



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA
LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS**

Byron Rafael Ajanel González

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, febrero 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA
LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

BYRON RAFAEL AJANEL GONZÁLEZ

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

GUATEMALA, FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Fredy Haroldo Gramajo Estrada
EXAMINADOR	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

Guatemala, abril de 2016

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS**, como requisito previo a optar el título de Ingeniero en Industrias Agropecuarias y Forestales, en el grado de licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación me es grato suscribirme

Atentamente,

"ID y ENSEÑAD A TODOS"


BYRON RAFAEL AJANEL GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 30 de septiembre de 2015.
REF.EPS.DOC.681.09.15

Doctor
Ariel Ortiz
Coordinador de la Carrera Ingeniería en
Industrias Agropecuarias y Forestales
Facultad de Agronomía.

Ing. Ortiz.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales, **Byron Rafael Ajanel Gonzáles**, Carné No. **200918283** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 30 de septiembre de 2015.
REF.EPS.D.513.09.15

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Byron Rafael Ajanel Gonzáles** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Silvio J. Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.151.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS**, presentado por el estudiante universitario **Byron Rafael Ajanel González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2015.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.027.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS**, presentado por el estudiante universitario **Byron Rafael Ajanel González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Juan José Feraita Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala




Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 114.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS**, presentado por el estudiante universitario: **Byron Rafael Ajanel González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2016

/gdech





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



No.08.2016

Trabajo de Graduación:

“DETERMINACIÓN DE LA
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN
Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE
EMPAQUE DE SALCHICHAS EN
LA EMPRESA CARGILL
MEATS”

Estudiante:

Byron Rafael Ajanel González

Carné:

200918283

“IMPRIMASE”



Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
DECANO

Edificio T-9, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centro América 01012
Apartado Postal 1545, Teléfonos: (502) 2418-9302 Extensiones 86001 • 86002 • Fax: (502) 2418-9321

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Que es poderoso para hacer todas las cosas mucho más abundantemente de lo que pedimos o entendemos.

Mis padres

Oscar Ajanel y Otilia González, por su apoyo y amor incondicional, su paciencia y sacrificio demostrado todos los días, por enseñarme a inclinar mi oído hacia la sabiduría de Dios.

Mis hermanos

Oscar David y Yesica Ajanel González, por acompañarme y alegrarme en todos los momentos de mi vida, brindarme su amistad y cariño, por motivarme a no desmayar en ningún momento.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas y porque siempre estarás conmigo en cada uno de mis proyectos de vida.
- Mi padre** Oscar Ajanel Ixcoy, por su apoyo, amistad y comprensión en todo momento, por los valores que me ha inculcado y la lucha desinteresada que ha realizado en todo este proceso, que este éxito sea tuyo también.
- Mi madre** Otilia González Pérez, por alimentarme de amor y alegría, vestirme de abrazos y risas, llevarme de la mano con paciencia y sabiduría, por tu ejemplo y sacrificio de vida, lo mejor de todo esto eres tú.
- Mis hermanos** Por ser una de las bases de mi ser, su amistad incomparable, su amor, alegría y apoyo brindado en todo estos años.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por darme la oportunidad de obtener un grado académico y escalar un peldaño más en el campo del conocimiento.

Mis amigos

Por acompañarme en todo momento y brindarme su amistad y apoyo durante todo el proceso de mis estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CARGILL MEATS	1
1.1. Historia de la empresa Cargill Meats	1
1.1.1. Visión	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Principios de la empresa	2
1.2. Política de calidad	2
1.3. Organización de la empresa.....	3
1.3.1. Organigrama.....	5
1.4. Actividades principales	6
1.4.1. Tipos de productos que se elaboran.....	7
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS.....	9
2.1. Diagnóstico de la situación actual	9
2.1.1. Análisis de las condiciones de la maquinaria y equipo.....	12

	2.1.1.1.	Máquina termoformadora de vacío.....	14
	2.1.1.2.	Máquina codificadora	15
	2.1.1.3.	Banda transportadora.....	16
	2.1.1.4.	Detectora de metales	17
2.1.2.		Análisis de la materia prima	18
2.1.3.		Análisis del proceso de empaque.....	22
	2.1.3.1.	Descripción de las estaciones de trabajo	23
2.1.4.		Análisis de los paros y tiempos no productivos	28
2.2.		Determinación de la capacidad y efectividad de la línea de empaque	34
	2.2.1.	Disponibilidad operacional de la línea	34
	2.2.1.1.	Paros obligatorios e inactividad de la línea	34
	2.2.1.2.	Preparación y ajustes por cambio de moldes.....	35
2.2.2.		Fiabilidad de la línea de empaque de salchichas	41
2.2.3.		Tasa de calidad de empaque	45
	2.2.3.1.	Cálculo del tamaño de la muestra	46
	2.2.3.2.	Determinación de la tasa de calidad	47
	2.2.3.3.	Comprobación de la tasa de calidad de la línea de empaque	49
2.3.		Estandarización de la capacidad de la línea de empaque de salchichas	52
	2.3.1.	Determinación de los productos para la realización del proyecto.....	52
	2.3.1.1.	Proceso para la determinación de los productos.....	54

2.3.1.2.	Descripción de los productos seleccionados.....	55
2.3.2.	Procedimiento de toma de tiempos	56
2.3.2.1.	Selección del operario	57
2.3.3.	Tiempos en la línea de empaque de salchichas	57
2.3.4.	Calificación de la actuación del operario	66
2.3.5.	Aplicación de suplementos o tolerancias.....	68
2.3.6.	Balanceo de la línea de empaque	75
2.3.7.	Cálculo de la eficiencia de la línea de empaque.....	80
2.4.	Estandarización de la capacidad de la línea de empaque.....	83
2.5.	Propuesta para mejorar la eficiencia de la línea de empaque de salchichas.....	86
2.5.1.	Programa de mantenimiento preventivo	86
2.5.1.1.	Enfoques del programa de mantenimiento preventivo.....	86
2.5.1.1.1.	Establecer las causas de fallo.....	87
2.5.1.1.2.	Analizar las causas de fallo.....	89
2.5.1.1.3.	Determinar prioridades.....	93
2.5.1.2.	Lubricación del equipo.....	97
2.5.1.3.	Inspección.....	98
2.5.2.	Propuesta para disminuir los tiempos de cambio de moldes	99
2.6.	Costos de las propuestas de mejoras	112
2.6.1.	Costo de la propuesta del programa de mantenimiento preventivo.....	112

2.6.2.	Costo de la disminución de los tiempos de cambio de moldes	113
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DEL MOLINO DE CARNES.....	115
3.1.	Diagnóstico de la situación actual.	115
3.1.1.	Metodología para el estudio del lavado del molino de carnes	115
3.1.1.1.	Descripción del lavado del molino	116
3.2.	Consumo de agua actual	117
3.3.	Análisis del consumo de agua en el lavado del molino	118
3.4.	Propuesta para el plan de ahorro de agua en el lavado del molino de carnes.....	120
3.4.1.	Consumo de agua con equipo propuesto.....	121
3.5.	Comparación de métodos	121
3.6.	Costo del plan de ahorro de agua en el lavado del molino de carnes.	124
4.	FASE DE DOCENCIA. PROPUESTA DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE LA LÍNEA DE LA <i>MIXER</i> DE SALCHICHAS	127
4.1.	Diagnóstico de las necesidades de capacitación	127
4.2.	Descripción del proceso de análisis del personal.....	128
4.3.	Resultados de competencias laborales.....	134
4.4.	Propuesta para el plan de capacitación	135
4.4.1.	Programa de capacitación.....	136
4.4.2.	Cronograma propuesto del plan de capacitación ..	136
4.5.	Costo de la propuesta del plan de capacitación	137

CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	141
BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa Cargill Meats.....	6
2.	Embutido fresco	7
3.	Embutido cocido.....	8
4.	Embutido cocido y ahumados	8
5.	Causas que provocan el incumplimiento en los plazos de entrega.....	11
6.	Formato de la hoja de verificación de las condiciones de las máquinas.....	13
7.	Máquina termoformadora al vacío.....	14
8.	Máquina codificadora de producto	15
9.	Banda transportadora.....	16
10.	Detectora de metales	17
11.	Formato del cuestionario para la evaluación de la materia prima	19
12.	Llenado de buchacas	23
13.	Etiquetado de los productos.....	24
14.	Empacado de los productos en cajas.....	25
15.	Distribución de las estaciones de trabajo	25
16.	Formato para la evaluación del proceso de empaque de la línea de salchichas	27
17.	Reporte de tiempos muertos	31
18.	Causas de la inactividad de la línea de empaque de salchichas	33
19.	Hoja de observación para el cambio de moldes.....	36
20.	Curvas de tasa de fallos.....	42
21.	Reporte de los fallos de maquinaria	44
22.	Formato de hoja de registro de producto no conforme.....	48

23.	Resultados de la zona de aceptación de prueba de hipótesis	51
24.	Formato de hoja de verificación del incumplimiento de las órdenes de producción	53
25.	Formato de hoja de registro para la toma de tiempos.....	59
26.	Suplementos asignables al trabajo	70
27.	Tarjeta análisis de problemas	88
28.	Árbol de fallo en los compresores.....	91
29.	Tarjeta de control de fallo	95
30.	Tarjeta de prevención y solución de fallos menores	96
31.	Diagrama de operación con método actual	105
32.	Diagrama de operación con método propuesto	110
33.	Formato para el control del consumo agua actual	117
34.	Lista de comprobación para el análisis	119
35.	Comparación de consumo de agua	123
36.	Proceso de identificación de las necesidades de capacitación.....	129
37.	Cronograma de actividades del plan de capacitación.....	137

TABLAS

I.	Listado de los problemas de la materia prima y embalaje	18
II.	Factores que provocan la inactividad de la línea de empaque de salchichas	32
III.	Descripción de las horas netas disponibles para la línea de empaque.....	40
IV.	Defectos presentes en los productos.....	49
V.	Productos que incumplieron en las órdenes de producción.....	55
VI.	Número de ciclos a observar según el criterio de General Electric.....	58
VII.	Tiempos observados del producto 1033	60
VIII.	Tiempos observados del producto 1025	61

IX.	Tiempos observados del producto 1001	62
X.	Cálculo del tamaño de muestras a cronometrar del producto 1033	64
XI.	Cálculo del tamaño de muestras a cronometrar del producto 1025	65
XII.	Cálculo del tamaño de muestras a cronometrar del producto 1001	65
XIII.	Calificación de la actuación.....	68
XIV.	Calificación de los operarios de la línea de empaque de salchichas ...	71
XV.	Tolerancias aplicadas al personal	72
XVI.	Tiempo estándar del producto 1033.....	73
XVII.	Tiempo estándar del producto 1025.....	74
XVIII.	Tiempo estándar del producto 1001	74
XIX.	Cálculo de números de operarios para el producto 1033.....	77
XX.	Cálculo de números de operarios para el producto 1025.....	77
XXI.	Cálculo de números de operarios para el producto 1001.....	78
XXII.	Total de operarios para empacar el producto 1033.....	78
XXIII.	Total de operarios para empacar el producto 1025.....	79
XXIV.	Total de operarios para empacar el producto 1001.....	79
XXV.	Determinación del tiempo estándar permitido producto 1033	81
XXVI.	Determinación del tiempo estándar permitido producto 1025	81
XXVII.	Determinación del tiempo estándar permitido producto 1001	82
XXVIII.	Capacidad de la línea por producto	85
XXIX.	Capacidad mínima esperada de los productos	85
XXX.	Símbolos utilizados en los árboles de fallos.....	90
XXXI.	Descripción y clasificación de los sistemas.....	92
XXXII.	Identificación de los fallos según su sistema.....	93
XXXIII.	Clasificación de niveles de fallas.....	94
XXXIV.	Etapas de la metodología SMED	99
XXXV.	Número de ciclos a observar según el criterio de General Electric....	101
XXXVI.	Tiempo observados del cambio de moldes método actual.....	102
XXXVII.	Cálculo del tamaño de muestras	104

XXXVIII.	Problemas que provocan demora en el cambio de molde	106
XXXIX.	Separación de las operaciones del proceso de cambio de moldes	107
XL.	Tiempo observados del cambio de moldes método propuesto	109
XLI.	Costo de la propuesta de mantenimiento preventivo	113
XLII.	Costo de la propuesta de reducción de los tiempos de cambio de moldes	114
XLIII.	Consumo de agua método actual	118
XLIV.	Consumo de agua método propuesto	121
XLV.	Comparación de métodos en consumo de agua	122
XLVI.	Comparación de métodos en tiempos de lavado	124
XLVII.	Costo del plan de ahorro de agua	125
XLVIII.	Competencias laborales y nivel mínimo de conocimiento	128
XLIX.	Cuestionario para análisis de conocimiento del puesto	130
L.	Resultados de competencias laborales	134
LI.	Costos para el desarrollo de la capacitación	138

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BPM	Buenas prácticas de manufactura
S	Desviación estándar
E	Eficiencia
K	Error a utilizar
F	Factor de actuación
Fc	Factor de calificación
GL(t)	Grados de libertad
Gal	Galones
λ	Lambda
d²	Margen de error permitido
min	Minutos
Mp	Minutos estándar permitidos
N	Número total de observaciones
n	Número de observaciones de la muestra
p	Probabilidad de interés
\bar{x}	Promedio
Q	Quetzales
Sup	Suplementos
T.p	Tiempo de la actividad
Tc	Tiempo cronometrado
Te	Tiempo estándar
Tm	Tiempo de cambio de molde
Tn	Tiempo normal

Xi	Tiempo de la actividad
S²	Varianza
Z²	Valor crítico

GLOSARIO

BPM	Buenas prácticas de manufactura, son todos los principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, almacenamiento y distribución de alimentos para consumo humano, con el objetivo de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos de contaminación en los alimentos.
Buchaca	Bolsa formada por la máquina termoformadora donde se colocan las salchichas.
Consistencia del operador	Factor de Westinghouse que influye en la calificación de la actuación del operador, evaluado como: aceptable, normal, bueno, excelente.
Disponibilidad	Tiempo específico que la línea permanece operando con el fin de completar con sus tareas.
Destreza	Habilidad de un operario determinada por la experiencia y sus aptitudes inherentes, como la coordinación natural y el ritmo de trabajo
Efectividad	Capacidad de lograr un efecto deseado o esperado.

Eficiencia de la línea	Relación entre los recursos óptimamente empleados y los recursos disponibles en una línea de producción.
Esfuerzo	Voluntad que demuestra el operario para trabajar con eficiencia, dentro de los límites impuestos por su habilidad.
Estandarización	Proceso mediante el cual se pretende estandarizar o unificar las características de una actividad, producto o procedimiento.
Estudio de tiempos	Técnica de medición del trabajo, empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida.
Fatiga	Disminución de la capacidad de trabajo.
Fiabilidad	Probabilidad de que un sistema, aparato o dispositivo cumpla una determinada función bajo ciertas condiciones durante un tiempo determinado.
Método	Técnica empleada para realizar una operación.
Observador	Persona o analista que toma y registra los tiempos de operación y posteriormente analiza los datos para evaluar y calificar los tiempos observados.

Proceso	Serie de operaciones que logran el avance del producto hacia el tamaño, forma y especificaciones finales.
Reempaque	Producto que fue empacado pero, por incumplir con las características de calidad específicas en el empaque, se vuelve a empaçar.
Sanitización	Acto de reducir el número de microorganismos a niveles aceptables en superficies limpias.
SMED	Herramienta que permite reducir los tiempos de alistamiento y cambio de equipo necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro.
Tasa de calidad	Relación de producto que se obtiene con las características de calidad definidas con el producto total que se produce en la línea
Tasa de fallo	Característica de la fiabilidad que se puede interpretar como la velocidad a la que se producen los fallos, la fracción de unidades de un producto que fallan por unidad de tiempo.
Tiempo estándar	Valor en unidades de tiempo para una tarea, determinado con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado.

Tiempo normal

Tiempo requerido para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales o por circunstancias inevitables.

Tiempo observado

Tiempo elemental de un ciclo obtenido ya sea de manera directa o con la resta de observaciones sucesivas.

RESUMEN

El área de empaque de la empresa Cargill Meats ha incumplido en los tiempos de entrega de sus productos, debido a que el proceso de la línea de empaque de salchichas está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio y específico que hace que el tiempo de empackado de sus diferentes productos varíe y, en consecuencia, los tiempos de programación no están establecidos o estandarizados correctamente. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar los tiempos de empackado para los diferentes productos, la capacidad de empaque de la línea y crear una propuesta para el mejoramiento de la eficiencia de la línea.

Para determinar la capacidad de la línea de empaque de salchichas y establecer los tiempos de empackado para la programación de los volúmenes de producción, se llevó a cabo un estudio de la disponibilidad del tiempo operacional, la tasa de calidad y la capacidad real de empackar de la línea. Se realizó un estudio de tiempos a los operarios de la línea, la muestra o el número de ciclos a observar se determinaron por medio de la tabla General Electric, por lo que se estableció realizar 15 observaciones; la calificación del operario se realizó por el sistema Westinghouse. Los suplementos asignados a los operarios se basaron en el sistema de suplementos por descanso expresado en porcentaje de los tiempos normales, los cuales determinaron el tiempo estándar para realizar cada actividad.

