: son aquellos renglones que no pertenecen al sistema productivo y que facilitan la ejecución de la acciones de mantenimiento, teniéndose en cuenta que también ameritan la ejecución de instrucciones técnicas de acuerdo a su uso, además sirven para complementar la acción de mantenimiento, por ejemplo; compresores, tornos, soldadores.

Instrumentos: son los renglones que controlan, miden y ajustan las actividades de mantenimiento e informan al ejecutor sobre el avance del procedimiento llevado en la ejecución, que al igual que los equipos complementan las acciones de mantenimiento. Entre los instrumentos se tienen: calibradores, tester, vernier, entre otros.

f. Observaciones

Son las indicaciones que deben hacerse a alguna actividad de mantenimiento en específico durante el desarrollo de la aplicación del plan.

g. Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos: mantenimiento, inspección, materiales, disponibilidad de planta, personal.

Este análisis se realiza identificando las funciones del ente a evaluar, con el fin de conocer los procesos y la normas de operación para alcanzar el producto final. Optima el uso de los recursos disponibles, concentrándolos en los elementos más importantes que impacte positivamente la rentabilidad del negocio. La aplicación del análisis jerarquiza los sistemas estudiados en: a) alta criticidad, b) media criticidad y c) baja criticidad.

Matemáticamente el índice de criticidad esta expresado como el producto de la frecuencia por la consecuencia, donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y la consecuencia está referida con el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto, se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad en el ámbito del mantenimiento, los siguientes:

El tiempo promedio para reparar (TPPR): es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Mide la efectividad para restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentre fuera de servicio por una falla, dentro de un período de tiempo determinado.

El impacto operacional: es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla, o también puede entenderse como la capacidad que deje de producir cuando ocurre la falla.

Los costos: se refiere a los costos implícitos en mantenimiento o en la reparación total de la falla.

Utilización o nivel de producción: comúnmente llamado factor de uso, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado.

Por lo antes descrito, la estadística dentro de la gestión del mantenimiento juega un papel importante, ya que proporciona a los profesionales responsables del mantenimiento las herramientas matemáticas para recoger, organizar, procesar y analizar los resultados que se presentan en las labores desempeñadas, dándole argumentos para reconocer el estado de sus activos o procesos y poder actuar más acertadamente sobre las circunstancias que los afectan

El humano, siempre ha buscado la creación de herramientas y máquinas que le faciliten la realización de tareas peligrosas, pesadas y repetitivas. En los últimos tiempos, la aparición de máquinas altamente sofisticadas ha dado lugar a un gran desarrollo del campo de la automatización y el control de las tareas, aplicado ya en muchas máquinas que se manejan diariamente. Esto se denomina automatización, el cual consiste en el uso de sistemas o elementos computarizados capaces de controlar maquinarias o procesos industriales substituyendo así a los operadores humanos. Con ayuda de la automatización se puede supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales en cualquier área determinada. Muchos existen, entre ellos el control industrial de procesos alimenticios el cual se basa en el procesamiento de alimentos primarios, tales como frutas y vegetales.

En este sentido se cuentan con diferentes tipos de máquinas capaces de facilitar el trabajo de procesamiento de los alimentos, particularmente del tomate, para la elaboración de salsas. Dentro de la gama de equipos y maquinarias, se tienen las llenadoras de tipo rotativa, las cuales son máquinas diseñadas con el objetivo de introducir determinado producto en un envase, mediante gravedad o cualquier otro mecanismo. La misma se denomina rotativa, dado que el proceso de llenado se ejecuta mientras los envases ingresan describiendo una circunferencia dado al movimiento de rotación del equipo, este permite el llenado de éstos, culminando al finalizar el recorrido de la circunferencia completa saliendo llenos del proceso.

BASES LEGALES

Legalmente no existe ningún instrumento jurídico nacional, que establezca que el cumplimiento de una norma o procedimiento relacionado con el mantenimiento deba cumplirse en una organización. Sin embargo, existen una serie de consideraciones generales para la gestión del mantenimiento en las empresas.

En Venezuela, la Comisión Venezolana de normalización COVENIN (hoy Fondo Nacional de Normalización FONDONORMA), es el ente gubernamental encargado de velar por el cumplimiento de tales aspectos, esto mediante la norma venezolana COVENIN 3049:1993, la cual elabora el marco conceptual de la función de mantenimiento con la finalidad de tender a la unificación de principios básicos y criterios de dicha funciones; e igualmente, la norma COVENIN 2500:1993, con el objetivo de evaluar los sistemas de mantenimiento en las empresas, permitiendo servir de indicador en cuanto a la gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Marco Metodológico

En el presente capítulo, se indican aquellos aspectos que orientaron el curso de la investigación de acuerdo con la naturaleza del problema planteado. Es así como se describe el tipo de estudio, diseño de la investigación, los eventos de estudio e indicadores de medición, la unidad de análisis, población y muestra. También, se definen las técnicas e instrumentos requeridos para la obtención de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de la información además de las fases metodológicas y el cronograma de actividades.

Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo proyectiva (Hurtado, 2007), ya que se buscó darle solución a la problemática planteada centrándose en la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, en presentación de 380g, de la empresa Alimentos Garmi C.A. Es necesario resaltar que la aplicación de dicha propuesta dependerá de su consideración por parte de la alta gerencia, dado que esto escapa del objeto del estudio.

Por ello, fue necesario el desarrollo de una serie de actividades que implicaron la exploración, descripción y explicación de la situación estudiada para de esta manera, estructurar la propuesta de mantenimiento basada en el análisis de los componentes asociados a falla, las labores necesarias para la ejecución del mantenimiento y su programación (Pérez, 2009).

Eventos de estudio e indicadores de medición

Los eventos que se estudiaron fueron los relacionados directamente con las labores de mantenimiento a efectuarse en el proceso de llenado, es decir, las acciones que se ejecutaron en la llenadora rotativa, para garantizar su disponibilidad y óptimo funcionamiento, así como también el registro de las fallas o averías que ocurrieron durante el proceso productivo. Por lo tanto, se observaron aquellos eventos vinculados con las paradas no programadas motivadas a labores de mantenimiento en la llenadora, utilizándose como indicador actual el número de paradas y el tiempo incurrido en ellas. Finalmente, se resalta que no se manipularon las variables ni se clasificarán los elementos objeto de estudio en grupos experimentales ni de control (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Diseño de investigación

La investigación se correspondió con un estudio de campo no experimental, debido a que los datos se recolectaron directamente de las áreas de mantenimiento y de la línea de producción, sin tener la posibilidad de manipular los procesos causales de las labores de mantenimiento a realizarse en llenadora rotativa (Tamayo y Tamayo, 2007). También consistió en un diseño documental, ya que se basó en el uso de información técnica, registros históricos, así como trabajos de otros autores que sirvieron de fundamento para la solución del problema.

A partir del desarrollo de esta investigación, se explicó cuál es el efecto de la falta de realización de las labores de mantenimiento del proceso de llenado, esto permitió obtener una base consistente que respaldará el diseño de las estrategias de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa específicamente (Tamayo y Tamayo, 2007).

El estudio se enmarcó en la modalidad de proyecto factible, dado que su realización tuvo como resultado el desarrollo de una medida de solución para el problema expuesto (Sabino, 2007); es decir, que la información que se obtuvo sobre las labores

de mantenimiento ejecutadas en la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., contribuyó a la identificación de las necesidades relacionadas con la actuación eficiente de la organización tanto en la prevención como en el control de fallas y averías en las maquinarias y equipos por medio del diseño de estrategias de mantenimiento preventivo como un elemento de mejora.

Así mismo, el estudio se fundamentó en la consulta de fuentes secundarias que suministraron los elementos teóricos, referenciales y legales relacionados con el tema tratado, por lo que se consultaron las distintas referencias inherentes al mantenimiento preventivo, procesos productivos, línea de producción, análisis de modos y efectos de fallas, eficiencia y productividad, como un soporte significativo para esta investigación (Arias, 2006).

Unidad de análisis, población y muestra

La unidad de análisis, estuvo representada por la llenadora rotativa de la línea de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el desarrollo de paradas no programadas debidas a mantenimiento, dado que allí se centró la investigación. La población de estudio fue el área de mantenimiento de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, el cual está conformada por cuatro personas distribuidas en un jefe de mantenimiento y tres mecánicos (Tabla 2).

Es importante resaltar que por las características de la población se procedió a considerar a todos los individuos que la conforman (Palella y Martins, 2012). Debido a esto, la muestra fue determinada mediante muestreo intencional, estableciendo como criterio de selección cinco años de experiencia en la organización para los miembros del área de mantenimiento. Adicional a ellos, se contactó al jefe de producción y a un supervisor, los cuales suministraron datos e información relacionada con las fallas, averías e intervenciones de la llenadora rotativa durante el desarrollo del proceso productivo (Tabla 2).

Tabla 2. Población de estudio e integrantes de la muestra.

Departamento	Cargo	Cantidad	Muestra
Área de mantenimiento	Jefe	1	1
	Mecánico	3	2
Producción	Jefe	1	1
	Supervisor	1	1
Total		6	5

Técnicas para la recolección de datos

Se consideró el uso de la observación directa para presenciar sin intermediarios los eventos que ocurrieron en el área de estudio. De esta forma, el investigador pudo constatar los fenómenos asociados con la ejecución de labores de mantenimiento en la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, debidas a paradas no programadas al momento de presentarse las fallas y/o averías en la llenadora rotativa (Sabino, 2007). La observación directa, se aplicó mediante el uso de un registro anecdótico de las experiencias que vivió el autor durante el desarrollo y ejecución de la investigación en la empresa.

Así mismo, se aplicó una encuesta con la finalidad de medir de manera sistemática las labores de mantenimiento asociadas a fallas y/o averías en la llenadora rotativa, esto a partir de las opiniones y experiencia técnica del personal del área de mantenimiento (Arias, 2006). De allí que la encuesta proporcionó datos estructurados y concisos sobre las actividades de mantenimiento realizadas en la llenadora objeto de estudio.

El cuestionario se estructuró con 12 preguntas de tipo dicotómicas que se destinaron al personal del área de mantenimiento seleccionado como muestra de la empresa Alimentos Garma C.A.; con el fin de conocer la forma en que se ejecutan las labores de mantenimiento al abordar las paradas no programadas debidas a fallas y/o averías en la llenadora rotativa (Arias, 2006) (Anexo A).

Por último, se aplicaron una serie de entrevistas para recolectar información detallada en cuanto a la ocurrencia de fallas y averías en la llenadora rotativa de la línea de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garma C.A. Estas sirvieron de apoyo para complementar los aspectos relacionados con la ejecución de las actividades de mantenimiento, derivados de la observación y la encuesta (Tamayo y Tamayo, 2007).

Para ello, se diseñó una guía de entrevista que permitió obtener los datos derivados de su aplicación a la muestra del personal de la línea de producción, jefe de planta y un supervisor respectivamente. Este instrumento estuvo compuesto por nueve preguntas que orientaron al investigador durante el curso del diálogo, al mismo tiempo que otorgó la libertad a los entrevistados de expresar sus opiniones acerca del tema a tratar (Palella y Martins, 2012) (Anexo B). La información arrojada, fue complementada mediante la revisión de los registros históricos de paradas recopilados por el Departamento de Producción y por la consulta de documentos, revistas y trabajos de otros autores, esto permitió localizar los antecedentes fundamentales para el desarrollo del estudio.

En este sentido, los instrumentos de recolección de datos considerados en esta investigación (cuestionario y guía de entrevista) se sometieron a un procedimiento que permitiera comprobar la relación directa de las preguntas formuladas con los objetivos establecidos, para garantizar que los resultados reflejen de manera precisa la situación o problema abordado. De esta manera, se efectuó un proceso de validación basado en la técnica de juicio de expertos, por lo que se solicitó la participación de tres especialistas en el área de metodología, académica y de diseño de instrumentos, quienes procedieron a la evaluación de las preguntas en cuanto a los criterios de redacción, contenido y pertinencia, al igual que las observaciones respectivas.

A tales efectos, la validación implicó que el investigador entregara a cada especialista un esquema compuesto por la portada de identificación, carta dirigida al experto,

objetivos de la investigación, modelos de los instrumentos y una matriz de evaluación, donde manifestara su apreciación, respecto a cada criterio a las preguntas contenidas en los instrumentos. Esta apreciación comprendió una escala que fue desde buena, regular hasta deficiente.

Una vez obtenidas las validaciones de los especialistas y efectuadas las acotaciones indicadas a cada uno de los instrumentos de recolección de datos, se pudo aplicar tales instrumentos, debido a que los expertos participantes expresaron que los mismos reunían los criterios fundamentales para su puesta en práctica, hecho que se sustenta en las cartas de aprobación firmadas por cada experto.

Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Tras la recolección de la información, se procedió a la aplicación de las técnicas e instrumentos para analizar y presentar dichos datos, siendo luego analizados e interpretados mediante las herramientas informáticas para la elaboración de tablas y gráficas estadísticas, basándose en el uso de la distribución binomial. La técnica utilizada para la presentación de la información fue la estadística descriptiva, mediante la elaboración de las tablas de doble entrada, en las que se especificaron las frecuencias y los porcentajes de los resultados.

Los datos derivados de las observaciones directas, y de las entrevistas, se analizaron cualitativamente para así obtener información referente a los componentes asociados a la ocurrencia de fallas y averías en la llenadora rotativa de la línea de salsa a base de tomate y ketchup, para así, servir de fundamento al desarrollo del análisis de modos y efectos de fallas

Los resultados obtenidos de las encuestas, se analizaron usando la herramienta computacional Microsoft Excel®. Tales datos permitieron la realización de estudios estadísticos descriptivos, tales como tablas de distribución de probabilidad de las fallas. Luego de lo anterior, las técnicas aplicadas para el análisis de la información

referente a las paradas no programadas por eventos inesperados en la llenadora rotativa, fueron de carácter cuantitativo ya que por medio de este indicador se analizó el desarrollo de la gestión de mantenimiento al equipo en cuestión.

Fases metodológicas

Para la realización de esta investigación, fue fundamental la ejecución de un conjunto de etapas en las cuales se reconocieron las debilidades que presenta el mantenimiento aplicado a la llenadora rotativa, así como también, aquellos aspectos que dejaron en evidencia la necesidad de orientar de otra manera las acciones ejecutadas. Para ello, las fases metodológicas estuvieron asociadas con cada uno de los objetivos de la investigación, los cuales se describen a continuación:

Fase I. Identificar las condiciones actuales de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garbí C.A.

Esta fase se centró en profundizar sobre aquellos aspectos del proceso de llenado de la línea de salsa a base de tomate y ketchup, a efectos de identificar el desarrollo de las operaciones por parte del personal de mantenimiento específicamente en la llenadora rotativa, así como también, las herramientas, materiales y procedimientos utilizados durante su ejecución. De esta forma, se consideró la implementación de la observación directa y de una encuesta al personal de dicha área, en donde se pudo obtener en detalle información de las actividades de mantenimiento realizadas, tiempo de ejecución, herramientas de uso frecuente durante las labores, fallas y averías más comunes y demás aspectos en relación a las condiciones de la llenadora, de allí que se corroboró la información derivada de los registros de paradas no programadas, mensualmente, a fin de corroborar los aspectos operativos del proceso dentro de la línea de producción. El estudio se enfocó en analizar las fallas de la llenadora rotativa, durante el primer trimestre de 2016.

Debido a esto, se logró puntualizar la participación que tiene la llenadora rotativa dentro del proceso productivo y, con base en las acciones emprendidas por el Departamento de Mantenimiento, se identificaron aquellas labores de naturaleza correctiva y sus condiciones y procedimientos que sustentaron las características, frecuencias, resultados y evaluaciones de las acciones ejecutadas anteriormente. Por esta razón, se utilizó la observación directa para registrar los aspectos, en cuanto a los recursos utilizados y un cuestionario de preguntas dicotómicas, para obtener datos concisos sobre las labores de mantenimiento, para establecer aquellos elementos que sirvieron de mejora como factor crítico en la gestión del proceso en estudio, motivo por el cual los resultados obtenidos fueron procesados mediante la estadística descriptiva, tablas de frecuencia y una interpretación que permitió soportar y respaldar al diseño de la propuesta.

Fase II. Detectar los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garma C.A.

En esta fase del estudio se consideraron los aspectos recabados para determinar los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa, a fin de desarrollar el análisis de modos y efectos, esto mediante un AMEF de diseño considerando las fallas funcionales asociadas a cada uno de los sistemas que la conforman. Este a su vez, permitió el análisis general del equipo sujeto a estudio, evaluando la posibilidad de fallas que no se presentaron durante la investigación ni han sido registradas en el historial existente, proporcionando el fundamento requerido para la orientación de las actividades de mantenimiento preventivo como medidas futuras.

En este sentido, se observaron los registros estadísticos de las paradas no programadas de la llenadora, con el fin de obtener un promedio de los inconvenientes que suceden en el proceso de llenado de salsa a base de tomate y ketchup, al igual que la cantidad de horas incurridas durante las paradas. Es así como también se entrevistó

al jefe de planta y al supervisor de la línea, quienes emitieron sus opiniones sobre la efectividad de las labores de mantenimiento y las bondades que ofrecería la incorporación de nuevas estrategias o reformulación de las ya existentes a la línea de producción.

De acuerdo con esta información, se pudo destacar aquellos requerimientos de tipo humano, técnico y operativo, para garantizar la disponibilidad y funcionamiento de la llenadora rotativa, basada en labores de mantenimiento preventivo, distinguiéndose aquellos que resultaron prioritarios para la atención efectiva de los errores, fallas o averías que, por lo general, se presentan durante las operaciones.

A tales efectos, se registraron de manera escrita los requerimientos indispensables para un mantenimiento adecuado en la llenadora, haciendo énfasis en aquellos de carácter operativo, para así abordar los elementos determinantes en las fallas mecánicas, eléctricas, neumáticas y de lubricación, con el objeto de extraer los aspectos que se formularon para el diseño de la propuesta.

Fase III. Determinar las actividades de mantenimiento para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garbí C.A.

En esta fase de la investigación se procedió a determinar las labores para el mantenimiento preventivo de la llenadora utilizando la técnica del árbol lógico de decisión, seleccionando la estrategia de mantenimiento más adecuada para impedir la causa que provoca la aparición de un determinado fallo. También se tomó como soporte, la información derivada del AMEF y los aspectos técnicos suministrados por el personal entrevistado y la consulta documental de diversos autores, esto con el fin de estructurar la planificación y ejecución de las labores preventivas y así garantizar la disponibilidad del proceso de llenado y la vida útil de la llenadora, además del abordaje oportuno de aquellas posibles fallas o averías antes de que se presenten.

Fase IV. Diseñar el plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garbí C.A.

Para esta fase definitiva, se procedió a diseñar la estructura para conformar el plan de mantenimiento en un informe, en el cual se reflejó la validez y factibilidad de cada una de las acciones de mantenimiento preventivo consideradas para la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garbí C.A., específicamente para la llenadora rotativa. Esta contempla los objetivos, cronograma de actividades y mecanismos de seguimiento que se tomaron en consideración al momento de realizar las acciones preventivas de mantenimiento, para que el personal mecánico pueda orientarse en la detección de fallas y en la gestión de las mismas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Identificar las condiciones actuales de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

Para esta fase de la investigación, se procedió a la identificación de la llenadora rotativa (Figura 3) dentro del desarrollo del proceso productivo mediante el diagrama de operaciones de la línea de producción (Figuras 4 y 5), motivo por el que fue necesario conocer los sistemas y componentes que la conforman.



Figura 3. Llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

Esta máquina, cuenta con 20 años en funcionamiento dentro de la organización, proveniente de otra empresa donde era utilizada para llenar licor, cabe destacar que por las propiedades de la salsa a base de tomate y el ketchup, la llenadora fue

modificada para trabajar en función de productos más viscosos como el caso de la salsa a base de tomate, razón por la cual se le adicionó un sistema de vacío (Figura 6), para reemplazar el anterior llenado por gravedad, sistema, que será detallado más adelante en conjunto con el resto de los componentes que la integran. De igual manera, se evidenció la ausencia de la placa de identificación de la llenadora, motivo por el cuál se desconocen en detalle los datos del fabricante, modelo, año de fabricación y número de serie.

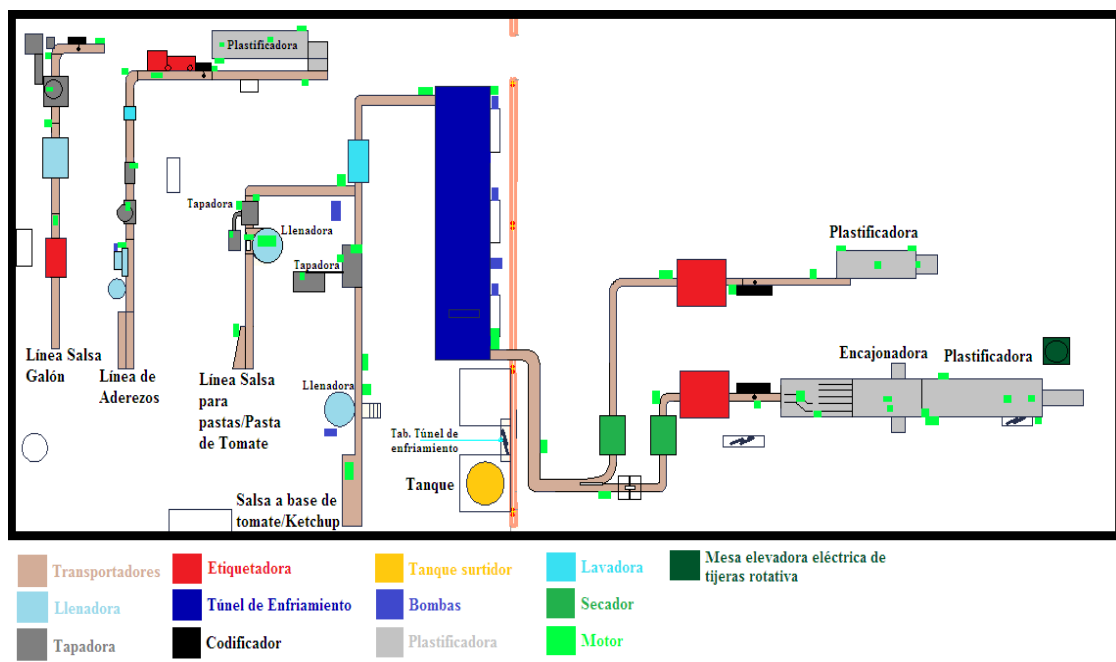


Figura 4. Línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup 380g.

El proceso productivo, inicia con la recepción de la materia prima al área de pesaje, donde ésta es dividida en diversas cantidades por lote dependiendo del producto a preparar. Este proceso, finaliza con la inspección de dichos pesajes por muestreo y su posterior ubicación dentro del almacén de materia prima pesada por lotes.