En el cálculo de la tasa de calidad de la línea de empaque se realizó una prueba de hipótesis a una muestra de 1 825 paquetes, la cual determinó que la línea de empaque tiene una tasa de calidad mayor al 95 %.

Para desarrollar la propuesta de mejoramiento de la línea de empaque de salchichas se realizó un diagrama de Pareto, con el fin de determinar los factores vitales que provocan la baja productividad de la línea y así asignar las prioridades y esfuerzos para la solución de los problemas importantes.

Como resultado del estudio y análisis del diagrama de Pareto, se estableció que uno de los factores que provocan baja efectividad en el tiempo de producción son los cambios de moldes, con un tiempo de duración de una hora y dieciséis minutos por turno de producción. Se propuso como objetivo una reducción en el tiempo de esta actividad utilizando la técnica SMED, la cual llevó a una mejora del 3,31 % del tiempo programado, que representa un aumento de tiempo disponible para empacar de 21,80 minutos.

Otro de los aspectos desarrollados en este trabajo fue la creación de la propuesta para la disminución del consumo de agua en el lavado del molino de carnes, ya que el consumo de agua en la industria de embutidos es cada vez mayor y es un recurso de suma importancia, no solo para la industria sino para la humanidad. Además, se diseñó un plan de capacitación para el personal operativo de la *mixer* de salchichas, con el fin de detectar las áreas donde el personal se muestra deficiente en los conocimientos que deben ser aplicados en el puesto de trabajo y en distintas áreas de la planta de producción.

OBJETIVOS

General

Estandarizar los tiempos de empaque de cada producto para cumplir con los tiempos de entrega y volúmenes de producción establecidos por la empresa Cargill Meats.

Específicos

1. Identificar las causas principales que disminuyen la capacidad de la línea de empaque de salchichas y el incumplimiento de los volúmenes de producción.
2. Establecer los tiempos estándar de cada actividad del proceso de empaque para los diferentes productos de la línea de salchichas.
3. Realizar un balance de la línea de empaque de salchichas para cada uno de los productos.
4. Determinar la capacidad de la línea para empaquetar los diferentes productos.
5. Diseñar una propuesta para incrementar la capacidad de la línea de empaque de salchichas.

6. Realizar una propuesta para el ahorro en el consumo de agua en el lavado del molino de carnes en la empresa Cargill Meats.
7. Diseñar un plan de capacitación para el personal que realiza las pastas de las diferentes salchichas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a la alta competitividad que existe en el sector de embutidos, es necesario conocer los tiempos y la capacidad de las líneas de producción para planificar y cumplir con puntualidad los plazos de entrega a los diferentes clientes y brindar un buen servicio.

El presente trabajo ha sido elaborado con el propósito de determinar la capacidad, los tiempos de empaque y la eficiencia de la línea para planificar las órdenes de producción, estimar los tiempos de operación de la línea y cumplir con los plazos de entrega de los productos, además de crear una propuesta para mejorar la eficiencia de la línea de empaque.

El trabajo se dividió en tres fases: técnico profesional, investigación y docencia. En la fase de servicio técnico profesional, se llevó a cabo el desarrollo del tema: determinación de la capacidad de producción y mejoras en la línea de empaque de salchichas en la empresa Cargill Meats. Este se inició con la comprensión del panorama de la situación actual de la línea, la descripción de forma general de las actividades principales y operaciones del proceso productivo, análisis de los factores que provocan la baja eficiencia del proceso de empaque por medio de los diagramas de Ishikawa y de Pareto, con lo que se definió elaborar un estudio de tiempos y efectividad de la línea con el método actual de empaque.

Para la realización del estudio de tiempos, se dividió el proceso en elementos, se realizaron lecturas por medio del método continuo. Se calificó al operario y se agregaron suplementos a los tiempos normales. Para el cálculo de

la efectividad de empaque de la línea, se realizó un muestreo y prueba de hipótesis para determinar el porcentaje de producto que no cumple con los estándares de calidad definidos por la empresa. Para mejorar la eficiencia de la línea y disminuir los tiempos de cambio de moldes, se utilizó la técnica SMED, la cual consistió en describir y analizar las operaciones de la actividad, separar las tareas internas y externas, y eliminar las que provocan demoras o tiempos improductivos en la operación.

En la fase de investigación se elaboró una propuesta para la reducción del consumo de agua, realizando un análisis del proceso del lavado del molino de carnes, describiendo las actividades que se realizan en el proceso, los pasos y la duración del mismo. Además, se muestran los formatos y cálculos para determinar el consumo de agua que actualmente son utilizados, se hace un estudio para determinar la posibilidad de reducir el consumo de agua y lograr un ahorro de este recurso en este proceso.

En la fase de docencia se estructuró un plan de capacitación al personal de la *mixer* de salchichas, realizándose un diagnóstico de las necesidades de capacitación por medio de la evaluación de los trabajadores según los conocimientos que deben aplicar en el puesto de trabajo y en las áreas de producción. La evaluación se efectuó por cuestionario para detectar las áreas donde el personal se muestra deficiente y proponer una capacitación según las necesidades determinadas.

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CARGILL MEATS

1.1. Historia de la empresa Cargill Meats

La empresa Cargill Meats fue fundada en octubre de 1954 en la 4a. calle y 9a. avenida, zona 1 de Guatemala. Su negocio es la elaboración, distribución y venta de una gran variedad de embutidos, tanto crudos como cocidos, con procesos certificados que rigen las normas higiénicas de manejo de alimentos y ambientales, tanto nacionales como internacionales, ofreciendo productos de la más alta calidad¹. A lo largo del tiempo, la empresa ha mantenido el liderazgo en el mercado nacional y ha logrado exportar a diferentes países.

La empresa de embutidos fue la primera en tecnificarse en sus procesos de elaboración y fue pionera en el grupo de productos de consumo masivo introducidos al mercado nacional, incorporando posteriormente jamones, salchichones, salamis, patés, tocino, mortadela y otros. Debido a que la demanda aumentaba y se hacía necesario más espacio para el área de producción, en 1965 la empresa se trasladó a la 33 calle 0-73 zona 3, que es la dirección actual.

1.1.1. Visión

“En el 2025 seremos reconocidos como la marca preferida de los guatemaltecos en el sector de embutidos, por ser innovadores y por contar con personal comprometidos que juntos logran cosas extraordinarias”².

¹ Cargill Meats. *Folleto de inducción*.

² Cargill Meats. *Manual de procedimiento*. p. 2.

1.1.2. Misión

“En el 2025 duplicaremos el tamaño de nuestra unidad de negocios deleitando a los clientes y consumidores de alimentos a través de nuestro servicio, innovación y prestigio de nuestras marcas.”³

1.1.3. Principios de la empresa

La empresa aumenta su confiabilidad al aplicar los siguientes principios:

- Comunicación interna y externa
Comunicamos todo de manera, sencilla, precisa y personalizada.
- Creatividad e Innovación
Compartimos juntos las necesidades de nuestros clientes, para crear nuevas formas rentables de satisfacción.
- Cumplimiento
Entregamos lo acordado a tiempo excediendo las expectativas.
- Cabalidad
Hacemos todo con exactitud y terminamos con precisión aquello con los que nos comprometemos cuidando los detalles.⁴

1.2. Política de calidad

En la empresa Cargill Meats nos dedicamos a la producción y distribución de diferentes tipos de embutidos de óptima calidad, que excedan las exigencias de nuestros clientes.

³ Cargill Meats. *Manual de procedimiento*. p. 2.

⁴ Cargill Meats. *Manual de procedimiento*. p. 6.

Manifestamos mediante firme compromiso la satisfacción permanentemente de los requerimientos y expectativas de nuestros clientes, para ello garantizamos impulsar una cultura de calidad basada en la honestidad y liderazgo a través de todos los departamentos que hacen posible el compromiso final que son nuestros clientes.

Buscamos la excelencia en nuestros procesos mediante el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos y la importancia del control de la calidad, día a día nos esforzaremos en adecuarnos a los cambios de las tendencias tecnológicas alimentarias y a mejorar continuamente nuestros procesos.⁵

1.3. Organización de la empresa

Dentro de la empresa Cargill Meats existen diversos departamentos, los cuales se dividen en áreas para lograr el cumplimiento de las metas y objetivos de la organización. Dichas áreas comprenden actividades, funciones y labores homogéneas que a continuación se describen:

- Dirección/Gerencia: marca los objetivos estratégicos a alcanzar por la empresa y funcionales a alcanzar por cada departamento. Supervisa y coordina su cumplimiento, asignando recursos y presupuestos para cada uno.
- Departamento de Recursos Humanos: gestiona a las personas para garantizar el cumplimiento de las distintas funciones en cada jornada y que los puestos estén siempre cubiertos, aplica las fórmulas de contratación más adecuadas en cada caso, remunera a los trabajadores y los mantiene motivados.

⁵ Cargill Meats. *Políticas de la empresa*. p. 3.

- Departamento de Producción: sus funciones son diseñar el producto, planear y controlar la producción, elegir el sistema de producción, elaborar el producto con los estándares requeridos del Departamento de Calidad. Este departamento se divide en tres áreas que a continuación se describen:
 - Área de producción: en esta área, los trabajadores se encargan directamente de la elaboración del producto, mezclan la materia prima y la procesan en las máquinas respectivas para producir el producto.
 - Área de empaque: en esta área, los trabajadores se encargan de empaquetar el producto, utilizando las respectivas máquinas. El traslado de los productos del área de producción al área de empaque se realiza por medio del área de transición, donde se colocan los productos para su respectivo proceso de empaquetado.
 - Área de taller y mantenimiento: esta área está encargada del mantenimiento correctivo de las fallas técnicas en la maquinaria y equipo, además de realizar el mantenimiento preventivo para evitar los paros prolongados por fallas en la maquinaria.
- Departamento de Finanzas: este se encarga de obtener financiamiento (interno y externo), formular presupuestos, determinar costos, realizar operaciones, determinar quienes obtendrán créditos, cobrar, facturar, manejar efectivo y archivar.

- Departamento de Logística: se encarga de todo lo relacionado a la planificación y control de las materias utilizadas en la elaboración de los productos para que se pueda cumplir con las exigencias de la producción, además del análisis estratégico de la distribución de los productos a los clientes.
- Departamento de Aseguramiento de Calidad: se asegura de que el Departamento de Producción o los procesos con los que trabajan cumplan con los requerimientos mínimos de calidad, verificando las especificaciones establecidas desde el ingreso de las materias primas hasta la distribución de los productos terminados.

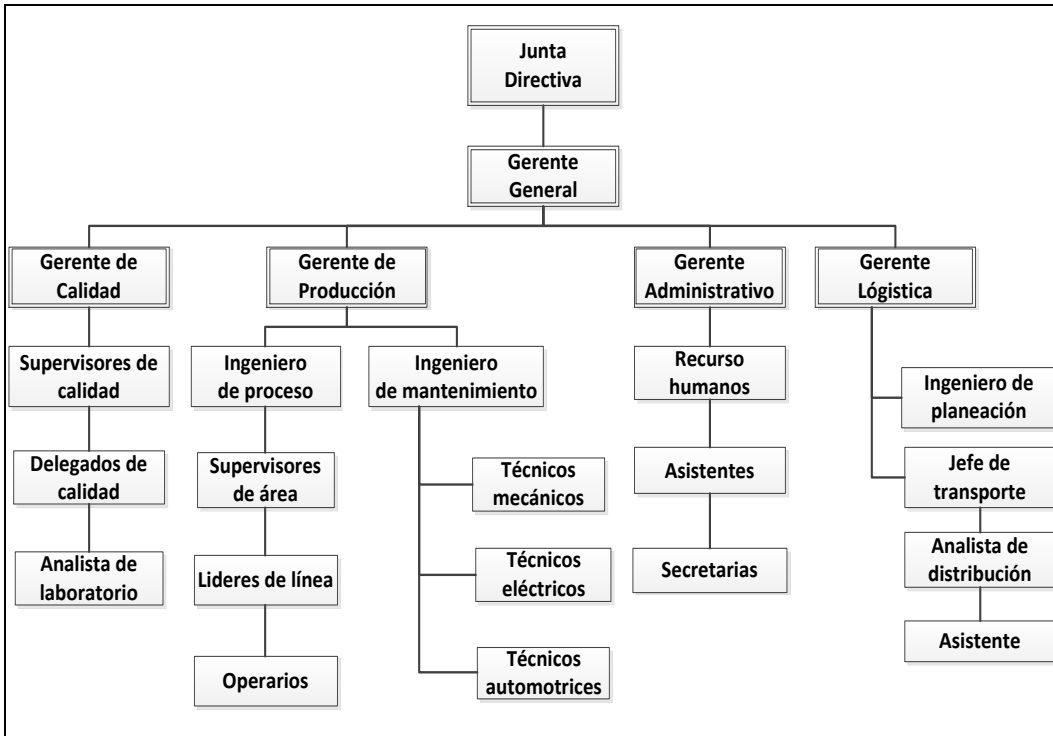
1.3.1. Organigrama

Esta empresa se basa en cinco pilares para su desempeño óptimo: integridad y ética, respeto por los demás, deleitar al cliente, seguridad y pasión por el éxito, por lo que cuenta con una estructura organizacional sólida que orienta todos sus esfuerzos a la realización eficiente de los objetivos que se ha propuesto⁶.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos, la empresa presenta una estructura jerárquica descendente conocida como organización vertical, por lo que a continuación se presenta el organigrama de tipo vertical de la empresa.

⁶ Cargill Meats. *Políticas de la empresa.*

Figura 1. Organigrama de la empresa Cargill Meats



Fuente: Cargill Meats.

1.4. Actividades principales

“La actividad principal que cubre la compañía como empaçadora de embutidos es la elaboraci3n de salchichas, jamones, chorizos, longanizas y otras variedades que se distribuyen a nivel nacional a trav3s de sus flotillas de distribuci3n”.⁷

⁷Cargill Meats. *Folleto de inducci3n*. p. 2.

1.4.1. Tipos de productos que se elaboran

Los embutidos que se elaboran en la empresa se dividen en diferentes clases como: frescos, cocidos, cocidos y ahumados, a continuación se describen los diferentes productos.

- Embutidos frescos (chorizos, longanizas): realizadas con carne fresca picada, no están curadas, llevan condimentos y suelen estar embutidas en tripas, a esto productos no se le ha realizado ningún tipo de tratamiento térmico.⁸

Figura 2. **Embutido fresco**



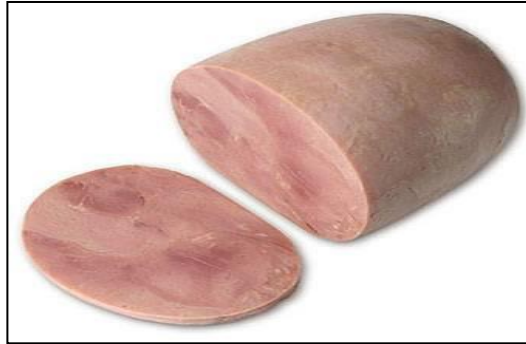
Fuente: Cargill Meats.

- Embutidos cocidos (mortadela, embutidos de hígado y variedad de jamones): pueden estar curados o no, la carne está picada, condimentada, embutidas en las tripas, son productos cocidos debido al proceso térmico al que son sometidos.⁹

⁸Cargill Meats. *Manual de procedimiento*.

⁹Ibid.

Figura 3. **Embutido cocido**



Fuente: Cargill Meats.

- Embutidos cocidos y ahumados (salami, salchichas Frankfurt, jamón de pollo, jamón de cerdo, jamón de pavo, entre otros): son carnes curadas y picadas, condimentadas, embutidas en las tripas, ahumadas y cocidas, por lo que no necesitan ser tratados posteriormente¹⁰.

Figura 4. **Embutido cocido y ahumados**



Fuente: Cargill Meats.

¹⁰Cargill Meats. *Manual de procedimiento*. p. 7.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y MEJORAS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS EN LA EMPRESA CARGILL MEATS

2.1. Diagnóstico de la situación actual

El Departamento de Producción de la empresa Cargill Meats ha observado que el área de empaque no ha cumplido con los volúmenes de producción que se programan en la línea de salchichas, provocando demoras en los plazos de entrega de sus productos. Por esta razón, se realizaron entrevistas no estructuradas a la Gerencia y al supervisor del área de empaque, para que informaran de la problemática y se tuviera mayor conocimiento del problema. Mediante el diálogo, se definió que la capacidad de empaque no está estimada correctamente y que existen factores que provocan la baja eficiencia de la línea.