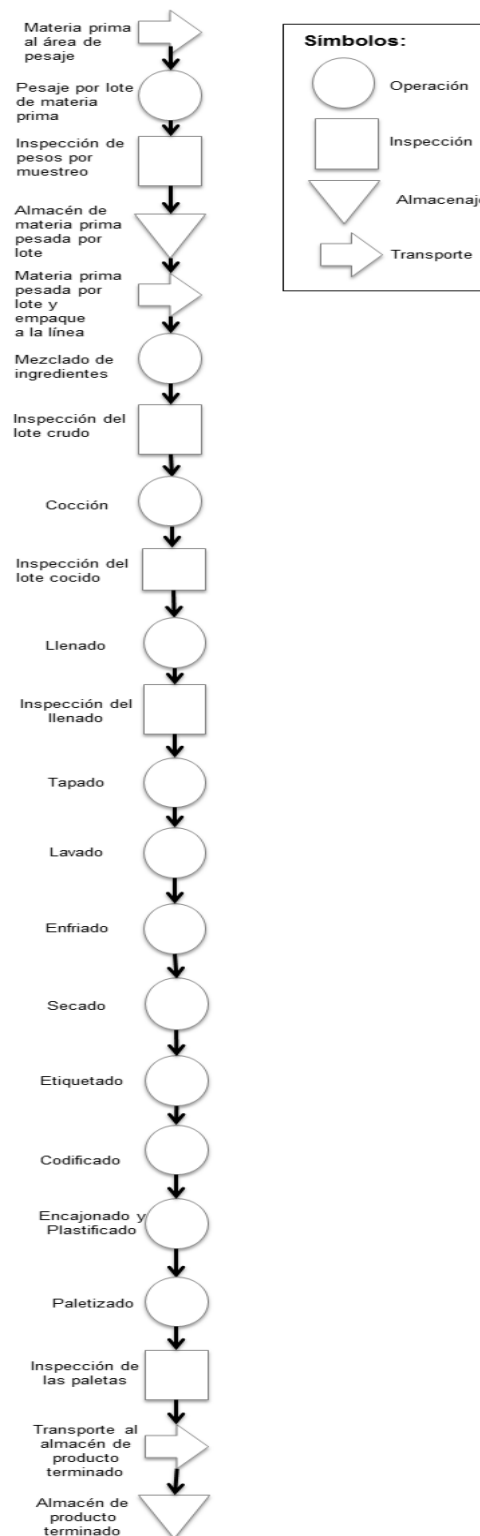


Figura 5. Diagrama de operaciones de la Línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup 380g.



Figura 6. Sistema de succión de vacío de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garma C.A.

A continuación, la materia prima pesada por lotes destinada a la producción de salsa a base tomate o ketchup, dependiendo sea el caso, es transportada hasta el área de preparación, donde todos los ingredientes son mezclados en crudo, destacando como ingrediente principal el concentrado de pasta de tomate; luego de ello, son inspeccionados para verificar los valores de calidad necesarios para proceder a su cocción.

Ya cocidos los ingredientes, el lote es evaluado nuevamente mediante procedimientos de calidad para corroborar el cumplimiento de los estándares requeridos para su envasado. Luego de aprobada la inspección, el lote cocido es bombeado a la tolva del proceso de llenado para ser dosificado, por lotes, a la llenadora rotativa. Esta ejecuta dicho proceso dando ingreso a las botellas, correspondientes a la presentación de 380g, después de ser transportados los envases al tornillo sinfín de distribución de envases (Figura 7), el cual, los suministra a la llenadora mediante la estrella de entrada (Figura 8).



Figura 7. Tornillo sinfín de entrada de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.



Figura 8. Estrella de entrada de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

El envasado procede a realizarse ubicándose de manera continua, dos envases por gato mecánico, siendo para un total de 20 gatos (Figura 9), 40 envases, destacando que la llenadora cuenta con dos picos de llenado por gato mecánico (Figura 10). Mientras van ingresando los envases a la llenadora, acoplándose cada uno en su respectivo pico y simultáneo al movimiento rotativo que describe la llenadora durante su recorrido, se lleva a cabo el envasado del producto, siendo retirado en primer lugar el contenido de aire del envase por medio de la succión generada por el sistema de

vacío, permitiendo el paso del producto al envase. Esta acción, es realizada mientras ascienden los gatos gradualmente durante todo el recorrido del movimiento rotativo de la llenadora hasta dar salida a la botella llena a través de la estrella de salida (Figura 11).



Figura 9. Gato mecánico elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garimi C.A.

El envase lleno, procede a ser evaluado mediante inspección de sus características de calidad para continuar con el proceso de tapado. Seguido de esto, continúa el proceso productivo, pasando por el enfriado a través del túnel de pasteurizado, secado de la botella, etiquetado, codificado y culminación del mismo con el encajonado, plastificado y paletizado. Cabe destacar que última instancia es inspeccionada la paleta para proceder con su transporte y ubicación al almacén de producto terminado.



Figura 10. Picos de llenado de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.



Figura 11. Estrella de salida de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

Conocido el proceso productivo, se procedió a evaluar las condiciones de mantenimiento de la llenadora rotativa, motivado a la importancia de esta fase del proceso dentro de la línea de producción. Es por ello que mediante la observación directa se pudo evidenciar que la misma es sometida solo a labores de lubricación

general, como parte del mantenimiento rutinario previo al inicio de la jornada de producción, tarea que es ejecutada por un mecánico aplicando lubricante hidráulico y grasa al conjunto de gatos mecánicos, chumaceras y rodamientos, accesibles para la aceitera y graser manual utilizada durante esta tarea. Luego de ello, se efectuó la puesta en marcha de la misma con el objetivo de verificar la ausencia de irregularidades que impidieran su correcto funcionamiento, actividad que fue ejecutada eventualmente, considerando, que en oportunidades no se contó con el tiempo suficiente para llevar a cabo dicha tarea antes de iniciar la jornada de producción.

Dicha actividad, fue realizada durante un tiempo promedio de 35 minutos antes de cada jornada, destacando, que la línea no operó diariamente. De igual manera, durante en desarrollo del proceso productivo, se pudieron observar una serie de eventos que fueron registrados como fallas al generar interrupciones en el curso del proceso de llenado, mientras que se pudieron identificar los sistemas y componentes que conforman la llenadora rotativa (Tabla 3).

Los eventos asociados a las fallas más frecuentes durante la revisión de los registros históricos de paradas no programadas, correspondientes al último semestre de 2015 y los observados en el primer trimestre de 2016, se describen a continuación:

Falla: No subió gato mecánico para elevar la botella; este evento generó que la botella no se elevara correctamente durante el recorrido de rotación de la llenadora, impidiendo su llenado. Al ser abordada por el personal de mantenimiento, el procedimiento inició con la parada del equipo y el desarmado del gato para la limpieza y lijado de la camisa y el eje, continuando con la lubricación y culminando con el montaje de vuelta en la llenadora. El mismo dio solución a la falla tras una actividad de índole correctiva. Las herramientas utilizadas fueron un juego de llaves combinadas, juego de llaves allen milimétricas, aceitera con lubricante hidráulico, trapo para limpieza y pliego de lija N° 300 y 600.

Tabla 3. Sistemas y componentes que conforman la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, en presentación de 380g, de la empresa Alimentos Garbí C. A. (Parte 1).

Sistema	Componente	Función	Partes	Cantidad
Sistema eléctrico.	Tablero de control.	Gestionar el funcionamiento de los sistemas que componen la llenadora.	Pulsador (04), interruptor de parada de emergencia (01), indicador luminoso (01), contactor (02), breaker (01).	1U
Sistema motriz principal.	Motor-variador.	Generar movimiento de la llenadora.	Carcasa (01), rotor (01), estator (01), caja de conexiones (01), rodamiento (02), aspa de enfriamiento (01).	1U
	Correa de transmisión.	Transmitir movimiento al eje central.	---	1U
	Polea de eje central.	Distribuir movimiento del motor-variador al eje central.	---	1U
	Eje central.	Transmitir movimiento a tornillo sinfín central.	---	1U
	Chumacera de puente.	Ofrecer superficie de rodaje al eje central.	Rodamiento (01), puente o base (01).	2U
	Acople o cuplón.	Acoplar eje central al tornillo sinfín central.	---	1U
	Tornillo sinfín central.	Transmitir movimiento a la corona central.	---	1U
	Corona central.	Transmitir movimiento a la fuente.	---	1U
	Rodamiento central.	Ofrecer superficie de rodaje (inferior) al eje principal.	---	1U
Fuente.	Rodamiento central.	Ofrecer superficie de rodaje (superior) al eje principal de la fuente.	---	1U
	Pico de llenado.	Dosificar producto dentro del envase para su llenado.	Boquilla de teflón (01), resorte de compresión (01), vástago interno de llenado (01), base de acople a fuente (01).	40U
Ajuste de fuente.	Manivela de ajuste.	Permitir el ajuste requerido de altura, acorde al envase a llenar.	Eje roscado de elevación (02), Engranaje helicoidal (02).	1U

Tabla 3. Sistemas y componentes que conforman la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup, en presentación de 380g, de la empresa Alimentos Garma C. A. (Parte 2).

Sistema de elevación de botellas.	Gato mecánico.	Elevar botellas durante el recorrido de rotación para acoplarla al pico de llenado	Rueda de desplazamiento inferior (01), camisa externa (01), eje interno (01), cuña de seguridad (02), munición de bloqueo interno (03).	20U
Sistema de recirculación de producto.	Bomba de tornillo.	Bombear producto para su recirculación.	Motor (01), bomba (01).	1U
Sistema de vacío.	Bomba de vacío.	Generar succión para extraer aire contenido en el envase.	Motor (01), bomba (01).	1U
	Red de tuberías.	Dirigir el vacío dentro del sistema.	Válvula paso rápido (02), nipples CPVC (04), codos CPVC (03).	1U
Sistema de entrada y salida de envases.	Cadena de eslabones.	Transmitir movimiento a reductores de estrella de entrada y estrella de salida.	---	1U
	Chumacera de puente.	Ofrecer superficie de rodaje a eje de reductores de estrella E/S y tornillo sinfín de entrada de botellas.	---	2U
	Acople o cuplón.	Acoplar entre ejes a reductores de estrella de E/S y tornillo sinfín de entrada de botellas.	---	2U
	Estrella de salida.	Dar salida sincronizada a los envases.	Rodamiento de cónico rodillos (02), estrella de teflón (02), retén (01), reductor (01).	1U
	Estrella de entrada.	Dar entrada sincronizada de los envases al gato mecánico elevador.	Rodamiento de cónico rodillos(02), estrella de teflón (02), retén (01), reductor (01)	1U
	Cadena de eslabones.	Transmitir movimiento a sinfín de entrada de botellas.	---	1U
	Tornillo sinfín de entrada de botellas.	Dar entrada sincronizada de los envases a la estrella de entrada.	Reductor (01), bocinas de ajuste (02).	1U

Falla: No entraron ni salieron a tiempo las botellas; este fue ocasionado por la falta de sincronización de la estrella de entrada y la estrella de salida al momento de ingresar las botellas a la llenadora y salir de ella respectivamente, impidiendo la ubicación correcta de las mismas en los gatos mecánicos para su llenado. Se procedió a la parada de la llenadora y al desmontaje de ambas estrellas para su ajuste mediante la sincronización de estas con el tornillo sinfín de entrada de botellas, continuando con el arranque del equipo para verificar su correcto funcionamiento. Se pudo evidenciar, falta de ajuste en las mismas debido a desgaste. Esta tarea fue realizada por un mecánico utilizando un juego de llaves combinadas y un mazo.

Falla: No arrancó el motor; su ocurrencia impidió la puesta en marcha de la llenadora. Al momento de abordarla, dos mecánicos verificaron el suministro eléctrico al motor-variador así como el estado del pulsador de arranque correspondiente en el tablero de control. Cuando la falla fue generada por el motor-variador, se desmontó para verificar el estado de los componentes del mismo utilizando un juego de llaves combinadas, mazo, formula penetrante para tornillos y una zorra de carga para retirarlo del área de producción al taller, constatando la necesidad de mantenimiento general. Mientras, fue sustituido por otro motor el cual fue colocado en la llenadora para así continuar con el desarrollo del proceso producción.

Cuando la falla fue ocasionada por el pulsador de arranque en el tablero de control, se le realizó limpieza con limpiador electrónico, si no se solucionó el problema, se sustituyó el pulsador por uno nuevo. Esto se ejecutó utilizando un atornillador plano y uno de estrella.

Falla: No hubo transmisión de movimiento a estrella de entrada y estrella de salida; esta trajo como consecuencia la inactividad de las estrellas de entrada y salida, las cuales, no proporcionaban ingreso ni salida de los envases vacíos y llenos, respectivamente, a la llenadora. Esta fue abordada luego de la parada del equipo

revisando los reductores de cada estrella, así como también, los acoples de cada uno de ellos y la cadena de eslabones.

Al momento que se presentó la falla, se pudo verificar que ésta se debió a ruptura de la cadena o salida de la misma por falta de ajuste, por lo que el mecánico procedió a sustituirla por una nueva, utilizando, un segmento de cadena al carbón pase 40, un mazo de bronce y un martillo.

Falla: No hubo transmisión de movimiento al tornillo sinfín de entrada de botellas; esta falla no se presentó mediante la observación directa del proceso de llenado durante el período de investigación, pero se corroboró su ocurrencia a través de la consulta de los registros históricos de paradas de periodos anteriores. Por ello, fue considerada dentro de la información obtenida para su análisis.

Falla: No hubo bombeo para recirculación de producto; esta causó que el producto acumulado en por acción de vacío no fuese bombeado a la llenadora para su recirculación en el proceso. Para su abordaje, fue necesario verificar el funcionamiento de la bomba de tornillo, partiendo de su pulsador de arranque en el tablero de control antes de proceder con el desmontaje de la bomba para su revisión.

Al momento de presenciarse la falla durante la observación directa, éstos pasos se ejecutaron constatando que la misma fue generada por la bomba, siendo desmontada para su revisión general y sustituida por otra de iguales características.

Fue requerido un juego de llaves combinadas y una zorra de carga para su transporte hasta el taller de mantenimiento. Se pudo evidenciar que la falla fue ocasionada por conexiones eléctricas en mal estado, siendo sustituidas con cableado nuevo y procediendo a la instalación de la bomba luego de culminada la jornada de producción. Se utilizó cable N° 12 y teipe aislante eléctrico.

Falla: No arrancó bomba de tornillo; esta falla fue ocasionada por el pulsador de arranque de la bomba ubicado en el tablero de control. El personal de mantenimiento procedió a sustituirlo luego de verificar, que no llegaba la señal eléctrica suministrada por parte de este a la bomba. Fue necesario el uso de un atornillador plano y uno de estrella, así como un pulsador nuevo.

Falla: No hubo transmisión de movimiento a corona principal; esta falla produjo que la llenadora no ejecutara su movimiento de rotación característico, al igual que el resto de los sistemas dependientes del mismo dejaron de cumplir su función. Al presentarse dicha eventualidad, se observó que la correa que transmite el movimiento al eje central estaba deslizando, por lo cual, el mecánico detuvo el motor y procedió a sustituirla y ajustarla. Para ello necesito de un juego de llaves combinadas y una correa nueva.

Se pudo conocer mediante la revisión de los registros históricos de paradas no programadas, que la falla también ha estado relacionada al tornillo sinfín central.

Falla: No hubo ingreso de botellas a la estrella de entrada; esta falla impidió que los envases entraran a la estrella para ubicarlos en los gatos mecánicos. El mecánico inició deteniendo la llenadora rotativa e inspeccionando el sistema de reductor y acople correspondiente al tornillo sinfín de entrada de botellas. De esta manera, se evidenció que el acople estaba desajustado, impidiendo la transmisión del movimiento entre reductor y el tornillo sinfín de entrada de botellas.

El mecánico realizó el ajuste requerido utilizando un juego de llaves allen milimétricas y una lámpara para iluminar la zona de trabajo debido a las condiciones de acceso a la misma.

Falla: No hubo vacío; esta eventualidad ocasionó que el proceso de llenado no se ejecutara. Con la máquina fuera de funcionamiento, un mecánico verificó el funcionamiento de la bomba de vacío y la red de tuberías que la componen. Así, se

pudo dar con el problema, el cual fue causado por una válvula de paso en mal estado. Se procedió a sustituirla y continuar con el desarrollo del proceso productivo. Se utilizó llave de tubo y válvula de paso nueva para esta tarea.

Es necesario destacar, que por la naturaleza de las fallas observadas y las labores descritas anteriormente para mitigarlas, quedó en evidencia que fueron de índole correctiva, dado que se ejecutaron después de la ocurrencia de ellas.

De acuerdo con la aplicación del cuestionario al personal del área de mantenimiento, se pudo conocer que la organización no contempla las labores de mantenimiento de la llenadora rotativa, dentro de un programa formal, ello quiere decir que no planifican ningún tipo de labores para tal fin. Dentro de las consideraciones a destacar de la no existencia del plan de mantenimiento, se tiene que no se clasifican las labores de mantenimiento en inspecciones rutinarias, lubricación, sustitución de piezas y recambios, entre otras.

Por otra parte, el personal señaló que desconocen la existencia del manual técnico de la máquina, por lo que las labores de mantenimiento se realizan empíricamente esperando la ocurrencia de la falla para abordar la misma. Cabe acotar, que se le preguntó a la alta gerencia de la empresa sobre el manual técnico de la llenadora rotativa, respondiendo que cuando la máquina fue adquirida esta llegó sin el respectivo manual. Los operarios de mantenimiento desconocen también si se llevan a cabo evaluaciones preliminares para determinar las condiciones de funcionamiento de la llenadora rotativa. Sin embargo, los integrantes del Departamento de Mantenimiento señalaron que la organización dispone de un registro de fallas y averías diario, gestionado por el Departamento de Producción. Este registro es cargado en una hoja de Microsoft Excel® en donde se indica la hora de parada, el tiempo de parada y la descripción del evento, permitiendo al personal de mantenimiento disponer de datos cuantitativos para analizar las fallas y sus efectos

,con el fin, de crear los mecanismos apropiados para la ejecución de las labores de mantenimiento.

En relación con el suministro de herramientas y repuestos para ejecutar las labores de mantenimiento no se tiene una estructura organizada que cubra estos aspectos, o sea que la empresa no tiene la capacidad de responder de manera inmediata al momento de solventar muchas de las fallas que se presentaron en la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup.

Todo lo anterior, permitió indicar que el personal del área de mantenimiento considera que la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa, es una alternativa a considerar con la finalidad de disminuir los tiempos de parada y con ello garantizar la disponibilidad de la máquina.

Fase II: Detectar los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa de la línea de producción a base de tomate y ketchup de la empresa Garma Alimentos C. A.

De acuerdo con la información recabada durante el desarrollo de la Fase I del estudio, se pudo estructurar el análisis de modos y efectos de falla (AMEF), tomando en cuenta los componentes asociados a las fallas descritas así como los que no presentaron eventualidades durante la investigación (Figura 12 y Tabla 4).

Se pudo observar, un aumento de la frecuencia de fallas a medida que transcurrió el tiempo, llegando incluso a duplicarse en el mes de marzo en relación con los valores de enero. Caso similar ocurre con el tiempo total de parada, sin embargo la tendencia del tiempo medio de parada se mantiene constante, oscilando entre 20:00 y 30:00 minutos (Figura 12). Uno de los elementos claves que se observó mientras se tomaban los datos de las paradas, por parte del personal de producción, es que el mismo muchas veces se olvidó de registrar la hora de restablecimiento del proceso de llenado, una vez culminada la labor de mantenimiento.

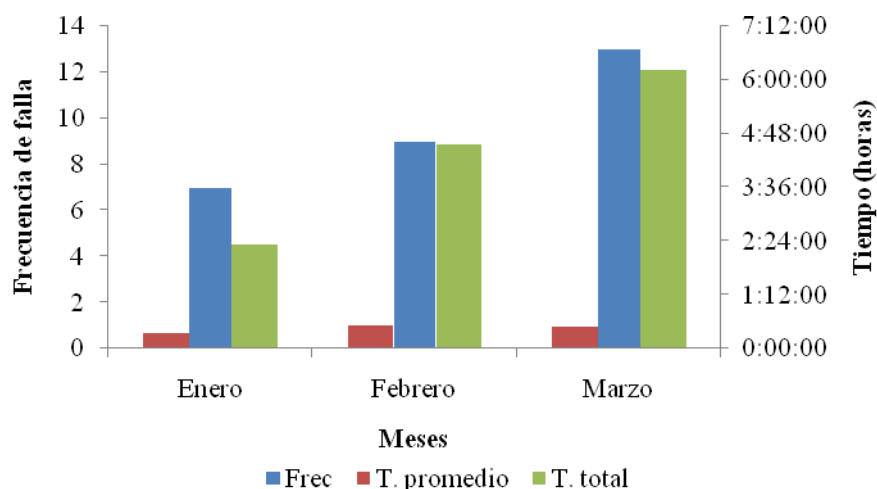


Figura 12. Frecuencia de fallas y tiempo total y promedio de todas las fallas presentadas durante el primer trimestre de 2016 de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

De acuerdo con la revisión de los registros históricos de paradas no programas se pudieron determinar las fallas con mayor frecuencia presentadas durante el período de estudio. A pesar de que este registro histórico señala una elevada ocurrencia de fallas en la transmisión de movimiento al tornillo sin fin de entrada de botellas, lo cual está directamente relacionado con problemas en el motor y en la cadena de eslabones, la misma no fue observada en el trimestre de estudio.

En enero de 2016, y con las mismas frecuencias de ocurrencia, se presentaron las siguientes fallas: no hubo transmisión de movimiento a estrella de entrada y estrella de salida, asociados a los componentes de reductor de entrada, reductor de salida y cadena de eslabones; no arrancó la bomba de tornillo, por problemas en el tablero de control y no hubo transmisión de movimiento a la corona principal por inconvenientes con la correa de transmisión. Por su parte, en febrero no arrancó el motor por problemas con el motor-variador y no arrancó el motor por problemas con el variador.

Tabla 4. Datos recabados de frecuencia y tiempo (promedio y total), discriminados por fallas observadas durante la Fase I.

Fallas registradas históricamente.	Componentes asociados a la falla.	ENERO.			FEBRERO.			MARZO.		
		Frec.	Tiempo.		Frec.	Tiempo.		Frec.	Tiempo.	
			Prom.	Tot.		Prom.	Tot.		Prom.	Tot.
No sube gato mecánico para elevar la botella.	Gato elevador de botellas.	4	0:18:45	1:15:00	7	0:32:43	3:49:00	6	0:28:10	2:49:00
No entran ni salen a tiempo las botellas.	Estrella de entrada y estrella de salida de botellas.	---	---	---	---	---	---	1	---	0:45:00
No arranca el motor.	Motor-variador.	---	---	---	1	---	0:19:00	---	---	---
No hay transmisión de movimiento a estrella de entrada y estrella de salida.	Reductor de entrada Reductor de salida Cadena de eslabones.	1	---	0:23:00	---	---	---	---	---	---
No hay bombeo para recirculación de producto.	Bomba de tornillo.	---	---	---	---	---	---	1	---	0:48:00
No arranca la bomba de tornillo.	Tablero de control.	1	---	0:15:00	1	---	0:26:00	---	---	---
No hay transmisión de movimiento a corona principal.	Correa de transmisión.	1	---	0:26:00	---	---	---	2	---	0:43:00
No hay ingreso de botellas a la estrella de entrada.	Tornillo sinfin tipo de entrada de botellas.	---	---	---	---	---	---	1	---	0:27:00
No hay vacío.	Bomba de vacío Red de tuberías.	---	---	---	---	---	---	2	---	0:42:00

En marzo, no entraban ni salían a tiempo las botellas por averías de la estrella de entrada y estrella de salida de botellas, no hubo bombeo para recirculación de producto, debido a la bomba de tornillo, no hubo transmisión de movimiento a corona principal, por la correa de transmisión, no hubo ingreso de botellas a la estrella de entrada, asociados con el tornillo sinfín de entrada de botellas y no hubo vacío, por causas de la bomba de vacío o por la red de tuberías. Finalmente, la falla observada

con mayor frecuencia, independiente del mes, fue que no subía el gato mecánico para elevar la botella (Tabla 4).