Para generar más ideas, ampliar la información e identificar las posibles fuentes que provocan el problema de la línea, se decidió utilizar la técnica de lluvias de ideas. Para esto, se formó un equipo de trabajo conformado por el supervisor del área, líder de la línea y los dos operarios de mayor experiencia. Para la ejecución del proceso de lluvias de ideas se realizó lo siguiente:

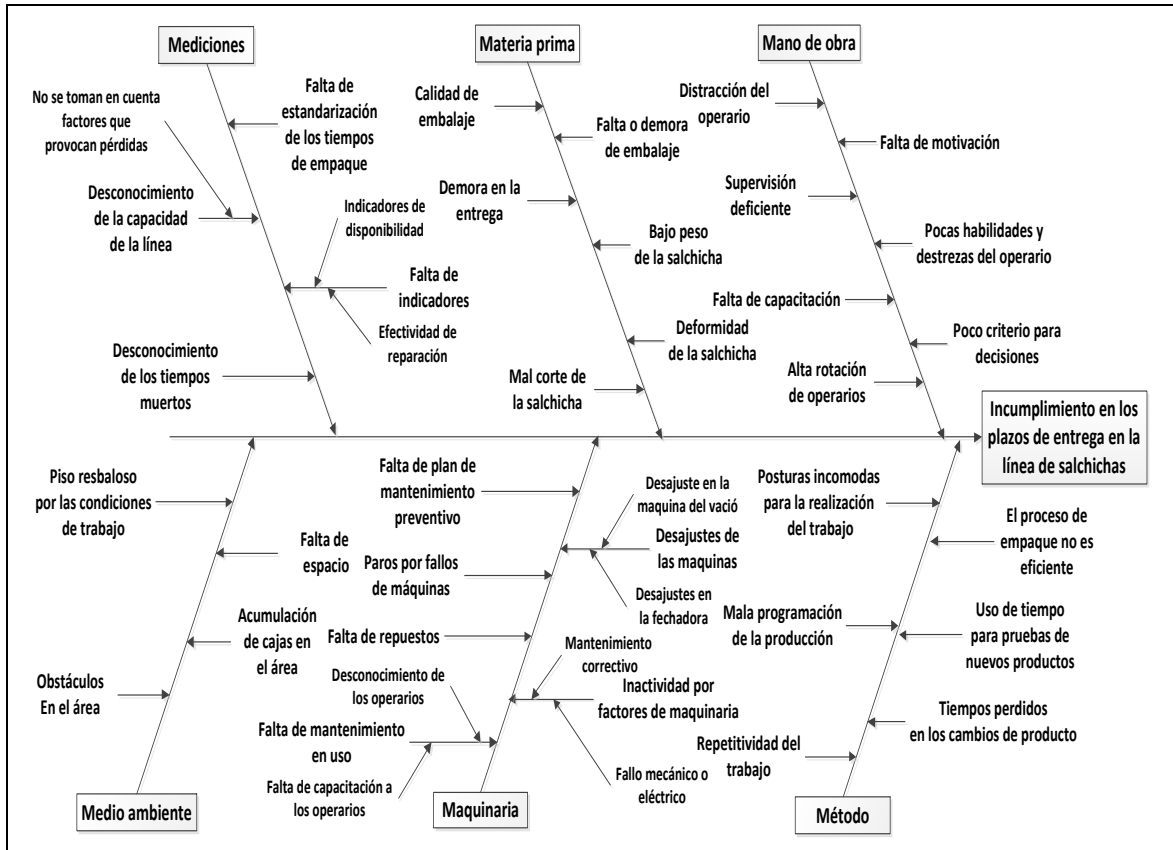
- Seleccionar a alguien para que fuera el facilitador y anotador de las ideas.

- Comentar las reglas conceptuales antes de iniciar el proceso de aportación (no se admiten críticas, comentarios a las ideas ajenas y la forma de realizar las aportaciones).
- Definir la frase que representa el problema y el asunto de discusión
- Escribir en el cartel a trabajar la frase que representa el problema y el asunto de discusión.
- Escribir cada idea en el menor número posibles de palabras

El equipo de trabajo acordó que la frase que representa el problema es el incumplimiento en los plazos de entrega en la línea de salchichas. Luego, el proceso de aportación de ideas inició con preguntar a cada uno de los integrantes cuáles son los factores que provocan los incumplimientos en la línea, discutir sobre el método para realizar el empaque de los productos, si se cumplía el proceso conforme a los manuales de procedimiento, las causas que provocaban los fallos de maquinaria, las demoras que ocurrían en el proceso, los factores que limitaban el trabajo, si veían deficiencias en el área de trabajo, si la ejecución del trabajo provoca molestias, la motivación de los operarios para la realización del trabajo, entre otros. Se anotó cada una de las aportaciones de los integrantes del equipo, para entender mejor la situación de la línea de empaque.

Luego de haber realizado el proceso de aportación, se tomaron todas las ideas que surgieron, se eliminaron los conceptos repetidos y se relacionó cada uno para clasificar y presentar de una mejor manera las opiniones. En la figura 5 se muestra el resultado obtenido de la mesa de trabajo.

Figura 5. **Causas que provocan el incumplimiento en los plazos de entrega**



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior, existen diferentes causas que pueden provocar que la línea de empaque de salchichas no cumpla con los volúmenes de producción programados para la jornada laboral (ver anexo 1), como: paros por fallos de maquinaria, mala programación de la producción, desconocimiento de los tiempos muertos, desconocimiento de la capacidad de la línea, entre otros. Para comprender mejor los factores y las condiciones en las que se realiza el proceso de empackado se analizará cada uno de estos factores.

2.1.1. Análisis de las condiciones de la maquinaria y equipo

Según lo establecido en la mesa de trabajo, los paros provocados por las fallas de las máquinas son una de las causas que ocasionan que la línea de empaque de salchichas incumpla con los volúmenes de producción programados. Para determinar si las máquinas están en buen estado, se realizó una inspección visual como análisis.

La línea de empaque de salchichas está conformada por una máquina termoformadora de vacío, una fechadora, una detectora de metales y bandas transportadoras. Se realizó una hoja de verificación para obtener información de las condiciones actuales de las máquinas.

Para elaborar la hoja de verificación, se entrevistó al mecánico de mayor experiencia para que definiera los aspectos o puntos que se deben revisar al momento de realizar una inspección visual, obteniéndose el siguiente procedimiento:

- Obtener información de los aspectos a verificar en una inspección visual de las condiciones físicas de las maquinarias.
- Convertir los aspectos o puntos a verificar en preguntas
- Diseñar el formato de la hoja de verificación que facilite la obtención de la información.

Luego de haber realizado la hoja de verificación, se pidió el apoyo de un mecánico para tener un soporte técnico al momento de realizar la inspección visual, con el fin de tener más criterio en la evaluación de las condiciones de las máquinas. A continuación, en la figura 6, se presenta la hoja de verificación diseñada para la obtención de la información.

Figura 6. **Formato de la hoja de verificación de las condiciones de las máquinas**

		Empresa Cargill Meats HOJA DE VERIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LAS MAQUINAS			EV-MANT-0025 Elab.: Byron Ajanel Octubre 2014
		Línea auditada: Empaque de salchichas		Fecha de realización:	
Máquina:		Tipo de auditoría: Interna			
Auditor:		Vo.Bo. de Mantenimiento:			
OBJETIVO: Verificar las condiciones y detectar anomalías de las máquinas para reducir los paros y severidad de los fallos.					
PUNTO A COMPROBAR		Sí	No	N/A	OBSERVACIONES
1. ¿La máquina tiene el equipo de protección en buen estado?					
2. ¿Existe alguna fuga de aceite o liquido?					
3. ¿Es adecuado el nivel de aceite de la máquina?					
4. ¿Existe algún ruido extraño al momento del arranque o en el funcionamiento de la máquina?					
5. ¿Se observa corrosión o algún defecto físico de la maquina?					
6. ¿Se observan cables eléctricos desnudos?					
7. ¿Están en buen estado los empaques que no permiten la entrada de agua?					
8. ¿Existe un calentamiento irregular por parte de la máquina? ¿En qué parte?					
9. ¿Las mangueras y conexiones de las máquinas accionadas por aire comprimido están en buenas condiciones?					
10. ¿Se observa un riesgo antes, durante o después del arranque de la máquina?					
11. ¿Están las guardas de seguridad en buen estado?					
12. ¿Funciona correctamente el dispositivo de paro instantáneo?					
13. ¿Está el área de la máquina libre de cualquier objeto que provoque daño a la máquina o al personal cuando está en funcionamiento?					
RECOMENDACIONES: _____ _____ _____					

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber realizado la inspección visual, se muestra a continuación la descripción de las máquinas y los resultados obtenidos de la hoja de verificación.

2.1.1.1. Máquina termoformadora de vacío

La termoformadora es una máquina compacta totalmente automática. Ocupa una superficie de 7,5 metros cuadrados y posee un diseño higiénico, es una máquina polivalente de altas prestaciones, ya que se adapta a diferentes tipos de moldes para diversificar las presentaciones (ver figura 7).

Figura 7. **Máquina termoformadora al vacío**



Fuente: Cargill Meats.

Luego de haber descrito la máquina, estos son los resultados observados durante la inspección visual: la máquina no presenta corrosión en ninguna de sus partes, los empaques de la pantalla de controles están en buenas condiciones lo que impide la entrada de agua al momento de lavarla y que no ocasione daños a la tarjeta PLC y al sistema eléctrico, no existe presencia de ruido extraño ni sobrecalentamiento en las partes eléctricas.

Además, se observó que todos los operarios no tuvieron complicación al momento de operar la termoformadora y que la sanitización de la máquina no provoca demora debido al diseño y material que está hecha, por lo que se concluye que la máquina está en buenas condiciones para su operación.

2.1.1.2. Máquina codificadora

La codificadora o impresora se utiliza para agregar la fecha de vencimiento y el código de trazabilidad del producto. Según los registros del Departamento de Calidad (ver anexo 2) la fecha ilegible es uno de los factores que provoca el reempaque de los productos, pero, según la inspección visual, la máquina dispara la tinta en el momento en que el paquete pasa en el sensor óptico y la boquilla dispara correctamente la tinta, en la figura 8 se observa la máquina.

Figura 8. **Máquina codificadora de producto**



Fuente: Cargill Meats.

El problema de la codificadora no se debe a fallos mecánicos o estado de la máquina, ya que se observa que está en buenas condiciones. El problema se da por las condiciones ambientales (humedad y temperatura), los cuales hacen que se condense la humedad en la boquilla que dispara la tinta, provocando que la información no sea legible para el consumidor. Se concluye que esta máquina está en óptimas condiciones.

2.1.1.3. Banda transportadora

La banda es utilizada para transportar continuamente los productos provenientes de la termoformadora hasta el área de entarimados, facilita a los operarios el transportar los productos empacados, no necesita de altos conocimientos operacionales para operarla. Según la inspección, su estructura y su motor no presentan oxidación ni ningún otro defecto que provoque problemas para el incumplimiento de las órdenes de producción, en la figura 9 se observa el equipo.

Figura 9. **Banda transportadora**



Fuente: Cargill Meats.

2.1.1.4. **Detectora de metales**

Sirve para eliminar los productos que presentan partículas metálicas, al momento de detectar algún producto automáticamente se saca este de la banda transportadora. Esta máquina es nueva, tiene dos años, de uso por lo que no se detectó ningún daño físico ni eléctrico que provoque los problemas de incumplimiento de los volúmenes de producción programados.

Figura 10. **Detectora de metales**



Fuente: Cargill Meats.

Según la inspección visual no se encontró deterioro o daño físico en ninguna de las máquinas, estas están en buenas condiciones para su uso, pero se realizará un análisis más detallado de los paros de las máquinas para determinar su eficiencia y disponibilidad para cumplir las órdenes de producción.

2.1.2. Análisis de la materia prima

El equipo de trabajo, por medio de la lluvia de ideas, determinó que existen factores relacionados con las características físicas de la salchicha y al embalaje que provocan que los operarios no cumplan con el volumen de producción programados. Para obtener información y determinar si estos factores son de gran significancia en el incumplimiento en los plazos de entrega de los productos, se decidió usar un cuestionario como herramienta para la evaluación.

Las preguntas que se realizaron eran directas y estaban basadas según los elementos determinados en el listado de factores obtenidos en la mesa de trabajo y criterio propio. A continuación se muestra, en la tabla I, el listado de los problemas que se establecieron en la mesa de trabajo.

Tabla I. Listado de los problemas de la materia prima y embalaje

Defectos de la salchicha
Variación del peso
Deformidad del producto
Mal corte de salchichas


Problemas del embalaje
Calibre del embalaje
Calidad de etiquetas
Falta de empaque y etiquetas
Falta de inventario
Falta de identificación del film

Otros problemas
Falta de identificación del producto
Demora en la entrega del producto
Demora en la entrega del embalaje

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra en la figura 11 el cuestionario desarrollado para la evaluación de los factores de la materia prima y embalaje que influyen en el incumplimiento de las órdenes de producción.

Figura 11. Formato del cuestionario para la evaluación de la materia prima

	Empresa Cargill Meats CUESTIONARIO PARA EL ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA	CP-EMP-PRO-1003 Elab.: Byron Ajanel Octubre 2014
	Línea auditada: Empaque de salchichas	Fecha de realización: 2-oct-2014
Responsable: Byron Ajanel	Tipo de Auditoría: Interna	
OBJETIVO: Obtener información de los factores relacionados a las características físicas de la salchicha que influyen en el incumplimiento de los plazos de entrega de los productos y su gravedad.		

INSTRUCCIONES: Contestar de forma clara y concisa la serie de preguntas que se presenta a continuación, por favor sea objetivo.
Puesto del encuestado:
MATERIA PRIMA
1. ¿Considera que el mal corte de salchicha provoca una demora al llenado de las buchacas? Si _____ No _____ ¿Porque? _____
2. ¿El bajo peso y la deformidad de la salchicha es problema para el empaque del producto? ¿Cuántas veces ha ocurrido este problema en el año? Si _____ No _____ ¿Cuánto? _____
3. ¿Existe retraso en la entrega de los productos por parte del área de producción? Si _____ No _____ ¿Porque? _____
4. ¿La calidad del film ocasiona problema a la línea? Si _____ No _____ ¿Porque? _____
5. ¿Cuál problema cree usted que ocasione mayor impacto en la productividad de la línea cuando no se identifica la salchicha? (marque con una X) • Demora debido a la confusión del producto • No se empaqa la cantidad correcta del producto (no se cumple con lo programado) • Reempaque del producto (por presentación de producto incorrecta)
6. ¿Cuántas veces al año ocurre el problema de identificación del producto? _____

Fuente: elaboración propia.

Para no afectar la productividad en la línea de empaque de salchichas, el cuestionario se realizó al supervisor del área de empaque y al líder de la línea. Estas dos personas tienen el conocimiento y la experiencia necesarios para brindar información acerca del tema, los resultados obtenidos de esta actividad se muestran a continuación.

Los cuestionarios que completaron el supervisor del área de empaque y el líder de la línea muestran resultados similares, por lo que se unificó la información obtenida. Los resultados son los siguientes:

- Según la experiencia de los entrevistados, el mal corte de las salchichas provoca una demora mínima al proceso de empaquetado y no es un factor relevante para el incumplimiento de los volúmenes de producción programados.
- Cuando el lote de salchicha tiene bajo peso sí es un factor que provoca una demora significativa, porque se pierde tiempo en decidir si el Departamento de Calidad libera el producto para su empaquetado. Si existe liberación del producto, se debe adicionar una o varias unidades, ocasionando un desajuste en la habilidad de empaquetar de los operarios, lo que causa que disminuya la productividad de la línea y en consecuencia, aumente el tiempo para empaquetar. Pero, este problema, según los encuestados, se da 2 a 4 veces por año, ya que en el área de producción se trata de controlar esta variable, por lo que no se considera que este problema sea el que genere el incumplimiento de los volúmenes de producción. Sin embargo, se analizará en el estudio de paros e inactividad de maquinaria para determinar si es o no un factor a considerar.

- Si existe retraso del área de producción en la entrega del producto se trabaja con otro producto, siempre existe un *stock*, por lo que no es factor a considerar.
- Cuando el film no cumple con las características de calidad, se utiliza otro, además el Departamento de Control de Calidad realiza una serie de procesos para disminuir los problemas relacionados a la calidad del embalaje, este factor según los entrevistados no influye en el incumplimiento de la línea.
- El mayor impacto que provoca la no identificación del producto es el reempaque del producto, seguido por el incumplimiento de lo programado. Según los entrevistados, esta causa se da 4 o 6 veces al año y ocurre por descuido del operario que transporta el producto al área de la línea de empaque, para determinar la ocurrencia y la duración que provoca este factor se tomó en cuenta para el análisis de paros e inactividad de maquinaria.

Con la información obtenida en los cuestionarios se determinó que existen problemas relacionados con la materia prima que provocan una baja eficiencia, pero estos no ocasionan el incumplimiento en los volúmenes de producción programados en la línea de empaque de salchichas, por lo que se concluyó que no es factor relevante y que los esfuerzos para su solución no ayudarían a mejorar el problema de los incumplimientos de los plazos de entrega. Sin embargo, se tendrá en consideración para el desarrollo de una propuesta de mejora.

2.1.3. Análisis del proceso de empaque

El proceso de empaque tiene cuatro estaciones de trabajo: llenado de buchacas, etiquetado, embolsado y empacado, pero, por las diferentes presentaciones de los productos que se trabajan en la línea de empaque no todos los productos pasan por las cuatro estaciones de trabajo, debido a que algunos productos por su tamaño o embalaje primario no necesitan pasar por la estación de etiquetado o embolsado.

La diferencia de que algunos productos pasen en la estación de etiquetado se debe al tipo de embalaje utilizado. Existen empaques o films que contiene toda la característica de una etiqueta, por lo que es innecesario etiquetar, este tipo de film no es utilizado para todos los productos debido al aumento de costo que genera en su uso. No todos pasan por la estación de embolsado debido al tamaño o peso de la presentación del paquete, ya que el embolsado se realiza para presentaciones menores de una libra.