A los datos de la frecuencia asociados con las fallas de subida de los gatos mecánicos se les realizaron las gráficas de función de probabilidad y de distribución acumulada, donde se conoció la ocurrencia de la falla con su respectiva probabilidad. Para el mes de enero, el 69,74% de las paradas de la máquina se debieron a que el sube gato mecánico para elevar la botella no sube apropiadamente ($p = 26,01\%$) (Figura 13), para el mes de febrero, el 59,07% de las paradas de la máquina se debieron a que el sube gato mecánico para elevar la botella no sube apropiadamente ($p = 24,93\%$) (Figura 14) y para el mes de marzo, el 62,30% de las paradas de la máquina se debieron a que el sube gato mecánico para elevar la botella no sube apropiadamente ($p = 24,60\%$) (Figura 15). De las figuras anteriores, se desprende que existen pocas variaciones en los valores de probabilidad, los cuales se ubicaron entre 24,60% y 26,01%, independientemente del número de veces que la máquina presentara la falla asociada con el gato elevador de botellas.

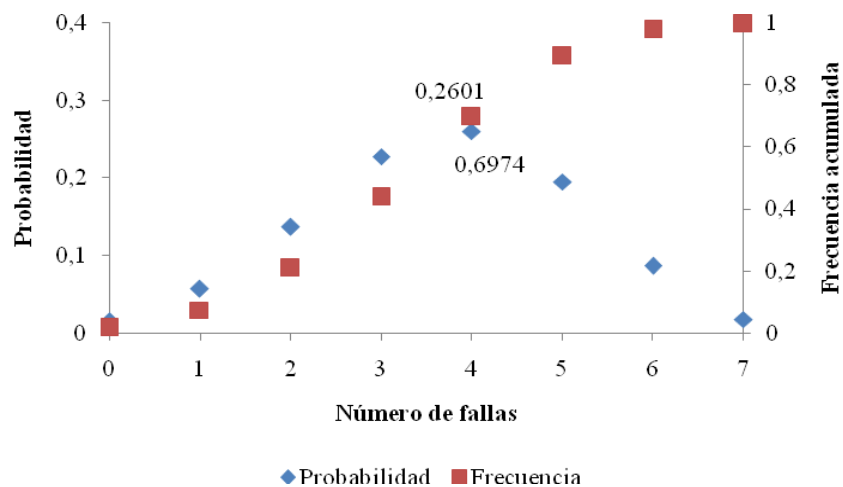


Figura 13. Función de distribución de probabilidad y distribución acumulada debida al gato elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garimi C.A. Enero de 2016.

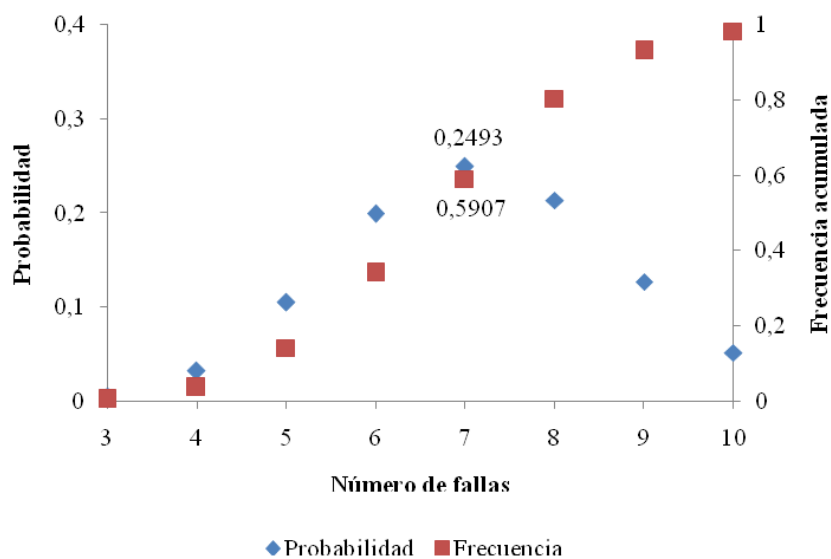


Figura 14. Función de distribución de probabilidad y distribución acumulada debida al gato elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garimi C.A. Febrero de 2016.

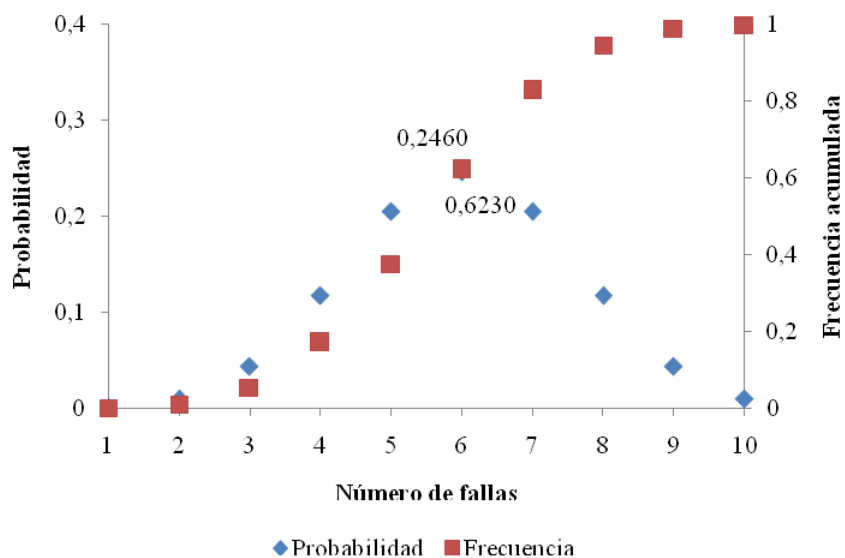


Figura 15. Función de distribución de probabilidad y distribución acumulada debida al gato elevador de botellas de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garimi C.A. Marzo de 2016.

Criticidad de los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa, durante el primer trimestre de 2016.

Mediante esta metodología se establecieron las prioridades de los componentes asociados con las fallas de la llenadora rotativa de salsa a base de tomate, para realizar el AMEF y facilitar la toma de decisiones al iniciar la elaboración del plan de mantenimiento preventivo. Se aplicó la tabla de criterios de puntuación (Anexo C) y la tabla de matriz de criticidad (Anexo D) (Tabla 5).

Los componentes con mayor índice de criticidad (C), fueron el gato elevador de botellas, la correa de transmisión, la bomba de vacío y red de tuberías, motor-variador reductor de entrada, reductor de salida, cadena de eslabones y bomba de tornillo. Por su parte, los componentes: tablero de control, estrella de entrada y estrella de salida de botellas y el tornillo sinfín tipo de entrada de botellas, con un índice semicrítico (SC) (Tabla 5).

Tabla 5. Criticidad de los componentes asociados a fallas en la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016.

Componentes asociados a la falla	Frec	NP	TPPR	IP	CR	CS	IC
Gato elevador de botellas	13	4	1	1	3	7	C
Correa de transmisión	3	4	1	1	1	5	C
Tablero de control	2	3	1	1	1	4	SC
Bomba de vacío Red de tuberías	2	3	1	1	3	6	C
Estrella de entrada y estrella de salida de botellas	1	3	1	1	1	4	SC
Motor-variador	1	3	1	1	3	6	C
Reductor de entrada Reductor de salida Cadena de eslabones	1	3	1	1	3	6	C
Bomba de tornillo	1	3	1	1	3	6	C
Tornillo sinfín tipo de entrada de botellas	1	3	1	1	1	4	SC
Leyenda: FREC: Frecuencia CR: Costos de reparación, NP: Nivel de producción, CS: Consecuencias, TPPR: Tiempo promedio de reparación, IP: Impacto en la producción, C: Critico, NC: No critico. Consecuencia= (NP x TPPR x IP) + CR. Índice de criticidad= Frecuencia x Consecuencias. IC: C: Critico, NC: No critico y SC: semi-crítico (Anexo D). Criterios según Pérez (2009)							

Análisis de modos y efectos de fallas AMEF

Para la realización del análisis de modos y efectos de falla, se utilizó como herramienta el formato de hoja típica de documentación (Anexo E), que contiene los siguientes parámetros: componente, función, falla funcional, modo de falla, efecto de falla, actividad. En este formato se vació la información recolectada durante la fase de estudio correspondiente a todos los componentes que integran a cada uno de los sistemas de la llenadora rotativa (Tabla 6).

De igual manera, se consideraron las opiniones emitidas por el jefe de producción y el supervisor durante la entrevista, obteniéndose datos resaltantes que sirvieron de complemento a lo constatado mediante el análisis de criticidad y como sustento al AMEF. Gracias a ello se integró la información derivada de las paradas registradas con la naturaleza de cada una al momento de su ocurrencia en presencia del personal de producción.

Mediante el AMEF, se pudieron identificar los componentes críticos (C) dentro de los sistemas que conforman y constatar el efecto de falla que genera cada uno. Para el caso del gato elevador de botellas, la bomba de vacío y la red de tuberías que la conforman fallan ocasionando que no se ejecute el llenado del envase; el reductor de entrada, reductor de salida y la cadena de eslabones traen como consecuencia que no haya ingreso ni salida de envases, atasco de envases a la entrada y/o salida, caída de envases fuera del gato elevador, acople incorrecto entre pico y envase y no llenado del envase; la bomba de tornillo falla provocando que no se genere el ciclo de recirculación de producto. Se pudo observar, que la correa de transmisión y el motor-variador producen la paralización total de la llenadora al momento de averiarse, siendo los únicos componentes que causan este efecto.

Tabla 6. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016 (Parte 1).

Análisis de modos y efectos de falla AMEF					Página 1/1
Equipo: Llenadora rotativa a vacío			Línea: Salsa a base de tomate y ketchup 380g		
Sistema	COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA
Sistema eléctrico.	Tablero de control.	Gestionar el funcionamiento de los sistemas que componen la llenadora.	No gestiona el funcionamiento de los sistemas.	Falla de pulsadores, falla de interruptor de seguridad, contactor sobrecalentado, breaker sobrecalentado.	No hay arranque ni apagado de los sistemas.
Sistema motriz principal.	Motor-variador.	Generar movimiento de todos los componentes motrices de la llenadora.	No genera movimiento.	Aislamiento deficiente del estator, conexiones sulfatadas, rodamiento atascado, recalentamiento.	Paralización del equipo.
	Correa de transmisión.	Transmitir movimiento al eje central.	No transmite movimiento al eje central.	Dientes de goma desgastados, rotura, falta de tensión.	Paralización del equipo.
	Polea de eje central.	Distribuir movimiento del motor-variador al eje central.	No distribuye movimiento al eje central.	Tornillo prisionero flojo o aislado, cuña partida o desgastada.	Paralización del equipo.
	Eje central.	Transmitir movimiento a tornillo sinfín central	No transmite movimiento al tornillo sinfín.	Desgaste en el cuerpo del eje, acople partido o desajustado.	Paralización del equipo.
	Chumacera de puente.	Ofrecer superficie de rodaje al eje central.	No ofrece superficie de rodaje al eje central.	Rodamiento atascado, puente o base rota, falta de engrase.	Paralización del equipo.
	Acople o cuplón.	Acoplar eje central al tornillo sinfín central.	No hay acople entre el eje central y el tornillo sinfín central.	Tornillo prisionero flojo o aislado.	Paralización de la rotación de la fuente.

Tabla 6. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016 (Parte 2).

Sistema motriz principal.	Tornillo sinfín central.	Transmitir movimiento a la corona central.	No transmite movimiento a la corona central.	Dentado helicoidal desgastado.	Paralización de la rotación de la fuente.
	Corona central.	Transmitir movimiento a la fuente.	No transmite movimiento a la fuente.	Dientes partidos o desgastados.	
	Rodamiento central	Ofrecer superficie de rodaje (inferior) al eje principal de la fuente.	No ofrece superficie de rodaje a extremo inferior del eje principal.	Atasco, vibración durante la acción de rodadura.	
Fuente.	Rodamiento Central.	Ofrecer superficie de rodaje (superior) al eje principal de la fuente.	No ofrece superficie de rodaje a extremo superior del eje principal.	Atasco, vibración durante la acción de rodadura.	Paralización de la rotación de la fuente.
	Pico de llenado.	Dosificar producto dentro del envase para su llenado.	No dosifica producto al envase.	Obstrucción de boquilla.	No hay llenado del envase.
Ajuste de fuente.	Manivela de ajuste.	Permitir el ajuste requerido de altura, acorde al envase a llenar.	No permite ajuste de altura.	Atasco.	Bloqueo del sistema.
Sistema de elevación de botellas.	Gato mecánico.	Elevar botellas durante el recorrido de rotación para acoplarla al pico de llenado.	No eleva botellas.	Cuña partida, atasco de eje en camisa por oxidación, rueda desgastada.	No hay llenado del envase.
Sistema de recirculación de producto.	Bomba de tornillo.	Bombear producto para su recirculación.	No bombea producto para su recirculación.	Motor recalentado, bomba obstruida.	No se genera el ciclo de recirculación.

Tabla 6. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016 (Parte 3).

Sistema de vacío.	Bomba de vacío.	Generar succión para extraer aire contenido en el envase.	No genera succión.	Motor recalentado, tubería rota.	No hay llenado del envase.
	Red de tuberías	Dirigir el vacío dentro del sistema.	No es dirigida la succión de vacío.	Obstrucción.	
Sistema de entrada y salida de envases.	Cadena de eslabones.	Transmitir movimiento a reductores de estrella de entrada y estrella de salida.	No transmite movimiento.	Rotura, falta de tensión.	No hay ingreso ni salida de envases a la llenadora.
	Chumacera de puente.	Ofrecer superficie de rodaje a eje de reductores de estrella E/S y tornillo sinfín de entrada de botellas.	No ofrece superficie de rodaje.	Falta de engrase, rodamiento desgastado, base rota.	Paralización del sistema.
	Acople o cuplón.	Acoplar entre ejes a reductores de estrella de E/S y tornillo sinfín de entrada de botellas	No hay acople.	Tornillo prisionero flojo o aislado.	Paralización parcial o total del sistema.
	Estrella de salida.	Dar salida sincronizada a los envases.	No hay sincronización a la salida de los envases.	Rodamiento atascado, estrella de teflón partida, reductor sin engrasar.	Atasco de envases a la entrada y/o salida, caída de envases fuera del gato elevador, acople incorrecto entre pico y envase, no llenado del envase.
	Estrella de entrada.	Dar entrada sincronizada de los envases al gato mecánico elevador.	No hay entrada sincronizada de los envases al gato mecánico.		

Tabla 6. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., durante el primer trimestre de 2016 (Parte 4).

Sistema de entrada y salida de envases.	Cadena de eslabones.	Transmitir movimiento a tornillo sinfín de entrada de botellas	No transmite movimiento.	Rotura, falta de tensión.	No hay ingreso de botellas a la estrella de entrada.
	Tornillo sinfín de entrada de botellas.	Dar entrada sincronizada a de los envases a la estrella de entrada.	No hay entrada sincronizada de envases a estrella de entrada.	Bocinas desgastadas, reductor sin engrasar.	

Es necesario resaltar que todos los componentes fueron estudiados por separado para determinar su función, la falla funcional más común; es decir lo que deja de hacer el componente, el modo de falla o la manera como se evidencia y el efecto o consecuencia. Además se establecieron las diversas actividades utilizando el Árbol Lógico de Decisión ALD (Figura 2) y que fueron descritas en los resultados de la siguiente fase.

Como parte del análisis de las fallas asociadas a paradas no programadas en la llenadora rotativa durante su observación, se pudieron destacar los requerimientos de índole técnico y operativo con el fin de ejecutar labores de mantenimiento preventivo para la atención prioritaria de cada una de las eventualidades anteriormente descritas. Fue así que se evidenció la utilización de herramientas ligeras de taller para el abordaje de las fallas, las cuales, no requirieron de ningún conocimiento ni capacitación especializada.

También, como resultado de la entrevista al personal de producción antes mencionado, se conoció que el departamento de mantenimiento no cuenta con una estructura organizada con el fin de planificar las labores de intervención a la llenadora, razón por la que la orientación de las tareas es netamente con fines

correctivos y no de prevención. Como punto a destacar ambos entrevistados coincidieron en que el personal de mantenimiento ejecuta eficientemente las actividades al momento al abordar las fallas, pero, que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es vista como una alternativa necesaria con el fin de anticiparse a ellas.

Fase III. Determinar las actividades de mantenimiento para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garma C.A.

En esta fase, fueron analizados por separado cada componente de la llenadora rotativa mediante la información contenida en el AMEF (Tabla 6) y luego se establecieron las diversas actividades de mantenimiento utilizando el Árbol Lógico de Decisión ALD (Figura 2) con las siguientes categorías:

Tareas a condición, dado que los componentes se dejan funcionando con la condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento esperado.

Tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica, ya que el equipo es revisado para reparar sus componentes o sustituirlos a frecuencias determinadas, independientemente de su estado, en ese momento.

En el ALD mostrado, se pudieron identificar los siguientes grupos de preguntas, que cumplieron los diferentes criterios de la clasificación de las consecuencias, los cuales se enumeran a continuación:

Columnas H, S, E y O; permiten clasificar según sus consecuencias a cada modo de falla.

Columnas H1, H2, H3; S1, S2, S3; E1, E2, E3; O1, O2, O3; registran las tareas proactivas y su tipo.

Columnas H4, H5 Y S4; permiten registrar las tareas “a falta de”.

En base al ALD, se elaboró la hoja de trabajo que contuvo la información del programa de mantenimiento preventivo para los componentes, desarrollado en la siguiente fase de la investigación. El plan de mantenimiento contó con actividades de mantenimiento preventivo y de mantenimiento correctivo, esto debido a que algunos componentes deben trabajar hasta que fallen, por razones como: alto costo de mantenimiento preventivo y complejidad en el remplazo, entre otros.

En cuanto a las tareas de mantenimiento que se establecieron, se tienen las actividades obtenidas mediante el ALD (Figura 2), para cada sistema, adicionándose este campo al AMEF ya estructurado (Tabla 7). Considerando puntualmente los componentes asociados a fallas durante el estudio se pudo detallar que:

Para el gato elevador de botellas se observó que las actividades resultantes se fundamentan en tareas a condición y tareas de reacondicionamiento cíclico según sea el componente.

En el sistema motriz principal, específicamente para la correa de transmisión, se realizaron tareas a condición, ya sea mediante reacondicionamiento cíclico o de sustitución cíclica, de la misma manera para la bomba de vacío y la red de tuberías.

Para el motor-variador, se obtuvieron tareas a condición, tareas de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica, dependiendo del modo de falla que se presente.

Las tareas obtenidas para el conjunto de componentes que integran a la estrella de entrada y estrella de salida, específicamente para el reductor de entrada y reductor de salida, son de reacondicionamiento cíclico. Para el caso de la cadena de eslabones en este sistema, se definieron tareas a condición.

Por último, se establecieron tareas a condición para la bomba de tornillo dentro de las que destacan tareas de reacondicionamiento cíclico.

Tabla 7. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garma C.A. y actividades determinadas mediante el ALD (Parte 1).

Análisis de modos y efectos de falla.						Página 1/1
Equipo: Llenadora rotativa a vacío.			Línea: Salsa a base de tomate y ketchup 380g.			
Sistema.	COMPONENTE.	FUNCIÓN.	FALLA FUNCIONAL.	MODO DE FALLA.	EFFECTO DE FALLA.	ACTIVIDAD.
Sistema eléctrico.	Tablero de control.	Gestionar el funcionamiento de los sistemas que componen la llenadora.	No gestiona el funcionamiento de los sistemas.	Falla de pulsadores, falla de interruptor de seguridad, contactor sobrecalentado, breaker sobrecalentado.	No hay arranque ni apagado de los sistemas.	H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico
Sistema motriz principal.	Motor-variador.	Generar movimiento de todos los componentes motrices de la llenadora.	No genera movimiento.	Aislamiento deficiente del estator, conexiones sulfatadas, rodamiento atascado, recalentamiento.	Paralización del equipo.	H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/O/O1/O2/O3 Sustitución cíclica. H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Correa de transmisión.	Transmitir movimiento al eje central.	No transmite movimiento al eje central.	Dientes de goma desgastados, rotura, falta de tensión.	Paralización del equipo.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/O/O1/O2/O3 Sustitución cíclica. H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico
	Polea de eje central.	Distribuir movimiento del motor-variador al eje central.	No distribuye movimiento al eje central.	Tornillo prisionero flojo o aislado, cuña partida o desgastada.	Paralización del equipo.	H/H1/H2/Tarea de reacondicionamiento cíclico.

Tabla 7. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. y actividades determinadas mediante el ALD (Parte 2).

	Eje central.	Transmitir movimiento a tornillo sinfín central.	No transmite movimiento al tornillo sinfín	Desgaste en el cuerpo del eje, acople partido o desajustado.	Paralización del equipo.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/ O2Tarea de reacondicionamiento cíclico.
	Chumacera de puente.	Ofrecer superficie de rodaje al eje central.	No ofrece superficie de rodaje al eje central.	Rodamiento atascado, puente o base rota, falta de engrase.	Paralización del equipo.	H/S/E/O/O1/O2/O3 Sustitución cíclica. H/S/E/O/O1/O2/O3 Sustitución cíclica. H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico.
	Acople o cuplón.	Acoplar eje central al tornillo sinfín central.	No hay acople entre el eje central y el tornillo sinfín central.	Tornillo prisionero flojo o aislado.	Paralización de la rotación de la fuente.	H/H1/H2/Tarea de reacondicionamiento cíclico.
	Tornillo sinfín central.	Transmitir movimiento a la corona central.	No transmite movimiento a la corona central.	Dentado helicoidal desgastado.		H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Corona central.	Transmitir movimiento a la fuente.	No transmite movimiento a la fuente.	Dientes partidos o desgastados.		H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Rodamiento central.	Ofrecer superficie de rodaje (inferior) al eje principal de la fuente.	No ofrece superficie de rodaje a extremo inferior del eje principal.	Atasco, vibración durante la acción de rodadura		H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
Fuente.	Rodamiento Central.	Ofrecer superficie de rodaje (superior) al eje principal de la fuente.	No ofrece superficie de rodaje a extremo superior del eje principal.	Atasco, vibración durante la acción de rodadura.		H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Pico de llenado.	Dosificar producto dentro del envase para su llenado.	No dosifica producto al envase.	Obstrucción de boquilla.	No hay llenado del envase.	H/S/E/0/N1/N2/N3 Ningún mantenimiento.

Tabla 7. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garma C.A. y actividades determinadas mediante el ALD (Parte 3).