Como resultado de las diferentes presentaciones de productos, la línea trabaja con tres procesos, los cuales son los siguientes:

- El producto pasa por las cuatro estaciones de trabajo
- El producto pasa por llenado de buchacas, etiquetado o embolsado, empacado.
- El producto pasa por llenado de buchacas y empacado

2.1.3.1. Descripción de las estaciones de trabajo

Para comprender mejor el proceso de empaque se describirá a continuación las estaciones de trabajo utilizadas para el empaclado de salchichas.

- Estación de empaque de salchichas: en esta estación los operarios llenan con salchichas (la cantidad depende del peso y la presentación del producto) los moldes que la máquina termoformadora realiza, para que luego la máquina de vacío selle el paquete. Esta actividad es la que demanda mayor número de operarios, a continuación en la figura 12 se muestra el proceso de llenado de buchacas.

Figura 12. **Llenado de buchacas**



Fuente: Cargill Meats.

- Estación de etiquetado: en esta estación los paquetes de salchichas fluyen de manera continua y es donde los operarios colocan la respectiva etiqueta. A continuación en la figura 13 se muestra la estación de etiquetado.

Figura 13. **Etiquetado de los productos**



Fuente: Cargill Meats.

- Estación de embolsado: en esta área los paquetes de salchichas llegan por medio de una banda transportadora para ser recibidos en una mesa en donde los operarios lo embolsarán. El embolsado se realiza para mejorar la contabilidad de unidades y controlar la distribución al por menor del producto.
- Estación de entarimado: en esta área el operario coloca los paquetes provenientes del área anterior en cajas y luego las dispone en un palé para su transporte y almacenaje. A continuación se muestra en la figura 14 la estación donde los operarios colocan los paquetes en sus respectivas cajas.

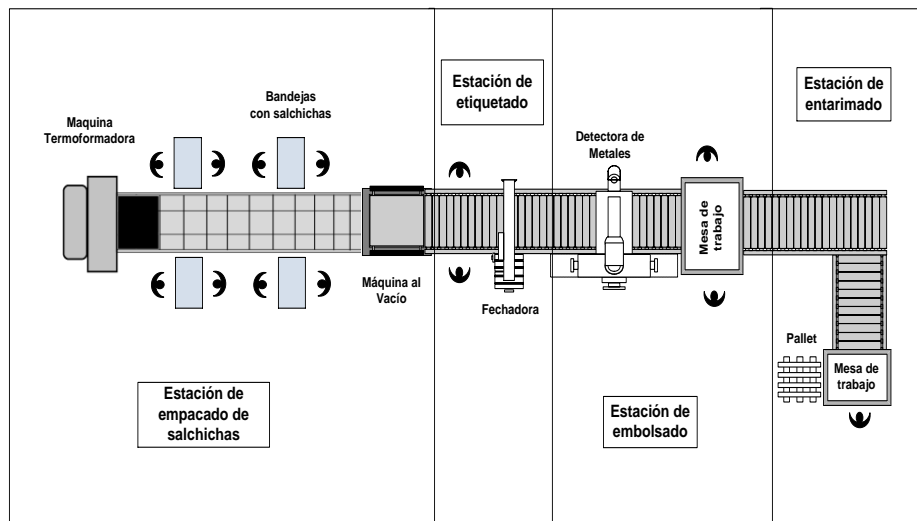
Figura 14. **Empacado de los productos en cajas**



Fuente: Cargill Meats.

Luego de haber descrito las diferentes estaciones de trabajo, se muestra en la figura 15 cómo se distribuyen actualmente las máquinas y las estaciones de trabajo.

Figura 15. **Distribución de las estaciones de trabajo**



Fuente: área de empaque, Cargill Meats.

Como se observa en la figura 15, el proceso de empackado de los productos es continuo debido al acople de las bandas transportadoras a las máquinas, lo que evita que se pierda tiempo en el traslado de los productos y


que cuando el producto no pasa por la estación de etiquetado o embolsado no sea necesario dejar a un operario para el traslado del producto a la otra estación. Por lo tanto, se considera que la distribución es la apropiada, ya que aumenta la disponibilidad de operarios para la realización de las otras actividades en la línea.

Luego de haber descrito las actividades que se realizan en las estaciones de trabajo, se decidió realizar una verificación del proceso de empaque para determinar si se está realizando según los manuales de producción y detectar anomalías en el proceso. Para esto se eligió usar el *check list* como herramienta de ayuda para el análisis del proceso. Para la elaboración del *check list* se realizó el siguiente procedimiento:

- Obtener información del proceso de empaque del manual de procedimientos del Departamento de Producción.
- Elaborar una lista de las actividades que se realizan en el proceso de empaquetado.
- Convertir las actividades en preguntas.
- Realizar el formato de *check list* para facilitar la obtención de la información en campo.

Luego de haber realizado las anteriores actividades, se llevó a cabo la inspección en la línea de salchichas para la comprobación del proceso, el formato diseñado y los resultados obtenidos se presentan en la figura 16.

Figura 16. **Formato para la evaluación del proceso de empaque de la línea de salchichas**

	Empresa Cargill Meats CHECK LIST DE VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUE DE SALCHICHAS		EV-SIG-PRO-0012 Elab.: Byron Ajanel Octubre 2014	
	Línea auditada: Empaque de salchichas		Fecha de realización: 15-oct-2014	
Auditor: Byron Ajanel		Tipo de Auditoría: Interna		
OBJETIVO: Comprobar si el proceso de empackado se está realizando según los manuales de producción y detectar anomalías en el proceso de empackado de la línea de salchicha.				
PUNTO A COMPROBAR			Sí	No
1. ¿Se utilizan las dos manos para empackar el producto?			X	
2. ¿Se toma la cantidad de salchichas adecuadas para evitar la pérdida de tiempo?			X	
3. ¿Se le agrega el humectante al producto?			X	
4. ¿Se coloca la salchicha según la posición correspondiente?			X	
5. ¿Se observa que las posturas generan molestias o incomodidad al operario?				X
6. ¿Se realiza la hoja de verificación del proceso responsablemente?			X	
7. ¿Se distribuye adecuadamente el personal en las estaciones de trabajo y en el cambio de molde?				X
8. ¿Se toma la cantidad correcta de producto a embolsar?			X	
9. ¿Se revisa los códigos, fechas y toda especificación antes de iniciar el proceso para que se han los correctos?			X	
10. ¿Está completo el personal durante el proceso de empackado?			X	
11. ¿Existe acumulación de producto en alguna estación de trabajo?			X	
12. ¿Está el siguiente producto listo en la pista de trabajo cuando se realiza el cambio de producto?			X	
13. ¿Están listos los materiales empaque y etiqueta cuando se realiza el cambio de producto?			X	
14. ¿Se tiene la herramienta y equipo a disposición?			X	
15. ¿El tiempo para empackar un lote de producto es similar al programado?				X
16. ¿Se observa alguna actividad que provoque demora o que no genere algún valor al proceso de empaque?			X	
17. ¿Durante el proceso de esta actividad se observan máquinas paradas?			X	
18. ¿Se considera que el problema de paro de maquinaria provocan el incumplimiento de los volúmenes de producción programados?			X	
OBSERVACIONES: <u>La actividad que no genera un valor al proceso de empaque es el cambio de molde, por lo que se analizara esta actividad para reducir el tiempo de ejecución.</u>				

Fuente: elaboración propia.

Después de haber realizado la verificación del proceso de empaque por medio del *check list*, se comprobó que el proceso de empaque se realiza según los manuales de procedimiento; que las dos manos se aprovechan para la realización del empaclado; que las posturas de los operarios para la realización del trabajo no son incómodas; que la distribución del personal en las estaciones de trabajo y al realizar el cambio del molde no es la adecuada, ya que se observó que se acumula producto y genera demoras al proceso, por lo que se considera realizar un balanceo de líneas.

Además de los factores antes mencionados se observó que existe una variación del tiempo programado con el tiempo real para empacar, por lo que se confirma la percepción que tenía la Gerencia al comentar que la capacidad de la línea no está bien calculada, por lo que se realizó un estudio de tiempos para determinar la capacidad de la línea.

2.1.4. Análisis de los paros y tiempos no productivos

Con el fin establecer el orden de importancia y el grado de contribución de los paros y tiempos no productivos que intervienen en la baja eficiencia de la línea de empaque de salchichas, se utilizó el método de análisis de Pareto. Para la obtención de la información se utilizaron los datos históricos del área de producción, empleando como medio de recopilación de datos el programa informático que posee la empresa.

Los pasos que se realizaron en la elaboración del diagrama de Pareto se describen a continuación:

- Seleccionar los datos se van a analizar, así como el periodo al que se refieren dichos datos.

- Agrupar los datos por categorías.
- Diseñar una tabla para el recuento de los datos.
- Analizar y ordenar la información.
- Construir el diagrama de barras, identificando con datos como: título, fecha de realización, periodo estudiado, entre otros.

Los datos que se utilizaron son todos aquellos que representan una demora o inactividad de la línea para empaquetar. Se estableció que el periodo para la recopilación de datos sería anual, para evitar los fenómenos de variación estacional (altas y bajas en las ventas) o variaciones en las actividades de producción.

Como existen diferentes paros, se realizó una clasificación para mejorar el análisis de los datos, la forma en que se agruparon fue de acuerdo al criterio definido por las siguientes categorías:

- Inactividad por calidad: tiempo transcurrido en el cual la línea permanece inactiva por cualquier problema de calidad y la autorización para el arranque de la línea.
- Fallas de equipo: cuando la línea de empaque para por fallos mecánicos, eléctricos y mantenimientos correctivos de las máquinas.
- Cambios de moldes: tiempos de paro que se originan cuando se cambia de presentación de producto y ajustes de los parámetros para el sellado al vacío.

- Falta de repuestos: tiempo transcurrido cuando el área de mantenimiento no cuenta con la pieza o materiales para cambiar los que están en mal estado de la máquina.
- Falta de producto y embalaje: tiempo que transcurre cuando el área de producción no ha surtido de producto a la línea de empaque o las áreas de bodega no han surtido de embalaje y otros materiales a la línea.
- Prueba de nuevos productos: tiempo que opera la línea para las pruebas del Departamento de Investigación y Desarrollo de Nuevos Productos.
- Tiempo por reempaque de la línea: tiempo que la línea pierde por reempacar producto que no cumplen con los requerimientos específicos del producto (peso, claridad de datos, atributos de calidad, entre otros).
- No definido: todas las actividades que no se pueden clasificar en las categorías anteriores.

Luego de haber definido las categorías, se muestra en la figura 17 la procedencia de los datos históricos para la elaboración de la tabla de resumen de paros e inactividad de la línea.

Figura 17. Reporte de tiempos muertos

		L	M	N	O	P	Q	R
		REPORTE DE TIEMPOS MUERTOS EN LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS						
		Tiempo muerto en Horas						
Mes	Semana	Cambio de moldes	Problemas de empaque	Falta de producto	Falta de embalaje	Prueba de I+D	Falta de Repuesto	Falta de energía eléctrica
Abril	18	12.480	0.120	0.000	0.000	1.520	0.000	1.230
	19	8.490	0.000	0.000	0.000	0.650	0.000	0.000
	20	11.130	0.130	0.000	0.140	0.810	0.680	0.000
	21	7.630	0.210	0.510	0.000	1.210	0.000	0.000
Mayo	22	6.580	0.000	0.000	0.120	1.350	0.810	0.000
	23	7.650	0.220	0.190	0.000	2.400	0.000	0.680
	24	9.570	0.000	0.000	0.210	1.082	0.000	0.000
	25	10.260	0.185	0.370	0.000	0.680	0.000	0.000
Junio	26	6.920	0.130	0.240	0.000	0.790	0.720	0.210
	27	7.490	0.283	0.000	0.120	1.890	0.450	0.480
	28	8.560	0.210	0.180	0.150	2.570	0.000	0.000
	29	6.980	0.160	0.160	0.110	1.083	0.000	0.000
Julio	30	5.890	0.310	0.000	0.000	1.620	0.000	0.000
	31	6.750	0.130	0.000	0.240	1.870	0.320	0.000
	32	9.210	0.110	0.130	0.000	1.260	0.000	0.000
	33	8.760	0.130	0.000	0.000	2.810	0.510	0.370
Agosto	34	13.490	0.189	0.284	0.320	1.920	0.000	0.000
	35	10.520	0.178	0.320	0.000	2.140	0.000	0.000
	36	11.080	0.140	0.150	0.120	1.672	0.000	0.000
	37	6.270	0.130	0.000	0.210	0.840	0.290	0.000

Fuente: Departamento de Producción, 2014, Cargill Meats..

Luego, se agruparon los diferentes paros que se producen en la línea de empaque de acuerdo a los criterios antes descritos, para después ordenar la información, comenzando con la categoría que contenga más horas de duración, siguiendo en orden descendente, los resultados se muestran en la tabla II.

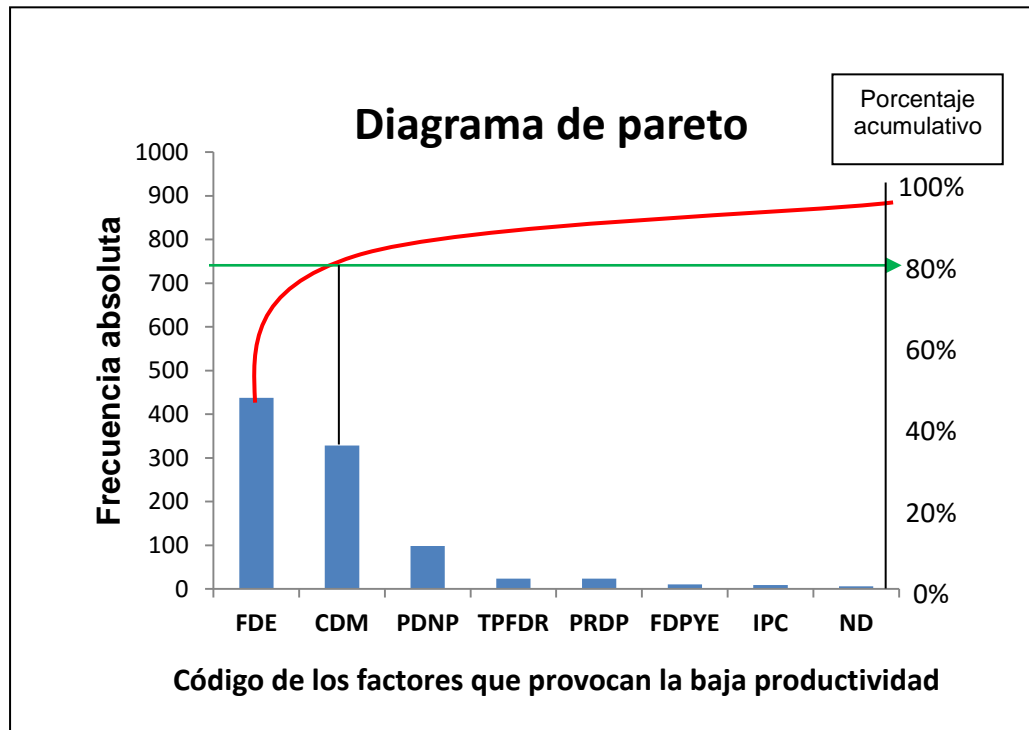
Tabla II. **Factores que provocan la inactividad de la línea de empaque de salchichas**

Ítem	Descripción	Código	Frecuencia en horas por año	Porcentaje unitario	Porcentaje acumulativo
1	Fallas de equipo	FDE	437,42	46,66 %	46,66 %
2	Cambio de moldes	CDM	328,3	35,02 %	81,68 %
3	Prueba de nuevos productos	PDNP	98,65	10,52 %	92,20 %
4	Tiempo por falta de repuestos	TPFDR	23,78	2,54 %	94,74 %
5	Por reempaque de producto	PRDP	23,69	2,53 %	97,27 %
6	Falta de producto y embalaje	FDPYE	10,24	1,09 %	98,36 %
7	Inactividad por calidad	IPC	9,12	0,97 %	99,33 %
8	No definido	ND	6,28	0,67 %	100,00 %
Total			937,48	100,00 %	

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior describe las horas totales de los paros e inactividad de la línea de empaque de salchichas durante un año y su respectivo porcentaje, según los datos históricos del área de producción. En ella que se observa que las dos causas principales son fallas de equipo y cambio de moldes con un porcentaje de participación de 46,66 % y 35,02 % respectivamente, estas dos causas dan como resultado un 81,68 % de incidencia, a continuación se muestra en la figura 18 el diagrama de Pareto.

Figura 18. **Causas de la inactividad de la línea de empaque de salchichas**



Fuente: elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente y se observa en la figura anterior, las dos causas que provocan la baja productividad de la línea de empaque de salchichas son las fallas de equipo y los cambios de moldes, con un porcentaje de participación de los factores de 81,68 %. Según el principio de Pareto, para mejorar la eficiencia de la línea de empaque se desarrollaran dos propuestas que disminuyan los problemas de fallos y los tiempos para el cambio de moldes.

2.2. Determinación de la capacidad y efectividad de la línea de empaque

Según lo observado en las investigaciones de campo que se han realizado anteriormente, existen factores que no se han tomado en cuenta al momento de la programación de la línea, por lo que provocan la inestabilidad de producción y el incumplimiento de los volúmenes de producción programados, por lo tanto, se estudiarán los siguientes tres factores.