Ajuste de fuente.	Manivela de ajuste.	Permitir el ajuste requerido de altura, acorde al envase a llenar.	No permite ajuste de altura.	Atasco.	Bloqueo del sistema.	H/H1/H2/Tarea de reacondicionamiento cíclico.
Sistema de elevación de botellas	Gato mecánico.	Elevar botellas durante el recorrido de rotación para acoplarla al pico de llenado.	No eleva botellas.	Cuña partida, atasco de eje en camisa por oxidación, rueda desgastada.	No hay llenado del envase.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/H1/H2/Tarea de reacondicionamiento cíclico. H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
Sistema de recirculación de	Bomba de tornillo.	Bombear producto para su recirculación.	No bombea producto para su recirculación.	Motor recalentado, bomba obstruida.	No se genera el ciclo de recirculación.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/H1/H2/Tarea de reacondicionamiento cíclico.
Sistema de vacío	Bomba de vacío.	Generar succión para extraer aire contenido en el envase.	No genera succión	Motor recalentado, tubería rota.	No hay llenado del envase.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/O/N1/N2/N3 Ningún mantenimiento.
	Red de tuberías.	Dirigir el vacío dentro del sistema.	No es dirigida la succión de vacío.	Obstrucción.		H/H1/H2/Tarea de reacondicionamiento cíclico.
Sistema de entrada y salida de envases	Cadena de eslabones.	Transmitir movimiento a reductores de estrella de entrada y estrella de salida.	No transmite movimiento.	Rotura, falta de tensión.	No hay ingreso ni salida de envases a la llenadora.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Chumacera de puente.	Ofrecer superficie de rodaje a eje de reductores de estrella E/S y tornillo sinfín de entrada de botellas.	No ofrece superficie de rodaje.	Falta de engrase, rodamiento desgastado, base rota.	Paralización del sistema.	H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico. H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/S/E/O/O1/O2/O3 Sustitución cíclica.

Tabla 7. Análisis de modos y efectos de falla (AMEF) de los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. y actividades determinadas mediante el ALD (Parte 4).

	Acople o cuplón.	Acoplar entre ejes a reductores de estrella de E/S y tornillo sinfín de entrada de botellas.	No hay acople.	Tornillo prisionero flojo o aislado.	Paralización parcial o total del sistema.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Estrella de salida.	Dar salida sincronizada a los envases.	No hay sincronización a la salida de los envases.	Rodamiento atascado, estrella de teflón partida, reductor sin engrasar.	Atasco de envases a la entrada y/o salida, caída de envases fuera del gato elevador, acople incorrecto entre pico y envase, no llenado del envase.	H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico.
	Estrella de entrada.	Dar entrada sincronizada de los envases al gato mecánico elevador	No hay entrada sincronizada de los envases al gato mecánico.			H/S/E/O/N1/N2/N3 Ningún mantenimiento. H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico.
	Cadena de eslabones.	Transmitir movimiento a tornillo sinfín de entrada de botellas.	No transmite movimiento.	Rotura, falta de tensión.	No hay ingreso de botellas a la estrella de entrada.	H/S/E/O/O1 Tarea a condición.
	Tornillo sinfín de entrada de botellas.	Dar entrada sincronizada de los envases a la estrella de entrada.	No hay entrada sincronizada de envases a estrella de entrada.	Bocinas desgastadas, reductor sin engrasar.		H/S/E/O/O1 Tarea a condición. H/H1/H2/ Tarea de reacondicionamiento cíclico.

Fase IV. Diseñar el plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

A partir del establecimiento de las actividades de mantenimiento obtenidas durante la fase anterior y en base a los fundamentos descritos en la COVENIN 3049:1993, se elaboró el plan de mantenimiento preventivo para los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., haciendo énfasis en los componentes críticos derivados del análisis de criticidad.

En necesario resaltar, que luego del estudio estadístico realizado y mediante las gráficas de probabilidad obtenidas, se constató que las paradas no programadas debidas a mantenimiento estuvieron asociadas en mayor proporción al gato mecánico elevador de botellas, razón por la cual al desarrollar el AMEF, se analizó exhaustivamente su función dentro de la llenadora y se determinaron los modos de falla y efectos que genera al no cumplir su función, haciéndose extensivo el análisis al resto de los sistemas de la llenadora. Es así como se determinaron las tareas de mantenimiento para cada uno de ellos contenidas en el plan de mantenimiento preventivo.

Este plan, se diseñó considerando los siguientes criterios:

- a. Actividad
- b. Descripción de la misma
- c. Condición de operación del equipo
- d. Frecuencia
 - e. Recursos que se dividen en tres grupos: Mano de obra, Materiales y repuestos y Equipos y herramientas.

De esta manera, el plan de mantenimiento diseñado y propuesto tiene como objetivo:

Desarrollar las actividades de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.

Este se estructuró por las actividades de mantenimiento requeridas para cada componente y sistema de la llenadora rotativa (Tabla 8), el cronograma tentativo para la ejecución del plan de mantenimiento (Tabla 9), y los mecanismos de seguimiento para el control y registro de las tareas realizadas (Anexos F y G).

Cada una de las actividades descritas, contempló los requerimientos de personal, materiales, repuestos, equipos y herramientas a considerar para el abordaje eficiente de las tareas; este plan comprende tareas de limpieza, revisiones, labores de lubricación, ajustes periódicos y sustitución de componentes y/o repuestos. Dichas actividades, fueron definidas en base a los procedimientos observados durante la ejecución de las labores de mantenimiento por parte de los mecánicos, mediante el establecimiento de una estructura organizada y programada.

Es necesario, que se informe al personal de mantenimiento acerca del plan conforme a su puesta en marcha, para así establecer las directrices para el resguardo de la llenadora rotativa con el fin de disminuir la ocurrencia de fallas e incentivar al personal a promover las labores de mantenimiento preventivo.

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garma C.A. (Parte 1).

SISTEMA.	COMPONENTE.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD.	CONDICIÓN DE OPERACIÓN.	FRECUENCIAS.	RECURSOS.		
					MANO DE OBRA.	MATERIALES/ REPUESTOS.	EQUIPOS/HERRAMIENTAS.
Sistema eléctrico.	Tablero de control.	Limpieza y revisión de conexiones y aislantes; Chequeo del voltaje y amperaje de operación del cableado.	P	Mensual.	1 Mecánico-electricista.	Limpiador dieléctrico, Teipe aislante, Trapo para limpieza.	Voltímetro, Alicata y atornilladores.
Sistema motriz principal.	Motor-variador.	Verificar aislamiento; Limpieza y revisión de conexiones; Cambio de rodamientos; Chequeo del voltaje y amperaje de operación del cableado.	O	Mensual.	1 Mecánico.	Limpiador dieléctrico, Teipe aislante.	Medidor de aislamiento.
			P	Mensual.			
			P	Anual.	1 Electricista.	Rodamiento rígido de bolas, grasa.	Extractor, martillo, juego de llaves combinadas, engrasadora.
			O	Mensual.			
	Correa de transmisión.	Ajuste de tensión; Revisión; Sustitución.	P	Semanal.	1 Mecánico.	Spray antideslizante Correa de caucho dentada.	Herramientas menores.
			P	Cada seis meses.			
	Polea de eje central.	Ajuste de cuplón y prisionero, cambio de cuña.	P	Mensual	1 Mecánico.	Ninguno. Segmento de cuña acerada.	Juego de llaves Allen. Herramientas menores.
			P	Cada seis meses			
	Eje central.	Revisión; Lubricación; Ajuste de acople.	P	Cada seis meses	1 Mecánico.	Ninguno Aceite hidráulico y grasa	Lámpara. Aceitera y engrasadora.
			P	Semanal.			
			P	Mensual.		Ninguno	Juego de llaves Allen.

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. (Parte 2).

	Chumacera de puente.	Sustitución de rodamiento o conjunto completo.	P	Anual.	1 Mecánico.	Rodamiento para chumacera.	Herramientas menores.
		Lubricación.	P	Semanal.		Grasa.	Engrasadora.
	Acople o cuplón.	Ajuste de cuplón y prisionero.	P	Mensual.	1 Mecánico.	Ninguno.	Juego de llaves Allen.
							Martillo.
	Tornillo sinfín central.	Lubricación.	O/P	Semanal.	1 Mecánico.	Aceite hidráulico y grasa.	Aceitera y engrasadora.
	Corona central.	Lubricación.	O/P	Semanal.	1 Mecánico.	Aceite hidráulico y grasa.	Aceitera y engrasadora.
	Rodamiento central (Sup).	Revisión.	P	Mensual.	1 Mecánico.	Ninguno	Herramientas menores.
		Lubricación.	O/P	Semanal.		Aceite hidráulico y grasa.	Aceitera y engrasadora.
	Fuente.	Revisión.	P	Mensual.	1 Mecánico.	Ninguno.	Herramientas menores.
		Lubricación.	O/P	Semanal.		Aceite hidráulico y grasa.	Aceitera y engrasadora.
Ajuste de fuente.	Manivela de ajuste.	Lubricación.	P	Semanal.	1 Mecánico.	Ninguno.	Aceitera y engrasadora.
						Aceite hidráulico y grasa.	
Sistema de elevación de botellas.	Gato mecánico.	Revisión, Lubricación y limpieza.	O/P	Semanal.	2 Mecánicos.	Ninguno.	Aceitera y engrasadora.
						Aceite hidráulico y grasa.	
						Trapo, lija, agua y jabón	Herramientas menores.

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. (Parte 3).

Sistema de recirculación de producto.	Bomba de tornillo.	Limpieza y revisión de conexiones y aislantes; Chequeo del voltaje y amperaje de operación del cableado.	O/P	Mensual.	1 Mecánico-electricista.	Limpiador dieléctrico, Teipe aislante, Trapo para limpieza.	Voltímetro y Herramientas menores.
Sistema de vacío.	Bomba de vacío.	Chequeo del voltaje y amperaje de operación del cableado; Revisión.	O/P	Mensual.	1 Electricista. 1 Mecánico.	Ninguno. Ninguno.	Medidor Megger, voltímetro. Herramientas menores.
	Red de tuberías.	Revisión y ajuste de válvulas y conexiones.	P	Semanal.	1 Mecánico.	Ninguno.	Llave de tubo Herramientas menores.
Sistema de entrada y salida de envases.	Cadena de eslabones.	Ajuste de tensión; Lubricación; Sustitución.	P	Semanal. Diaria. Anual.	1 Mecánico.	Ninguno. Grasa. Cadena de eslabones de acero inox.	Herramientas menores. Engrasadora. Herramientas menores.
	Chumacera de puente.	Sustitución de rodamiento o conjunto completo. Lubricación.	P	Anual. Diaria.	1 Mecánico.	Rodamiento de chumacera o conjunto completo. Grasa.	Herramientas menores. Engrasadora.
	Acople o cuplón.	Ajuste de cuplón y prisionero.	P	Semanal.	1 Mecánico.	Ninguno.	Juego de llaves Allen.
	Estrella de salida.	Revisión de rodamientos; Sustitución de rodamientos; Lubricación.	P	Mensual.	2 Mecánicos.	Ninguno.	
				Anual.		Rodamientos cónicos de rodillo.	Herramientas menores; Extractor.
	Estrella de entrada.			Semanal.		Grasa y Aceite hidráulico.	Aceitera y engrasadora.

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A. (Parte 4).