- La disponibilidad y fiabilidad del tiempo operacional.
- La tasa de calidad de empaque.
- La capacidad real de la línea para empacar (estudio de tiempos y balance de líneas).

2.2.1. Disponibilidad operacional de la línea

Para establecer la capacidad de la línea de empaque primero se determinó el tiempo de disponibilidad neta de una jornada laboral, por lo que se identificaron, según las observaciones de campo, dos variables, los paros obligatorios y los tiempos por cambios de moldes.

2.2.1.1. Paros obligatorios e inactividad de la línea

De acuerdo a la política de la empresa los paros obligatorios se dan por los siguientes motivos:

- Alimentación: Se refiere al tiempo consumido por los operarios para tomar alimentos en el turno de producción. Actualmente se han asignado 35 minutos para esta actividad.

- Seguridad y salud ocupacional: este motivo hace referencia al tiempo que los operarios utilizan para sus ejercicios, con el fin de evitar o disminuir lesiones. El tiempo acordado para esta actividad es de 27 minutos, dividido en dos ocasiones, 15 minutos en la mañana y 12 minutos en la tarde.

El total de minutos que la línea se encuentra inactiva durante la jornada diurna es de 62 minutos, que resulta de la suma del tiempo asignado por alimentación y seguridad y salud ocupacional.


2.2.1.2. Preparación y ajustes por cambio de moldes

Para estimar la proporción del tiempo necesario para llevar a cabo el cambio y ajustes de moldes, se utilizó la técnica de muestreo de trabajo, por lo que se realizó el siguiente procedimiento:

- Diseño de la hoja de observaciones
- Realización del premuestreo para la estimación estadística del número satisfactorio de muestras a realizar.
- Recopilación de datos mediante la ejecución de un plan de muestreo previamente diseñado.
- Realización de cálculos y presentación de resultados

Para anotar los datos recopilados en la realización del estudio de muestreo de trabajo, se diseñó una hoja de registro de observaciones. En la figura 19 se presenta el formato diseñado para anotar los datos.

Figura 19. Formato de hoja de observación para el cambio de moldes

	<p>Empresa Cargill Meats</p> <p>HOJA DE REGISTRO PARA EL PROCESO DE CAMBIO DE MOLDES</p>	<p>EMT-PRO-00-01 Elab.: Byron Ajanel Octubre 2014</p>		
<p>Línea auditada: Empaque de salchichas</p>		<p>Fecha de realización:</p>		
<p>Responsable: Byron Ajanel</p>		<p>Tipo de Auditoría: Interna</p>		
Observación	Ocurrencia		Ocurrencia	
	Inactividad por cambio de molde	Actividad de la línea	Inactividad por cambio de molde	Actividad de la línea
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Total				
OBSERVACIONES:				

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber diseñado la hoja para la recopilación de información, se llevó a cabo el muestreo, con el fin de estimar estadísticamente el número satisfactorio de observaciones a realizar, este se realizó de la siguiente forma:

- Establecer el número de observaciones a realizar.

- Calcular y distribuir el número de observaciones durante la jornada laboral.
- Establecer los límites aceptables de tolerancia y el nivel de confianza que se desea en el estudio.
- Recopilar la información del estudio.

Para calcular el tamaño de la muestra estadísticamente, se estableció realizar una premuestra de 120 observaciones, la distribución para la recopilación de datos se hizo a cada 20 minutos durante la jornada diurna laboral, lo que dio los siguientes resultados:

Actividad de la línea	98
Inactividad por cambio de moldes	<u>+22</u>
Total	120

Se estableció un nivel de confianza de 95,45 % y una precisión de ± 5 % para determinar el número estadístico de observaciones, a continuación se muestra las fórmulas utilizadas:

$$p = \frac{\text{Actividad de mayor interés}}{\text{Número total de actividades}}$$

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot q}{d^2}$$

Donde

N = número de muestras o lecturas a realizar

z^2 = valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido

d^2 = margen de error permitido

p/q = probabilidades que presenta el fenómeno.

A continuación se calcula el tamaño satisfactorio de la muestra a realizar, donde el valor que representa el nivel de confianza de 95,45 % es de $Z = 2$:

$$p = \frac{22}{120} = 0,183$$

$$N = \frac{2^2(0,183)(0,817)}{0,05^2} = 239,22$$

Según lo calculado, el tamaño de la muestra a realizar es de 240 observaciones, por lo que se hicieron las observaciones faltantes realizando el mismo procedimiento que se llevó a cabo en el premuestreo.

Los resultados finales del estudio se presentan a continuación.

Actividad de la línea	202
Inactividad por cambio de moldes	<u>+38</u>
Total	240

$$p = \frac{38}{240} = 0,1583$$

Ahora se calcula la precisión del estudio:

$$d = \sqrt{\frac{z^2 * p * q}{N}} = \sqrt{\frac{2^2(0,1583)(0,8417)}{(240)}} = \pm 0,0471$$

Se confirma que el número de observaciones son las adecuadas ya que la precisión es menor a la pedida (4,71 % < 5 %), por lo que a continuación se estableció el tiempo estándar de la operación.

La fórmula utilizada para calcular el tiempo estándar de la operación según la técnica de muestreo de trabajo es la siguiente:

$$T.p = p \frac{T \times F}{P_p}$$

Donde

T.p = tiempo de la actividad

T = tiempo total representado por el estudio

F = factor de actuación

P_p = total de producción en el periodo estudiado

El tiempo total para el desarrollo del estudio fue de 72 horas, la cantidad de veces que se cambiaron los moldes durante el periodo de recopilación de los datos fue de 49 ocasiones y se consideró un factor de actuación de 90 %, por lo que a continuación se calcula el tiempo de la actividad.

$$T.p = 0,1583 \left(\frac{(72\text{hr}) \times \left(\frac{60\text{ min}}{1\text{ hr}}\right) \times (0,90)}{49\text{ cambios}} \right) = 12,56 \frac{\text{min}}{\text{cambio}}$$

Se determinó que el tiempo para realizar el cambio de moldes es de 12,56 minutos según lo establecido por el área de empaque, se trabaja con 6 cambios de producto al día. A continuación se muestran los diferentes tiempos que se deben excluir al momento de programar.

Los paros obligatorios tienen una duración de 62 minutos, según lo descrito anteriormente, que equivalen a una hora y dos minutos, el tiempo total para realizar los cambios de moldes es el siguiente:

$$T_m = 12,56 \frac{\text{min}}{\text{cambio}} * 6 \frac{\text{cambio}}{\text{Jornada}} * \left(\frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} \right) = 1,256 \frac{\text{hr}}{\text{jornada}}$$

A continuación, en la tabla III, se muestra la cantidad de horas netas que opera la línea para empaquear.

Tabla III. **Descripción de las horas netas disponibles para la línea de empaque**

Descripción	Horas
Hora de arranque	7:00:00
Hora de paro de labores	18:00:00
Horas disponibles	11:00:00
Hora paros programados	1:02:00
Hora por cambio de moldes y ajustes	1:16:00
Horas disponibles netas	8:42:00

Fuente: elaboración propia.

El total de horas disponibles netas que la línea dispone para el empaqueo del producto es de 8 horas y 42 minutos, este el tiempo útil para realizar la programación del día.

2.2.2. Fiabilidad de la línea de empaque de salchichas

Luego de haber establecido las horas netas disponibles, se realizó la determinación de la fiabilidad de la línea de empaque de salchichas, con el fin de estimar la probabilidad que tiene la línea de cumplir con éxito la demanda de los productos, además de establecer un indicador que represente la efectividad de operación y mantenimiento de las máquinas.

El objetivo de calcular la probabilidad de fiabilidad es considerar el tiempo que se pierde por los fallos no programados y establecer con más certeza la capacidad real de la línea, para cumplir con los volúmenes de producción.

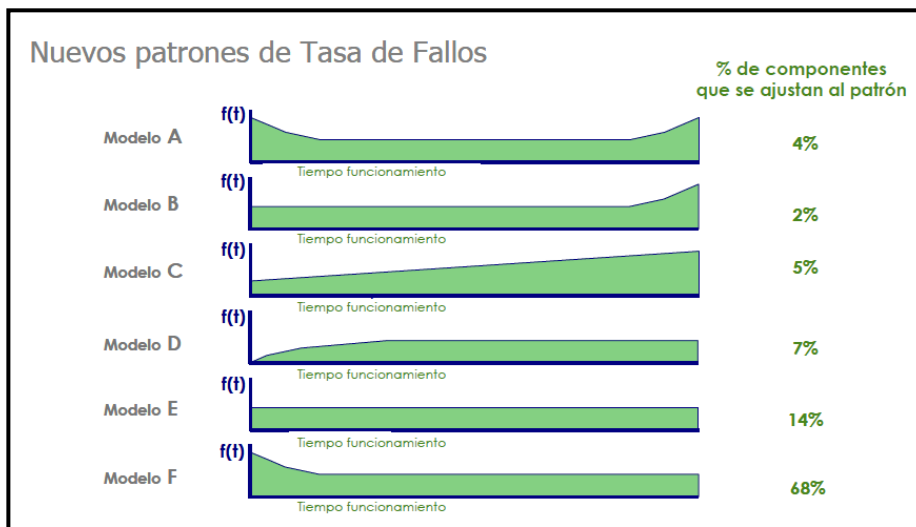
Para estimar la fiabilidad del sistema, se inició con definir cuál es el patrón o tasa de fallo que describe a la línea de empaque de salchichas, por lo que se pidió el apoyo del ingeniero en mantenimiento para discutir sobre el comportamiento de los fallos de la línea, obteniéndose las siguientes conclusiones.

- La fase de ocurrencia más alta de fallo sucedió cuando el equipo estaba nuevo, se debió al desconocimiento del equipo y la falta de experiencia para determinar las mejores soluciones del equipo.
- El mantenimiento que se realiza a las máquinas es fijo y planificado, por lo tanto se prevé que los fallos se mantengan constantes a lo largo de la vida de estos.
- Cuando los fallos comiencen a aumentar (periodo de envejecimiento) y lleguen a un momento en el que todos los elementos fallen, la empresa

decidirá cambiar maquinaria, tanto por el costo de mantenimiento como por el costo de mantener máquinas paradas.

Basado en lo anterior y en el proceso de mantenimiento de la empresa, se determinó que la curva de fallo que explica mejor la tasa de fallo en la empresa es el modelo de patrón F (ver figura 20) y, en consecuencia, se utilizará el modelo probabilístico de distribución exponencial.

Figura 20. **Curvas de tasa de fallos**



Fuente: GARCÍA GONZÁLEZ-QUIJANO, Javier. *Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica*. p. 100.

La distribución exponencial se utilizó para modelar el tiempo transcurrido entre las tasas de fallo de la línea de empaque de salchichas y determinar la probabilidad que tiene la línea de cumplir con éxito la demanda de empaque, en la cual la tasa de fallo es (aproximadamente) constante. Una tasa de fallo constante significa que, para un sistema que no haya fallado con anterioridad, la

probabilidad de fallar en el siguiente intervalo infinitesimal es independiente de la edad del dispositivo.

La expresión de la función de densidad cuando la vida del equipo sigue una distribución exponencial es:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

Función de distribución F(T)

$$F(t) = \int_0^t f(u) du = 1 - e^{-\lambda t}$$

Función de fiabilidad R(t)

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}$$

La tasa de fallo (λ) es el parámetro que caracteriza a esta distribución. Este valor es la inversa del tiempo medio que transcurre hasta el fallo (tiempo entre dos fallos consecutivos, MTBF, si el dispositivo sigue funcionando) y donde (t) es el tiempo a evaluar.

$$MTBF = 1/\lambda$$

Por lo tanto:

$$\lambda = 1/MTBF$$

Habiendo descrito las ecuaciones y las variables a utilizar, se lleva a cabo el proceso para determinar la fiabilidad del sistema, para eso se determinó el número de fallos y el tiempo operacional de la línea, se estableció que el periodo para la recopilación de datos sería anual, para evitar los fenómenos de variación estacional. La información fue recopilada de la base de datos del Departamento de Mantenimiento, en la figura 21, se muestra la procedencia de los datos.

Figura 21. Reporte de los fallos de maquinaria

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO							
REPORTE DE LOS FALLOS DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS							
Tiempo de reparación de las máquinas en Horas							
Mes	Semana	Fallo de los compresores	Cambio de racores	Fallo del motor (BT)	Fallo del cabezal de Impresión	Fallo de la bomba de vacío	Fallo en los sensores de la codificadora
Junio	26	0.150	10.613	0.000	1.900	0.000	0.538
	27	0.000	13.913	0.000	0.813	0.000	0.000
	28	0.163	0.000	0.175	1.013	0.850	0.456
	29	0.263	0.638	0.000	1.513	0.000	0.000
	30	0.000	0.000	0.150	1.688	1.013	0.000
Julio	31	0.275	0.238	0.000	3.000	0.000	0.850
	32	0.000	0.000	0.263	1.353	0.000	0.000
	33	0.231	0.463	0.000	0.850	0.000	0.000
Agosto	34	0.163	0.300	0.000	0.988	0.900	0.380
	35	0.354	0.000	0.150	2.363	0.563	0.600
	36	0.263	0.225	0.188	3.213	0.000	0.790
	37	0.200	0.200	0.138	1.354	0.000	0.000
Septiembre	38	0.388	11.963	0.000	2.025	0.000	0.000
	39	0.163	12.825	0.300	2.338	0.400	0.000
	40	0.138	0.163	0.000	1.575	0.000	0.000
	41	0.163	0.000	0.000	3.513	0.638	0.463
Octubre	42	0.236	0.355	0.400	2.400	0.000	0.000
	43	0.223	0.400	0.000	2.675	0.000	0.000
	44	0.175	0.188	0.150	2.090	0.000	0.000
	45	0.163	0.000	0.263	1.050	0.363	0.000

Fuente: Departamento de Producción, 2014, Cargill Meats.

Del historial de los reportes de fallos se obtiene que en el 2014 se reportaron 660 fallos de la línea, y el tiempo real efectivo que la línea ha

operadores de 3 687 horas, a continuación se calcula el tiempo medio entre fallas.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo operacional}}{\text{Número de fallos}} = \frac{3\,687 \text{ horas}}{660 \text{ fallos}} = 5,5864 \frac{\text{hora}}{\text{fallo}}$$

Después de haber calculado el MTBF se procede a calcular la tasa de fallo:

$$\lambda = \frac{1}{5,5864} = 0,1790$$

Luego de obtener la tasa de fallo (λ) se utiliza el tiempo calculado de disponibilidad de la línea que es de 8 horas y 42 minutos, a continuación se calcula la fiabilidad del sistema:

$$F(8,70 \text{ horas}) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-(0,1790 * 8,70)} = 0,7892$$

La probabilidad, en términos de porcentaje, que tiene la línea de empaque de salchichas para cumplir con éxito la demanda de los productos para un periodo de 8,70 horas es de 78,92 %. Además de la probabilidad que se obtuvo, se generó un indicador que representa la efectividad del mantenimiento que se está realizando, para aumentar este indicador se desarrollará una propuesta para mejorar el mantenimiento preventivo.

2.2.3. Tasa de calidad de empaque

La línea de empaque de salchichas empaca un volumen de producto que no cumple con las especificaciones requeridas por el Departamento de Calidad, lo que provoca pérdidas de tiempo e incumplimiento con los volúmenes de

producción, por lo que es necesario determinar la tasa de calidad de la línea para establecer la efectividad del proceso.

La aceptación o rechazo del producto se realiza por medio de los operarios que trabajan en la línea, ellos son los encargados de retirar o aceptar los productos que no cumplen con los estándares de calidad que se están empacando.

2.2.3.1. Cálculo del tamaño de la muestra

El Departamento de Control de Calidad es el encargado de llevar a cabo el proceso de validación y aceptación de los lotes de los diferentes productos empacados, realizando un análisis por cada lote terminado. Se tiene establecido que la línea de salchichas empaca con una efectividad del 95 %, para confirmar si el porcentaje de efectividad de la línea es el que el Departamento de Control de Calidad indica, se consideró realizar una prueba de hipótesis, pero antes de eso se llevó a cabo un muestreo para garantizar dicha información.

Fórmula para determinar el número de muestras de una población infinita:

$$n = \frac{z^2 * p * q}{d^2}$$

Donde

N = número de muestras o lecturas a realizar

z^2 = valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido

d^2 = margen de error permitido

p/q = probabilidades que presenta el fenómeno.

El nivel de confianza utilizado para la muestra es de 95 % y un margen de error de 1%, de lo cual se obtiene el siguiente resultado.


$$n = \frac{1,96^2 * 0,95 * 0,05}{0,01^2} = 1\ 824,76$$

Se determinó, según la fórmula antes utilizada, que el tamaño de la muestra es de 1 825 paquetes para la aprobación del porcentaje de la efectividad de la línea de empaque establecido por el Departamento de Control de Calidad.

2.2.3.2. Determinación de la tasa de calidad

Luego de haber calculado el tamaño de la muestra, se realizó el formato para recolección de datos, a continuación se muestra en la figura 22 el formato diseñado.

Figura 22. Formato de hoja de registro de producto no conforme

	Empresa Cargill Meats HOJA DE VERIFICACIÓN DE PRODUCTO NO CONFORME		EMT-PRO-00-02 Elab.: Byron Ajanel Noviembre 2014
	Línea auditada: Empaque de salchichas	Fecha de realización:	
Responsable: Byron Ajanel	Producto:		
Defecto	Cantidad	porcentaje	
OBSERVACIONES:			

Fuente: elaboración propia.

El muestreo se realizó con la ayuda de un operario para retirar y clasificar el producto que no cumplía con los estándares de calidad, de este muestreo se obtuvieron los resultados de la tabla IV.

Tabla IV. Defectos presentes en los productos

Defecto	Cantidad	porcentaje	Porcentaje acumulado
Cama de aire	33	37,93 %	37,93 %
Centrado de la etiqueta	14	16,09 %	54,02 %
Presentación del producto	11	12,64 %	66,67 %
Producto en sello	10	11,49 %	78,16 %
Arrugas y dobleces	8	9,20 %	87,36 %
Fugas	5	5,75 %	93,10 %
Legibilidad	4	4,60 %	97,70 %
Corte de bolsa	2	2,30 %	100,00 %
Códigos incorrectos	0	0,00 %	100,00 %
Falta de producto	0	0,00 %	100,00 %
Total	87	100,00 %	

Fuente: elaboración propia.

La cantidad total de producto que salió con defecto en el proceso de empaclado es de 87 unidades de la muestra establecida de 1 825 paquetes, el mayor defecto presente es el de cama de aire y centrado de la etiqueta, el primero es provocado por la máquina y el otro por los operarios, el porcentaje total de defecto se calcula a continuación.

$$\text{Efectividad de la línea} = \left(1 - \frac{87}{1825}\right) * 100 = 95,23 \%$$

2.2.3.3. Comprobación de la tasa de calidad de la línea de empaque

Para afirmar si la proporción de tasa de calidad de la línea de empaque de salchichas es mayor o igual al 95 % se realizará una prueba de hipótesis para

asegurar si la afirmación del Departamento de Control de Calidad es veraz o falsa, por lo que se establece las siguientes hipótesis.

$H_0: p_o \leq 0,95$ (95 % o más es la efectividad de la línea de empaque)

$H_a: p_o > 0,95$ (menos del 95 % es la efectividad de la línea de empaque)

Fórmula para la prueba de hipótesis estadística acerca de una proporción poblacional:

$$z = \frac{Pa - Po}{\sqrt{\frac{Po(1-Po)}{n}}}$$

Donde

z = valor estadístico de la prueba Z

n = observaciones= 1825 paquetes

Pa = proporción de la muestra

Po = proporción propuesta

$\sqrt{\frac{Po(1-Po)}{n}}$ = desviación estándar de la proporción

Los datos para el cálculo del nivel de significancia son los siguientes:

$$Pa = \frac{1825 - 1738}{1825} = 0,9523$$

$$Po = 0,95$$

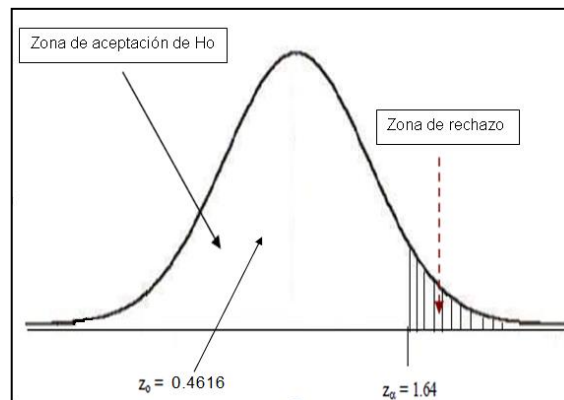
$$n=1\ 825$$

El nivel de significancia establecido para la prueba es de 5 %

$$z = \frac{0,9523 - 0,95}{\sqrt{\frac{0,95(1-0,9523)}{1\ 825}}} = 0,4616$$

Después de haber calculado el valor estadístico observado (0,4616) se definen las regiones de rechazo y aceptación de H_0 , por lo tanto se comprueba con el valor crítico z_α (es una prueba unilateral a la derecha). Para este caso, z_α equivale a 1,64 por el nivel de significancia fijado en un 5 %. En la figura 23 se ilustran los resultados.

Figura 23. **Resultados de la zona de aceptación de prueba de hipótesis**



Fuente: elaboración propia.

Se acepta la hipótesis nula (H_0) porque el valor de z observado es menor que la z crítica, debido a que el valor de z observado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis nula. Se concluye, con un nivel de significancia del

5 %, que estadísticamente la efectividad de la línea de empaque es mayor al 95 %, por lo que se establece que la línea de empaque tiene una tasa de calidad no menor al 95 % de efectividad y que el 5 % de producto es reempacado por incumplimiento de especificaciones de calidad.

2.3. Estandarización de la capacidad de la línea de empaque de salchichas


Para estandarizar la capacidad de la línea de empaque, se utilizó la técnica del estudio de tiempos con cronómetro, con el fin de determinar el tiempo necesario para la realización de las tareas del proceso de empaque, debido a que el estándar de capacidad que tiene registrada el área de producción no coincide con el volumen de producción real que obtiene la línea de empaque, lo que ocasiona que no se cumpla con la demanda y el programa de producción.

2.3.1. Determinación de los productos para la realización del proyecto

En la línea de empaque se trabaja con 62 presentaciones de producto terminado. Para fines de explicación del desarrollo del proyecto, se determinaron los tres productos que no cumplen con mayor frecuencia los volúmenes de producción programados.

Para identificar las tres presentaciones, se llevó a cabo el registro de los productos que no se empacaron en el tiempo establecido de la programación y los que no cumplieron con los volúmenes programados de las órdenes de producción. Se se realizó una hoja de verificación para el control de los incumplimientos, a continuación se muestra en la figura 24 la hoja de verificación diseñada para la obtención de los datos.

Figura 24. Formato de hoja de verificación del incumplimiento de las órdenes de producción

		Empresa Cargill Meats		EMT-PRO-00-02 Elab.: Byron Ajanel Noviembre 2014
		HOJA DE VERIFICACIÓN DEL INCUMPLIMIENTO DE LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN		
Línea auditada: Empaque de salchichas		Fecha de realización:		
Responsable: Byron Ajanel		Producto:		
Código	Nombre del Producto	Incumplimiento por tiempo	Incumplimiento de producto	
OBSERVACIONES: _____ _____ _____				

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.1. Proceso para la determinación de los productos

A continuación se describen los pasos para identificar y establecer los productos que son utilizados para la explicación y desarrollo del estudio.

- Recopilar la información.
- Clasificar los datos estudiados por orden decreciente.
- Calcular el porcentaje que representa cada dato con respecto al total de datos obtenidos.
- Identificar los tres productos con más inconvenientes según el porcentaje de contribución obtenido.

A continuación se presenta en la tabla V los resultados obtenidos de la recopilación de los datos.

Se determinaron los tres productos que con mayor frecuencia incumplen con los volúmenes de producción programados, y con esto se establecieron las presentaciones que se utilizarán para la explicación del desarrollo del estudio de tiempos en la línea de empaque de salchichas.

Tabla V. **Productos que incumplieron en las órdenes de producción**

Código	Frecuencia	Porcentaje de contribución
1033	22	6,94 %
1025	21	6,62 %
1001	18	5,68 %
1007	17	5,36 %
1004	15	4,73 %
1017	12	3,79 %
1002	11	3,47 %
1024	11	3,47 %
1008	10	3,15 %
1003	9	2,84 %
1016	9	2,84 %
1013	8	2,52 %
1027	8	2,52 %
1001	7	2,21 %
1014	7	2,21 %
1023	7	2,21 %
1015	6	1,89 %
1022	6	1,89 %
1026	6	1,89 %
1009	5	1,58 %

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. Descripción de los productos seleccionados

Todos los productos terminados que se trabajan en la línea de empaque tienen diferentes características, como peso, tipo de embalaje, forma del molde que se trabaja, entre otros, por lo que a continuación se describen las características de los productos seleccionados con el fin de explicar las causas del porque se omiten algunas de las estaciones de trabajo para la realización del estudio de tiempos.

- Producto 1033: este producto trabaja con un film impreso, por lo que no es necesario etiquetarlo, por su tamaño no es embolsado, solo es colocado en las cajas para su paletizado, almacenamiento y su posterior distribución.
- Producto 1025: la presentación de este producto no utiliza un film impreso por lo que es necesario etiquetarlo, además, no es necesario embolsarlo.
- Producto 1001: este producto es necesario etiquetarlo debido a que no utiliza un film impreso, por el tamaño y peso del paquete es embolsado.

2.3.2. Procedimiento de toma de tiempos

Para realizar las mediciones de tiempo en las diferentes tareas asignadas al personal de la línea se inició definiendo el método de trabajo al que se le realizó el estudio de tiempos y las características para la selección del operario, además, se escogió el método de tiempo continuo debido a los tiempos largos de los procesos.

Se seleccionó el cronómetro digital, el cual es fácil de utilizar y puede realizar lecturas de 0,01 minutos, tiene una mayor exactitud y posee una mejor respuesta a la reacción del analista al momento de activar algún botón.

Con el fin de registrar todos los detalles, identificar la operación, área de estudio, tiempo de operación, calificación de tiempo en cronómetro, se diseñó un formato de estudio de tiempos.

Después de lo descrito anteriormente, se realizó lo siguiente:

- Selección del operario
- Dividir el trabajo en elementos
- Efectuar el estudio de tiempos
- Recopilación de la información
- Determinar el número de ciclos a cronometrar
- Calificar el desempeño del operador
- Nivelar el desempeño del operador
- Normalizar el desempeño del operador
- Aplicar las tolerancias a los tiempos cronometrados
- Realizar el análisis de los datos obtenidos
- Definir los tiempos para las diferentes actividades

2.3.2.1. Selección del operario

Los operarios a cargo de la producción a los que se les realizó el estudio de tiempos tienen la característica de ser operarios promedio consistentes y sistemáticos con un ritmo de trabajo promedio normal (no son ni los más rápidos ni los más lentos), está entrenado, familiarizado con el método del trabajo, por lo que permite aplicar adecuadamente el factor de la actuación.

2.3.3. Tiempos en la línea de empaque de salchichas

La línea está integrada por 4 estaciones de trabajo y cada una de estas cuenta con diferentes cantidades de operarios. Las actividades o elementos necesarios para la realización del proceso de empackado en las estaciones de trabajo son:

- Llenado de buchacas o paquetes con salchichas
- Etiquetado de los paquetes

- Embolsado de los paquetes
- Empacado del producto en cajas

Por medio de la observación, se estableció que los productos 1033, 1025 y 1001 presentan un ciclo de 4-5 minutos, por lo que se determinó realizar 15 observaciones para cada uno de los elementos, según el criterio de la tabla General Electric (ver tabla VI), para iniciar con el muestreo de los tiempos.


Tabla VI. **Número de ciclos a observar según el criterio de General Electric**

Tiempo de ciclo en min.	número de ciclos que cronometrar
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
más de 40,00	3

Fuente: ROBERTO GARCÍA CRIOLLO. *Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. p. 208.

Luego de haber determinado los ciclos a observar para cada uno de los elementos, se diseñó el formato para la recolección de datos, a continuación en la figura 25 se presenta la hoja de registro diseñada.

Figura 25. Formato de hoja de registro para la toma de tiempos

	Empresa Cargill Meats	EPL-PRO-00-01 Elab.: Byron Ajanel Octubre 2014		
HOJA DE REGISTRO PARA LA TOMA DE TIEMPOS DEL PROCESO DE EMPAQUE				
Línea auditada: Empaque de salchichas	Fecha de realización:			
Responsable: Byron Ajanel	Tipo de Auditoria: Interna			
Ciclos	Llenado de buchacas (min/paquete)	Etiquetado (min/paquete)	Embolsado (min/bolsa)	Empacado (min/caja)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Total				

OBSERVACIONES: _____

Fuente: elaboración propia.

Después de haber diseñado la hoja para la recolección de los datos, se procedió a tomar los tiempos de cada uno de los elementos que se llevan a cabo para el empaque de los tres productos seleccionados.

Para el proceso de recolección de datos del producto 1033, se cronometró el período que se tarda el operario en llenar la buchaca con sus respectivas salchichas y en el empaçado, el tiempo que se tarda el operario en colocar los paquetes en la caja y estibarla en el pallé, por lo que las dimensionales utilizadas para fines de facilidad en el cronometraje de las actividades están en minutos por paquetes y minutos por caja (respectivamente).

El método que se utilizó para la recolección de los datos fue el de regreso a cero, debido a los tiempos largos y a los posibles paros que está sujeta a la línea de empaque. A continuación se muestra en la tabla VII los resultados de los 15 ciclos observados (según el criterio de la tabla General Electric) durante el proceso de empaque.

Tabla VII. **Tiempos observados del producto 1033**

Núm. de ciclos	Llenado de buchaca (min/paquete)	Empacado (min/caja)
1	1,58	2,37
2	1,98	2,27
3	1,86	2,06
4	1,44	2,18
5	1,62	2,51
6	1,78	2,64
7	1,51	2,07
8	1,53	2,26
9	1,78	2,47
10	1,86	2,19
11	1,94	2,17
12	1,51	2,31
13	1,86	2,51
14	1,78	2,62
15	1,68	2,18
Promedio	1,714	2,321

Fuente: elaboración propia.

Para el producto 1025 se procedió a cronometrar los tiempos que se tardan los operarios en realizar las actividades de llenado de buchacas y etiquetado, utilizando las dimensionales minutos por paquete y en el proceso de empacado minutos por caja. El método utilizado para la recolección de los datos fue el de regreso a cero debido a los períodos largos del proceso y a los posibles paros a que está sujeta la línea de empaque.

En la tabla VIII se presenta los tiempos de los 15 ciclos observados según el criterio de la tabla General Electric (ver tabla VI) de los elementos necesarios para el proceso de empacado del producto 1025.

Tabla VIII. **Tiempos observados del producto 1025**

Núm. de ciclos	Llenado de buchaca (min/paquete)	Etiquetado (min/paquete)	Empacado (min/caja)
1	0,97	0,66	2,28
2	1,16	0,73	2,81
3	1,09	0,56	2,63
4	0,87	0,59	2,70
5	0,99	0,71	2,45
6	1,05	0,70	2,37
7	0,97	0,67	2,64
8	0,92	0,66	2,80
9	1,05	0,71	2,70
10	1,00	0,81	2,91
11	1,12	0,74	2,69
12	1,14	0,63	2,86
13	1,09	0,62	2,41
14	1,05	0,73	2,58
15	0,95	0,62	2,66
Promedio	1,028	0,675	2,634

Fuente: elaboración propia.

Para la recolección de los datos del producto 1001, se cronometró el período que se tarda el operario en llenar la buchaca, etiquetar, embolsar y empacar, usando como dimensionales minutos por paquete, bolsa y caja. El método para la toma de datos fue el de regreso a cero debido a los tiempos largos del proceso y a los posibles paros a los que está sujeta la línea de empaque.

A continuación se presenta en la tabla IX los tiempos de los 15 ciclos observados (según el criterio de la tabla General Electric) durante el proceso de empaque del producto 1001.

Tabla IX. **Tiempos observados del producto 1001**

Núm. de ciclos	Llenado de buchaca (min/paquete)	Etiquetado (min/paquete)	Embolsado (min/bolsa)	Empacado (min/caja)
1	0,54	0,48	1,42	1,71
2	0,65	0,53	1,48	1,93
3	0,61	0,41	1,39	1,64
4	0,48	0,43	1,51	1,92
5	0,55	0,52	1,48	1,64
6	0,59	0,51	1,42	1,73
7	0,54	0,49	1,49	1,82
8	0,51	0,48	1,38	1,92
9	0,59	0,52	1,44	1,67
10	0,56	0,59	1,48	1,57
11	0,63	0,54	1,49	1,84
12	0,64	0,46	1,45	1,96
13	0,61	0,45	1,44	1,71
14	0,59	0,53	1,56	1,62
15	0,53	0,45	1,47	1,94
Promedio	0,574	0,493	1,460	1,775

Fuente: elaboración propia.

Después de haber realizado la toma de tiempo de cada uno de los productos se procedió a determinar estadísticamente si el muestreo de 15 observaciones era suficiente o se debían tomar más mediciones, por lo que se calculó el tamaño de la muestra por medio de la siguiente fórmula.

Fórmula para determinar el número de muestras.

$$n = \left(\frac{st}{kX} \right)^2$$

Donde

N = número de muestras o lecturas a realizar.

s = desviación estándar.

GL(t) = grados de libertad de una cola usando la tabla *t* de student, con el error a usar.

K = error que se usará (es de 5,0 %).

X = media.

A continuación se presenta la forma de realizar los cálculos para establecer las observaciones mínimas que se deben hacer, usando como ejemplo el elemento de llenado de buchacas del producto 1033.

$$n = \left(\frac{0,1729 * 1,753}{0,05 * 1,7140} \right)^2 = 12,52$$

Luego de haber realizado como ejemplo el cálculo del número de muestras mínimo a observar del elemento de llenado de buchacas del producto

1033, se muestran los resultados de las observaciones mínimas a realizar de los tres productos seleccionados.

Para la elaboración de la tabla X se utilizó el promedio y la desviación estándar de los tiempos obtenidos de la tabla VII y para los grados de libertad se utilizó el número de observaciones de la muestra realizada (ver anexo 4) utilizando como error el establecido de 5 %. A continuación se muestran los resultados.