	Cadena de eslabones.	Ajuste de tensión; Lubricación; Sustitución.	P	Semanal.	1 Mecánico.	Ninguno Grasa Cadena de eslabones de acero inox.	Engrasadora. Herramientas menores.
				Diaria.			
				Anual.			
	Tornillo sinfín de entrada de botellas.	Sustitución de bocinas, Lubricación de reductor.	P	Anual. Semanal.	1 Mecánico.	Bocinas de bronce Grasa y Aceite hidráulico.	Herramientas menores. Engrasadora y Aceitera.
Herramientas Menores: Juegos de llaves, martillos, alicates, atornilladores, destornilladores, brochas.						P: Parado	
Observaciones: Cumplir con las normas de Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)						O: Operando	

El cronograma de actividades, presenta la disposición de cada una de las actividades contempladas en el plan de mantenimiento preventivo para la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimento Garmi C.A, durante los meses restantes del año 2016 luego de realizada la investigación. En él se establecieron la programación tentativa de las tareas de mantenimiento descritas en el plan, dado que su cumplimiento está sujeto a modificaciones considerando que se le otorgan vacaciones individuales al personal mecánico, por ello, de reprogramarse las actividades, debe evaluarse si es conveniente adelantar la ejecución de las tareas o postergarlas, tomando en cuenta la naturaleza de las mismas y el desarrollo de las funciones de la llenadora rotativa durante el proceso productivo hasta ese momento.

La frecuencia dentro del esquema de programación, está representada por colores y va desde frecuencia diaria, antes de la jornada de trabajo; frecuencia semanal, una vez a la semana; frecuencia mensual, una vez al mes; frecuencia semestral, cada seis meses y frecuencia anual. Cabe resaltar, que para el caso de la frecuencia diaria, esta corresponde a los días en que entre en funcionamiento la llenadora rotativa, dado que ello está sujeto a la programación del departamento de producción. La frecuencia semanal, indica que la actividad respectiva se hará un día de la semana sin importar los días en que esté o no en funcionamiento la llenadora. Para la frecuencia mensual, se propone realizar la actividad una vez al mes, programándola para el mes siguiente, la misma semana y el mismo día en que fue ejecutada la última vez, de igual manera para la frecuencia semestral, considerando el periodo de inactividad de seis meses correspondiente y para la frecuencia anual tomando en cuenta el período de un año. Las vacaciones colectivas durante el mes de diciembre, están representadas dentro del cronograma, y al momento de intervenir con alguna actividad, esta será reprogramada para el reinicio inmediato de las labores por parte del personal.

Tabla 9. Cronograma de actividades propuesto para el mantenimiento preventivo de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y kétchup de la empresa Alimentos Garmi C.A (Parte 1).

[illegible]

Tabla 9. Cronograma de actividades propuesto para el mantenimiento preventivo de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A (Parte 2).

SISTEMA	COMP.	ACTIVIDAD	FREC.	MESES/SEMANAS/DÍAS																																															
Sistema de elevación de botellas	Gato mecánico	Revisión, Lubricación y limpieza	Semanal																																																
Sistema de redreclación de producto	Bomba de tornillo	Limpieza y revisión de conexiones y aislantes; Chequeo del voltaje y amperaje de operación del cableado	Mensual																																																
Sistema de vacío	Bomba de vacío	Chequeo del voltaje y amperaje de operación del cableado; Revisión	Mensual																																																
	Red de tuberías	Revisión y ajuste de válvulas y conexiones	Semanal																																																
Sistema de entrada y salida de envases	Cadena de eslabones	Ajuste de tensión; Lubricación; Sustitución	Semanal																																																
			Diaria																																																
			Anual																																																
	Chumacera de puente	Sustitución de rodamiento o conjunto completo	Anual																																																
			Diaria																																																
	Acople o cuplón	Ajuste de cuplón y prisionero	Semanal																																																
	Estrella de salida	Revisión de rodamientos; Sustitución de rodamientos; Lubricación	Mensual																																																
			Anual																																																
	Estrella de entrada		Semanal																																																
	Cadena de eslabones	Ajuste de tensión; Lubricación; Sustitución	Semanal																																																
Diaria																																																			
Anual																																																			
Tornillo sinfín de entrada de botellas	Sustitución de bocinas, Lubricación de reductor	Anual																																																	
		Semanal																																																	

Frecuencia diaria, antes de la jornada de trabajo de la llenadora.

Frecuencia semanal, una vez a la semana.

Frecuencia mensual, una vez al mes.

Frecuencia semestral, cada seis meses.

Frecuencia anual.

Período vacacional decembrino.

CONCLUSIONES

1. La identificación de las condiciones actuales de la llenadora permitió conocer los 8 sistemas que la integran, las características de sus componentes y las fallas más frecuentes, las cuales resultaron ser nueve de forma descriptiva y puntual, significando información fundamental para el desarrollo de las tareas requeridas para su mantenimiento. De igual manera, se pudo evidenciar la función de la llenadora dentro del proceso de llenado, que los procedimientos utilizados por el personal de mantenimiento para mitigar las fallas y averías son netamente correctivos, que no se cuenta con una estructura organizada de los materiales, repuestos, equipos y herramientas necesarias para el abordaje eficiente de las mismas, así como también, la identificación de posibles fallas que no se presentaron durante el estudio.

2. El análisis de los gráficos de frecuencia de fallas para los componentes críticos de la llenadora, permitió constatar lo recabado en los registros históricos de parada en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de fallas para cada uno de ellos, destacando como componente crítico con mayor probabilidad de fallar o averiarse, el gato mecánico elevador de botellas con una probabilidad de ocurrencia de 0.26 con una frecuencia promedio del 60% durante el desarrollo del proceso de llenado. Esta información sirvió de sustento al análisis de modos y efectos de fallas al momento de identificarlo como elemento principal dentro del sistema de elevación de botellas, evaluando su función y detallando tres fallas asociadas a él, con el objetivo de direccionar las acciones de mantenimiento preventivo que reduzcan o eliminen la probabilidad de que ocurran, anticipándose al impacto en la confiabilidad y disponibilidad de la llenadora. Se determinaron tres actividades, una para cada falla identificada.

3. Las actividades para el plan de mantenimiento preventivo se determinaron a partir del AMEF y el ALD. En primer lugar, mediante el análisis de criticidad, se categorizó

dentro de los componentes asociados con las fallas observadas en seis componentes altamente críticos, los mismos son: 1) el gato elevador de botellas, 2) la correa de transmisión, 3) la bomba de vacío y su red de tuberías, 4) el motor-variador, 5) el conjunto de las estrellas de entrada y salida respectivamente (reductor de entrada, reductor de salida y cadena de eslabones) y 6) la bomba de tornillo. Como componentes semicríticos se categorizaron al tablero de control, a la estrella de entrada y estrella de salida de botellas y al tornillo sinfín de entrada de botellas. Mediante el AMEF, se pudieron definir las fallas de todos los sistemas de la llenadora, permitiendo identificar los requerimientos de mantenimiento para cada uno de ellos. Los componentes considerados primarios para la llenadora fueron los que integran el sistema motriz principal, dado a su función y a que, al fallar, generan la paralización total del equipo. De igual manera, las actividades definidas mediante el ALD, dieron a destacar la predominancia de tareas a condición, por lo que los componentes serán evaluados y revisados a fin de que sigan cumpliendo su función gracias a labores de reacondicionamiento cíclico o sea necesario su sustitución.

4. El diseño del plan de mantenimiento para la llenadora rotativa de línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A., fue estructurado con las actividades determinadas mediante el AMEF y el ALD, adicionándose, las consideraciones técnicas y de recursos acordes con los elementos disponibles por parte del personal de área de mantenimiento, sin requerir, capacitación ni mano de obra especializada para su ejecución. Dicho plan comprende desde actividades de lubricación de periodicidad frecuente, hasta tareas de mantenimiento general y sustitución de componentes. Por ejemplo, para el caso del gato mecánico elevador de botellas como el componente con mayor índice de fallas, se debe ejecutar una revisión, limpieza y lubricación semanal por dos mecánicos, utilizando un trapo, lija, agua y jabón, además de aceite hidráulico y grasa para la lubricación, equipados con una aceitera, una engrasadora y herramientas menores.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el plan de mantenimiento desarrollado en el presente trabajo para los componentes de la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.
2. Considerar la implementación de indicadores de gestión de mantenimiento, luego de aplicar el plan de mantenimiento desarrollado en el presente trabajo para evaluar la eficiencia de las labores de mantenimiento en la llenadora rotativa de la línea de producción de salsa a base de tomate y ketchup de la empresa Alimentos Garmi C.A.
3. Estructurar un manual de procedimientos operacionales donde se identifiquen cada uno de los sistemas y funciones en la llenadora rotativa, para que el personal asignado a la ejecución el mantenimiento de dicho activo, disponga de un material de consulta periódica para el dominio de las tareas consideradas en la propuesta de plan de mantenimiento preventivo antes expuesta.
4. Desarrollar planes de mantenimiento preventivo para el resto de los equipos que componen las diferentes líneas de producción de la empresa.
5. Revisar de los requerimientos de mantenimiento para la llenadora rotativa, de manera frecuente, para así mantener un sistema de reposición de repuestos críticos adecuado.
6. Implantar formatos para el control del sistema de mantenimiento diseñados con base en ordenes de trabajo, reportes de equipos fuera de servicio, reportes de equipos puestos en servicio, salida de equipo, sustitución de equipo, solicitud de materiales, repuestos, herramientas, equipos y fabricación de piezas, ficha técnica, registro histórico de fallas, control de reparaciones, control de mantenimiento preventivo ya que permiten controlar las actividades programadas y planificadas por el plan de mantenimiento preventivo elaborado.

7. Implantar un sistema de codificación alfanumérico que permita una mayor facilidad de entendimiento de la información para el usuario en áreas operacionales además de brindar un rápido acceso a los datos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento.

LISTA DE REFERENCIAS

Aguilar, J., Torres, R., Magaña, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia y Educación (IMIQ), 25(1): 15-26.

Amendola, L (2002). Mantenimiento centrado en la confiabilidad. España. 200 p.

Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. (5a. ed.). Caracas: Episteme. 143 p.

Castillo, L. (2010). Diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo para grupo electrógeno de radio bases. Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas Caracas

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1993). Norma 3049: Mantenimiento Definiciones. 18p.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1993). Norma 2500: Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. 22p.

García, S. (2009). Ingeniería de mantenimiento: Técnicas avanzadas de gestión del mantenimiento en la industria. Editorial RENOVETEC. Madrid, España. 150 p

Hernández, R. Fernández, C y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. (5a. ed.). México: Mc Graw Hill. 613 p.

Hurtado, J. (2007). El proyecto de investigación: metodología de la investigación holística. (5ª ed.) Caracas: Fundación SYPAL. 183 p.

López, R., Ramos, R. y Pino, J. (1985). Comparación de tres métodos para la obtención de salsa de tomate. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía. 38 (2): 98 – 106.

Moubray, J (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. Editorial Aladon. 400 p.

Palella, S y Martins, F. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa. (3a. ed.). Caracas: FEDUPEL. 285 p.

Pérez, J. (2009). Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en la Confiabilidad aplicado al sector hotelero. Tesis de Postgrado no publicada. Universidad del Zulia, Maracaibo. 95 p.

Perozo, A. (1998). Mantenimiento Industrial. Universidad del Zulia. Maracaibo. 100 p.

Pesantez, E. 2007. Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo de una máquina empacadora de camarones. Trabajo especial de grado. Escuela Superior del Litoral. 260p.

Quiroga, A (1996) Gerencia de Mantenimiento. FUNINDES-USB. Caracas Venezuela. 55 p.

Rodríguez, H. (2014). Diseño de un Plan de Mantenimiento preventivo para Instalaciones Industriales de Bombeo de Agua Potable. Trabajo Especial de Grado no publicado. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas. 88 p.

Sabino, C. (2007). El proceso de investigación. Una introducción teórico-práctica. (3ª. ed.). Caracas: Panapo. 151 p.

Tamayo y Tamayo, M. (2007). El proceso de la investigación científica. (4a ed.). México: Limusa Noriega Editores. 440 p.

Zambrano, S, Leal, S. (2005). Fundamentos básicos de mantenimiento. FEUNET. 45 p.