Tabla X. **Cálculo del tamaño de muestras a cronometrar del producto 1033**

Descripción	Llenado de buchaca	Empacado
Promedio	1,7140	2,3206
Desviación estándar (s)	0,1729	0,1898
Grados de libertad (t)	1,753	1,753
Error (k)	0,05	0,05
Total de muestras a cronometrar (n)	12,52	8,22

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se utilizó el promedio y la desviación estándar de los tiempos obtenidos de la tabla VIII y para los grados de libertad se utilizó el número de observaciones de la muestra de la tabla de *t* de Student (ver anexo 4), utilizando como error el establecido de 5 %. A continuación se muestran los resultados.

Tabla XI. **Cálculo del tamaño de muestras a cronometrar del producto 1025**

Descripción	Llenado de buchaca	Etiquetado	Empacado
Promedio	1,0279	0,6749	2,6338
Desviación estándar (s)	0,0844	0,0655	0,1862
Grados de libertad (t)	1,753	1,753	1,753
Error (k)	0,05	0,05	0,05
Total de muestras a cronometrar (n)	8,30	11,60	6,14

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de las observaciones mínimas a observar del producto 1001 se utilizó el promedio y la desviación estándar de los tiempos obtenidos de la tabla IX y para los grados de libertad se utilizó el número de observaciones realizadas (ver anexo 4, tabla de *t* de Student), utilizando como error el establecido de 5 %. A continuación se muestra los resultados los resultados en la tabla XII.

Tabla XII. **Cálculo del tamaño de muestras a cronometrar del producto 1001**

Descripción	Llenado de buchaca	Etiquetado	Embolsado	Empacado
Promedio	0,5744	0,4926	1,3740	1,7752
Desviación estándar (s)	0,0472	0,0478	0,1431	0,1362
Grados de libertad (t)	1,753	1,753	1,753	1,753
Error (k)	0,05	0,05	0,05	0,05
Total de muestras a cronometrar (n)	8,30	11,61	13,32	7,23

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el cálculo del número total de muestras a cronometrar de los elementos de los tres productos establecidos para el desarrollo del estudio, se observa en las tablas anteriores que las observaciones a realizar son menores a 15 muestras, por lo que las muestras realizadas cumplen con las observaciones mínimas y no es necesario tomar más muestras.

2.3.4. Calificación de la actuación del operario

En esta parte del proceso se evalúa la eficiencia del operario en términos de un operario normal, a esta efectividad o eficiencia se expresa en forma decimal o porcentaje, puede ser positiva o negativa y se le asigna al elemento observado.

Un operario normal se definió como un operario preparado, altamente calificado y con gran experiencia, que trabaja en las condiciones que suelen prevalecer en la línea de empaque de salchichas a una velocidad o ritmo no muy alto ni muy bajo, sino uno representativo del promedio, que posee cualidades físicas y mentales coordinadas que le permiten sin duda ni demora la realización de una actividad.

Esta calificación o ajuste al tiempo medio observado se realiza a fin de determinar el tiempo que se requiere para que otros individuos ejecuten el trabajo de empaquetado de salchichas a un ritmo normal.

Una de las características más importantes en el sistema de calificación del rendimiento del operario es su exactitud, por lo que el resultado más consistente y congruente será también el más útil. Debido a esto, se utilizó un sistema de calificación que es simple, conciso, de fácil explicación y basado en puntos de referencia bien establecidos, que es el sistema Westinghouse.

Este método es uno de los sistemas más ampliamente utilizados, en él se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia. A continuación se definen cada uno de estos factores para establecer los criterios de la calificación.

- La habilidad se define como la facilidad y capacidad en seguir un método dado, esta se determina por su experiencia y sus aptitudes inherentes, como coordinación natural y ritmo de trabajo.
- El esfuerzo o empeño se define como una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia. El empeño es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser controlado en alto grado por el operario.
- Las condiciones a las que se ha hecho referencia en este procedimiento de calificación de la actuación, son aquellas circunstancias que afectan al operario y no a la operación. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo son las siguientes: temperatura, ventilación, luz y ruido.
- El último de los cuatro factores que influyen en la calificación de la actuación es la consistencia del operario y se define como la variación de los tiempos al realizar los elementos que se repiten constantemente.

A continuación se muestra la tabla XIII que proporciona el porcentaje de eficiencia a considerar en la calificación del operario.

Tabla XIII. **Calificación de la actuación**

HABILIDAD			ESFUERZO		
A	Habilísimo	+0,15	A	Habilísimo	+0,15
B	Excelente	+0,10	B	Excelente	+0,10
C	Bueno	+0,05	C	Bueno	+0,05
D	Medio	0,00	D	Medio	0,00
E	Regular	-0,05	E	Regular	-0,05
F	Malo	-0,10	F	Malo	-0,10
G	Torpe	-0,15	G	Torpe	-0,15
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
A	Buena	+0,05	A	Buena	+0,05
B	Media	0,00	B	Media	0,00
C	Mala	-0,05	C	Mala	-0,05

Fuente: ROBERTO GARCÍA CRIOLLO. *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo.* p. 213.

2.3.5. **Aplicación de suplementos o tolerancias**

Para llegar a un estándar justo para un operario normal que labora con un esfuerzo del tipo medio, debe incorporarse cierto margen o tolerancia al tiempo nivelado o tiempo base, esta adición de margen se da al tomar en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y movimientos lentos producidos por la fatiga inherente al realizar el trabajo. Se asigna este margen o tolerancia al trabajador para que el estándar resultante sea justo y fácilmente mantenible por la actuación del operario medio a un ritmo normal continuo. Los suplementos o tolerancias se aplicaran para cubrir tres amplias áreas que son las siguientes:

- **Asignables al trabajador:** se dan cuando no tiene la habilidad o esfuerzo que se necesita al momento de realizar una actividad, por lo que esta no

se desarrolla en un ritmo normal, también puede darse al mal uso del tiempo disponible en la jornada laboral por interrupciones personales, como tomar agua o ir al servicio sanitario.

- Asignables al trabajo estudiado: tienen que ver con el método y el tipo de trabajo, como la fatiga, lo cual limita el desempeño normal del operario.
- No asignables ni al método ni al trabajador: retrasos inevitables como interrupciones del supervisor al momento de recibir instrucciones, que se dañen herramientas, falta de material, entre otros.

Los márgenes de tolerancias que pueden concederse en un estudio de tiempos son:

- Por retrasos personales.
- Por retrasos por fatiga.
- Por retrasos especiales, como demoras por supervisión, por elementos extraños.

En la figura 26 se observa una tabla de suplementos o tolerancias para la aplicación de los tiempos de los operarios.

Figura 26. **Suplementos asignables al trabajo**

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES					
	Hombres	Mujeres			
A. Suplemento por necesidades personales	5	7			
B. Suplemento base por fatiga	4	4			
2. SUPLEMENTOS VARIABLES					
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	4	45	
B. Suplemento por postura anormal			2	100	
Ligeramente incómoda	0	1			
incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7			
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)					
Peso levantado [kg]					
2,5	0	1			
5	1	2			
10	3	4			
25	9	20 máx			
35,5	22	---			
D. Mala iluminación					
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0			
Bastante por debajo	2	2			
Absolutamente insuficiente	5	5			
E. Condiciones atmosféricas					
Índice de enfriamiento Kata					
16		0			
8		10			
F. Concentración intensa					
Trabajos de cierta precisión	0	0			
Trabajos precisos o fatigosos	2	2			
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5			
G. Ruido					
Continuo	0	0			
Intermitente y fuerte	2	2			
Intermitente y muy fuerte	5	5			
Estridente y fuerte					
H. Tensión mental					
Proceso bastante complejo	1	1			
Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4			
Muy complejo	8	8			
I. Monotonía					
Trabajo algo monótono	0	0			
Trabajo bastante monótono	1	1			
Trabajo muy monótono	4	4			
J. Tedio					
Trabajo algo aburrido	0	0			
Trabajo bastante aburrido	2	1			
Trabajo muy aburrido	5	2			

Fuente: GARCIA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo.* p. 228.

Después de haber explicado los dos factores a tomar en cuenta para el cálculo del tiempo estándar, se determinó la calificación de actuación y los suplementos a adicionar a los operarios a los que se les realizó el estudio.

Se calificaron a los cuatro operarios utilizados en las actividades del empaçado de salchichas, de los cuales se obtuvieron los resultados presentados en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Calificación de los operarios de la línea de empaque de salchichas**

Operario por actividad	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Total
Llenado de buchaca	0,10	0,00	0,05	0,05	0,20
Etiquetado	0,05	0,00	0,05	0,00	0,10
Embolsado	0,10	0,00	0,05	0,00	0,15
Empacado	0,05	0,05	0,05	0,00	0,15

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber calificado a los operarios, se realizó el cálculo de las tolerancias o suplementos (tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos y las demoras), para la determinación del tiempo estándar de la operación. A continuación se muestra en la tabla XV las tolerancias establecidas a los elementos de las operaciones.

Tabla XV. Tolerancias aplicadas al personal

Suplementos	Operaciones			
	Llenado de buchaca	Etiquetado	Embolsado	Empacado
Constantes				
Personal	5	5	5	5
Fatiga básica	4	4	4	4
Variables				
Estar de pie	2	2	2	2
Posición incomoda	2	2	2	2
Peso levantado hasta 5 kg	0	0	0	9
Iluminación (poco debajo de la recomendada)	0	0	0	0
Condiciones atmosféricas	0	0	0	0
Concentración requerida	2	0	0	0
Nivel de ruido (continuo)	0	0	0	0
Tensión mental (proceso bastante complejo)	0	0	0	0
Monotonía (algo monótono)	1	1	1	1
Tedio (algo tedioso)	2	2	0	0
Total	18	16	14	23

Fuente: elaboración propia.

Después de haber determinado la calificación y suplementos de los operarios, se calcula el tiempo estándar. A continuación se toma como ejemplo el tiempo cronometrado de la actividad de llenado de buchaca del producto 1001 para adicionar la calificación del operario y determinar el tiempo normal:

Tiempo normal (Tn):

$$Tn = Tc \cdot (1 + \text{calif.})$$

Donde

Tc = tiempo cronometrado

Calif. = calificación

$$T_n = 0,574*(1+0,20)=0,689$$

Luego de haber calculado el tiempo normal se adiciona el suplemento, para calcular el tiempo estándar de la operación del llenado de buchaca del producto 1001.

Tiempo estándar (Ts):

$$T_s = T_n*(1+sup)$$

$$T_s = 0,689*(1+0,18)=0,813$$

En la tabla XVI se muestran los tiempos estándar de las actividades del producto 1033, al adicionar los factores de calificación y suplementos.

Tabla XVI. **Tiempo estándar del producto 1033**

Actividades	Tiempo promedio cronometrado (minutos)	Calificación	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo estándar (minutos)
Llenado de buchaca	1,714	0,20	2,874	0,18	2,427
Empacado	2,321	0,15	2,669	0,23	3,283
Total (sumatoria de minutos)					5,71

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta en la tabla XVII los resultados del tiempo estándar de cada una de las actividades del producto 1025.

Tabla XVII. **Tiempo estándar del producto 1025**

Actividades	Tiempo promedio cronometrado (minutos)	Calificación	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo estándar (minutos)
Llenado de buchaca	1,028	0,20	1,234	0,18	1,456
Etiquetado	0,675	0,10	0,743	0,16	0,861
Empacado	2,634	0,15	3,029	0,23	3,726
Total (sumatoria de minutos)					6,043

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVIII se muestra los resultados del tiempo estándar de las actividades del producto 1001, al adicionar a los operarios los factores de calificación y suplementos establecidos.

Tabla XVIII. **Tiempo estándar del producto 1001**

Actividades	Tiempo promedio cronometrado (minutos)	Calificación	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo estándar (minutos)
Llenado de buchaca	0,574	0,20	0,689	0,18	0,813
Etiquetado	0,493	0,10	0,542	0,16	0,629
Embolsado	1,460	0,15	1,679	0,14	1,914
Empacado	1,775	0,15	2,041	0,23	2,511
Total (sumatoria de minutos)					5,867

Fuente: elaboración propia.

2.3.6. Balanceo de la línea de empaque

Luego de definir los tiempos estándar de cada uno de los elementos, se prosiguió a distribuir el número de personas que se necesitan en cada estación de trabajo cuando se trabaja con un determinado producto, ya que no todos los productos demandan la misma cantidad de personas por sus diferentes características y su proceso.

Dentro del balanceo de la línea de producción se determinó la cantidad de personas que se necesitan en cada estación de trabajo, tomando en consideración que la línea cuenta con un total de 15 operarios ya establecido. A continuación se determina la distribución de los operarios en la línea de producción según el producto a empaquetar.

Para determinar el número de operarios necesarios se inició dividiendo el tiempo estándar por el número de paquetes empaquetados de cada actividad. En el caso del empaquetado del producto 1033 el tiempo estándar para 8 paquetes (cantidad de paquetes que se colocan en la caja) es de 3,28 minutos, dando un resultado por paquete de 0,41 minutos y en el llenado de buchaca un tiempo de 2,43 minutos por paquete, a continuación se muestran los cálculos.

Tiempo para llenado de buchaca

$$\text{Tiempo por paquete} = \frac{\text{tiempo estándar}}{\text{paquetes producidos}}$$

$$\text{Tiempo por paquete} = \frac{2,43 \text{ minutos}}{1 \text{ paquete}} = 2,43 \frac{\text{minutos}}{\text{paquete}}$$

Tiempo para empacar el producto en cajas y estibar en el pallé

$$\text{Tiempo por paquete} = \frac{3,28 \text{ minutos}}{8 \text{ paquetes}} = 0,41 \frac{\text{minutos}}{\text{paquete}}$$

Después de haber calculado el tiempo estándar por paquete de cada actividad, se determinó el tiempo estándar más corto, debido a que al dividir este con los otros tiempos da como resultado la cantidad de operarios necesarios para balancear la línea, a continuación se muestran los cálculos realizados.

Número de operarios para la estación de llenado de buchaca:

$$\text{Número de operarios} = \frac{\text{Tiempo estándar}}{\text{Tiempo estándar más corto}}$$

$$\text{Número de operarios} = \frac{2,43}{0,41} = 5,91 \text{ operarios}$$

Número de operarios para empacar y estibar el producto

$$\text{Número de operarios} = \frac{0,41}{0,41} = 1 \text{ operario}$$

Luego de haber realizado como ejemplo el cálculo del número de operarios para el producto 1033, se muestran en las siguientes tablas los operarios óptimos para cada una de las actividades o estaciones de trabajo de los tres productos establecidos.

En la tabla XIX se muestra el número de operarios óptimos para realizar las actividades de empacado del producto 1033 en las diferentes estaciones de trabajo.

Tabla XIX. **Cálculo de números de operarios para el producto 1033**

Actividades	Tiempo estándar	Núm. de paquetes	Tiempo estándar/ Paquete	Núm. de operarios calculado	Núm. de operarios reales
Llenado de buchaca	2,43	1,00	2,43	5,91	6
Empacado	3,28	8,00	0,41	1,00	1
Total	5,71				7

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra en la tabla XX el número de operarios óptimos para realizar las actividades de empacado del producto 1025 en las diferentes estaciones de trabajo.

Tabla XX. **Cálculo de números de operarios para el producto 1025**

Actividades	Tiempo estándar	Núm. de paquetes	Tiempo estándar/ Paquete	Núm. de operarios calculado	Núm. de operarios reales
Llenado de buchaca	1,46	1,00	1,46	3,91	4
Etiquetado	0,86	1,00	0,86	2,31	2
Empacado	3,73	10,00	0,37	1,00	1
Total	6,04				7

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXI se presentan los operarios óptimos para realizar las actividades de empacado del producto 1001 en sus respectivas estaciones de trabajo.

Tabla XXI. **Cálculo de números de operarios para el producto 1001**

Actividades	Tiempo estándar	Núm. de paquetes	Tiempo estándar/ Paquete	Núm. de operarios calculado	Núm. de operarios reales
Llenado de buchaca	0,81	1,00	0,81	3,15	3
Etiquetado	0,63	1,00	0,63	1,88	2
Embolsado	1,91	8,00	0,24	1,14	1
Empacado	2,51	12,00	0,21	1,00	1
Total	5,87				7,00

Fuente: elaboración propia.

Como se tiene un total de 15 personas establecidas en la línea de empaque, se ajusta en cada una de las estaciones para completar y aprovechar a todo el personal, por lo que la línea queda, según la tabla XXII para el empacado del producto 1033, con la siguiente distribución de personal.

Tabla XXII. **Total de operarios para empacar el producto 1033**

Actividades	Núm. de operarios
Llenado de buchaca	12
Empacado	2
Total	14

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan en la tabla XXIII los resultados de la distribución de personal para el empaçado del producto 1025 con la siguiente asignación.

Tabla XXIII. **Total de operarios para empaçado el producto 1025**

Actividades	Núm. de operarios
Llenado de buchaca	8
Etiquetado	5
Empacado	2
Total	15

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXIV se presenta la distribución de personal para las estaciones de trabajo del producto 1025 con la siguiente asignación.

Tabla XXIV. **Total de operarios para empaçado el producto 1001**

Actividades	Núm. de operarios
Llenado de buchaca	6
Etiquetado	4
Embolsado	2
Empacado	2
Total	14

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en las tablas XXII y XXIV, el número de operarios que se necesitan en la línea para empacar estos productos es de 14 personas y el total disponible para la línea es de 15, por lo que queda disponible 1 operario. Para aprovecharlo, el supervisor le asignará actividades como ordenar, preparar los moldes de los siguientes productos, traer los films, etiquetas y otras actividades que disminuyen la eficiencia de la línea y que no generan valor al proceso productivo, pero que son importantes para el desarrollo del proceso de empaquetado u otras actividades que se realizan en el área de empaque.

2.3.7. Cálculo de la eficiencia de la línea de empaque

Con el fin de conocer y establecer el porcentaje de eficiencia operacional que presenta el proceso de empaque de la línea de salchichas, se determinó la eficiencia de la línea balanceada. Para realizar el cálculo, se usó la fórmula de la eficiencia de la línea que es la razón de los minutos estándar totales entre los minutos estándar permitidos totales, donde el tiempo estándar por operario resulta de la división del tiempo estándar del elemento o actividad por el total de operarios asignados para esa actividad, a continuación se muestran los cálculos realizados.

Fórmula utilizada para el cálculo del tiempo estándar por operarios:

$$\text{Ts por operario} = \frac{\text{Tiempo estándar (Ts) de la actividad}}{\text{Número de operarios}}$$

$$\text{Ts por operario} = \frac{2,43}{12} = 0,202$$

Luego de ejemplificar el cálculo del tiempo estándar por operario se muestra en la tabla XXV la determinación del tiempo estándar permitido para cada uno de las actividades de empackado del productos 1033.

Tabla XXV. **Determinación del tiempo estándar permitido producto 1033**

Actividades	Tiempo estándar/ paquete	Núm. de operarios reales	Tiempo asignado por operario	Tiempo estándar permitido
Llenado de buchaca	2,43	12	0,202	0,205
Empacado	0,41	2	0,205	0,205
Total	2,84	14	0,407	0,410

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVI se presenta la determinación del tiempo estándar permitido para cada las actividades de empackado del productos 1025.

Tabla XXVI. **Determinación del tiempo estándar permitido producto 1025**

Actividades	Tiempo estándar/ paquetes	Núm. de operarios reales	Tiempo asignado por operario	Tiempo estándar permitido
Llenado de buchaca	1,46	8	0,182	0,186
Etiquetado	0,86	5	0,172	0,186
Empacado	0,37	2	0,186	0,186
Total	2,69	15	0,541	0,559

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta en la tabla XXVII la determinación del tiempo estándar permitido para cada las actividades de empaçado del productos 1001.

Tabla XXVII. **Determinación del tiempo estándar permitido producto 1001**

Actividades	Tiempo estándar/Paquetes	Núm. de operarios reales	Tiempo estándar por operario	Tiempo estándar permitido
Llenado de buchaca	0,54	6	0,090	0,120
Etiquetado	0,39	4	0,098	0,120
Embolsado	0,24	2	0,120	0,120
Empacado	0,21	2	0,105	0,120
Total	1,38	14	0,412	0,479

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber calculado los tiempos estándar y tiempo permitido, se presenta la fórmula para determinar la eficiencia de la línea según el producto a empacar.

$$E = \frac{\sum_1^n te}{Tep * Nop}$$

Donde

E = eficiencia

Te = tiempo estándar

Nop = número de operarios

Tep = minutos estándar permitidos

\sum = símbolo de sumatoria

Eficiencia de la línea con el producto 1033

$$E = \frac{2,84}{(0,205 * 14)} = 98,95 \%$$

Eficiencia de la línea con el producto 1025

$$E = \frac{2,69}{(0,186 * 15)} = 96,42 \%$$

Eficiencia de la línea con el producto 1001

$$E = \frac{1,38}{(0,120 * 14)} = 82,14 \%$$

2.4. Estandarización de la capacidad de la línea de empaque

Como se ha descrito anteriormente, en la productividad y la capacidad de la línea de empaque de salchichas intervienen tres factores principales como la fiabilidad de la línea (representada por la probabilidad de éxito que la línea cumpla con las horas efectivas programadas), la efectividad en el empackado (porcentaje de producto que cumple con las especificaciones de calidad requeridas) y la eficiencia de los operarios (provocada por la actividad más lenta

en el proceso de empaqueo, estos factores dan como resultado la efectividad total de la línea de empaqueo.

Para determinar la capacidad operativa de la línea para empaocar cada producto con su respectiva eficiencia se realiza lo siguiente.

$$\text{Capacidad Libras-hora} = \frac{\text{Nop} * 60}{\text{Tep}} * \frac{\text{peso del producto en gramos}}{\text{paquete}} * \frac{\text{libra}}{454\text{gr}}$$

Donde

Nop = número de operarios del tiempo estándar más lento

Tep = tiempo estándar permitido del elemento más lento

El procedimiento de cálculo de libras-hora empaocadas se realizará utilizando como ejemplo el producto 1033. El tiempo estándar permitido más lento de este producto es la actividad de empaqueo con un tiempo de 0,205 y con una asignación para esta estación de dos operarios, los resultados son los siguientes.

$$\text{Capacidad Libras-hora} = \frac{2 * 60}{0,205} * \frac{1\ 200\ \text{gr}}{\text{paquete}} * \frac{\text{libra}}{454\ \text{gr}} = 1\ 545 \frac{\text{libras}}{\text{hora}}$$

Luego de ejemplificar el cálculo de la capacidad del producto 1033, se presenta en la tabla XXVIII la capacidad de la línea para empaocar los tres productos seleccionados.

Tabla XXVIII. **Capacidad de la línea por producto**

Producto	Te	Nop	Paquetes/hora	Libras/hora	Eficiencia
1033	0,205	2	585	1 545	98,95 %
1025	0,186	2	645	645	96,42 %
1001	0,12	2	1 000	496	82,14 %

Fuente: elaboración propia.

Después de haber calculado la capacidad operativa de los diferentes productos con su respectiva eficiencia operacional, se calcula la capacidad mínima esperada, tomando en cuenta la tasa de calidad de empaqueo y la fiabilidad de la línea, a continuación se utilizará el producto 1033 como ejemplo.

$$\text{Cp. mínima esperada} = 1\,545 * 0,7892 * 0,95 = 1\,158 \text{ libras}$$

A continuación se presenta en la tabla XXIX la capacidad mínima esperada para los tres productos seleccionados.

Tabla XXIX. **Capacidad mínima esperada de los productos**

Producto	Libras/hora	Fiabilidad de la línea	Eficiencia de empaque	Cp. Mínima esperada
1033	1545	78,92 %	95,00 %	1 158
1025	645	78,92 %	95,00 %	483
1001	496	78,92 %	95,00 %	371

Fuente: elaboración propia.

2.5. Propuesta para mejorar la eficiencia de la línea de empaque de salchichas

Según lo analizado en la fase de diagnóstico, la línea de empaque tiene dos causas principales que provocan la baja productividad en relación al tiempo de operación de la línea, los cuales son las fallas de equipo y los cambios de moldes, con un porcentaje de participación de las dos causas de un 81,68 % del tiempo perdido anual (tiempo que la línea no empaca producto), por lo que los esfuerzos de mejorar van enfocados en realizar una propuesta de un programa de mantenimiento preventivo que mejore la fiabilidad de la máquinas y una propuesta para disminuir el tiempo de cambios de moldes y ajustes.

2.5.1. Programa de mantenimiento preventivo

Con el fin de mejorar y controlar el buen funcionamiento de las máquinas, el programa de mantenimiento debe basarse en la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de ajustes, reparaciones, análisis de los fallos, lubricación y calibración para que disminuyan los inconvenientes en los equipos y los tiempos muertos de la línea. A continuación se plantea la dirección y operación que debe tomar el mantenimiento de la empresa.

2.5.1.1. Enfoques del programa de mantenimiento preventivo

Para que el personal de mantenimiento y operativo de la línea de empaque pueda reducir los tiempos muertos provocados por las fallas de los equipos, se deben centrarse en realizar los siguientes tres enfoques:

2.5.1.1.1. Establecer las causas de fallo

El Departamento de Mantenimiento debe centrarse en la característica principal del mantenimiento preventivo, la cual consiste en detectar las fallas de los equipos en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

Se buscó una técnica sencilla para obtener información, evaluarla, extraer conclusiones y crear un historial de fallos, con el fin de mejorar las acciones preventivas del mantenimiento.

La técnica que se escogió para detectar las fallas es llamada porqué/porqué, buscando conseguir toda la información posible, la cual se detalla a continuación:

- Descripción del fallo: una definición breve del fallo con el máximo de datos posibles.
- ¿Dónde ha ocurrido el fallo?
- ¿Existía plan de mantenimiento?
- Análisis del fallo porqué-porqué
- ¿Es normal el tiempo para resolver el fallo?
- Acciones para evitar futuras incidencias

Para la realización de esta técnica se llevó a cabo la elaboración de una tarjeta, cuyo fin es sustraer toda la información del fallo y ofrecer un informe sencillo para su comprensión. Esta tarjeta la tiene que tener el líder de la línea para que esté disponible en el momento del fallo y no se omita ningún detalle de este, debe ser llenada por el líder de la línea o por la persona que presencié el problema.

La información debe consistir en detallar lo que ha provocado la falla, causa por causa, hasta llegar a la raíz del problema. A continuación se muestra en la figura 27 el diseño de la tarjeta de análisis de fallos.

Figura 27. **Tarjeta análisis de problemas**

Tarjeta porqué/porqué

Nombre de la máquina: Fecha:

Operador: Vo. Bo. mecánico

Definición del fallo:

1er. ¿Por qué?	2do. ¿Por qué?	3er. ¿Por qué?	4to. ¿Por qué?	5to. ¿Por qué?

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

Para llenar la tarjeta se deben realizar los siguientes pasos:

- Paso 1: definir el fallo o paro que se presente en la línea.
- Paso 2: preguntarse sucesivamente ¿por qué? Se debe recordar siempre que algunas veces los fallos o paros tendrán menos de 5 porqués y otras más de 5. Se debe detener cuando ya no se encuentre otro ¿por qué? Si hay más de 5 porqué se debe anotar en observaciones o en la parte de atrás de la tarjeta.

- Paso 3: se debe anotar toda observación que se crea fundamental para el análisis de las causas (ejemplo: describir como se fue desarrollando o percibiendo el fallo en la línea).

Todo esto servirá para establecer un plan de acción que evite que el fallo se repita nuevamente o controlar mejor el fallo para que no provoque pérdida de tiempo en la línea.

2.5.1.1.2. Analizar las causas de fallo

Luego de obtener información acerca del problema o fallo, se debe analizar mediante el árbol de fallos (FTA, por sus siglas en inglés), el cual se utilizará para describir cómo un mecanismo de degradación puede conducir a un modo de fallo.


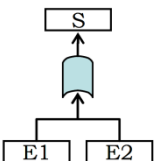

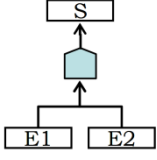
El análisis árbol de fallos es uno de los métodos más ampliamente usados en sistemas de mantenimiento, debido a que ayuda a identificar las causas potenciales de falla de sistemas antes de que las fallas ocurran. Este análisis es un proceso deducible utilizado para determinar las combinaciones de fallas de equipo y errores humanos que pueden causar eventos indeseables (referidos como eventos altos) al nivel del sistema. A continuación se describe el proceso para que el área de mantenimiento construya el árbol de fallos.

- Definir la condición de falla y escribir la falla más alta.
- Utilizando la información obtenida con la metodología porqué/porqué y juicios profesionales (experiencia supervisor de mecánicos, mecánicos y líder de la línea), se determinarán las posibles razones por la que la falla ocurrió.

- Se detallará cada elemento con puertas adicionales a niveles más bajos. Considerar la relación entre los elementos para ayudar a decidir si se utiliza una puerta “y” o una “o” lógica.
- Repasar el diagrama completo para corregir o finalizar la cadena, solo puede terminar en un fallo básico.

Para el proceso de descomposición del árbol, se recurre a dos elementos que corresponden a las puertas “y” o la “o” cuyos símbolos se indican en la tabla XXX.

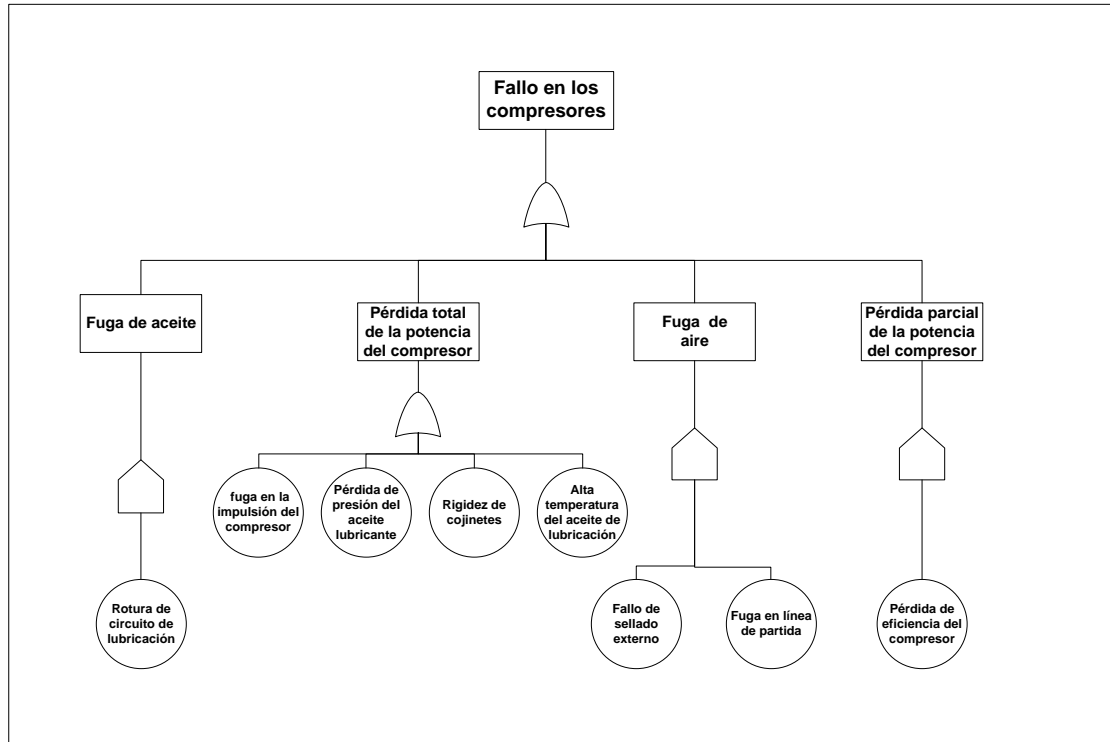
Tabla XXX. **Símbolos utilizados en los árboles de fallos**

		<p>Puerta “o” El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurre al menos uno de los sucesos de entrada (E1, E2)</p>
		<p>Puerta “y” El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurre todos los sucesos de entrada (E1, E2)</p>

Fuente: elaboración propia.

Por su nivel de dificultad o criterio para el desarrollo de esta metodología, fue asignada para que el supervisor de mantenimiento lleve a cabo la realización de este proceso en cada uno de los sistemas. A continuación se muestra en la figura 28 el resultado obtenido de utilizar la metodología propuesta para el análisis del fallo en los compresores.

Figura 28. **Árbol de fallos en los compresores**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio año 2010.

Además de realizarse los diagramas de árbol de fallos se consideró identificar o clasificar los fallos, para lo cual se dividió en sistemas, según la máquina o equipo de la línea de empaque de salchichas.

- Sistema de compresores de aire
- Sistema de vacío
- Sistema de codificadora
- Sistema de detectora de metales
- Sistema de termoformadora
- Sistema de transporte

Después de haber dividido los sistemas se utilizó un método de numeración de cinco dígitos.

- El primer dígito identifica el subsistema
- Los dos dígitos siguientes representan el fallo funcional
- Los dos últimos números indican el modo de fallo

A continuación se muestra como se definió el sistema de identificación de fallos:

- 10000: sistema 1
- 10200: fallo funcional 2 del sistema 1
- 10203: modo de fallo 3, correspondiente al fallo funcional 2 del sistema

De esta forma, los sistemas son listados con su correspondiente índice. A continuación, se muestra en la tabla XXXI, el orden de identificación del sistema.

Tabla XXXI. **Descripción y clasificación de los sistemas**

Sistema	Descripción
10000	Sistema de compresores de aire
20000	Sistema de vacío
30000	Sistema de codificadora
40000	Sistema de detectora de metales
50000	Sistema de termoformadora
60000	Sistema de transporte

Fuente: elaboración propia.

Después de haber identificado los sistemas, se muestra en la tabla XXXII cómo se termina de identificar los fallos utilizando como ejemplo el paro por fallo en los compresores.

Tabla XXXII. **Identificación de los fallos según su sistema**

Código	Descripción
10100	Pérdida total de la potencia del compresor
10101	Rotura o fuga en la impulsión del compresor
10102	Pérdida de presión del aceite lubricante
10103	Rigidez del cojinete
10104	Alta temperatura de aceite de lubricación
10200	Fuga de aceite
10201	Rotura de circuito de lubricación
10300	Fuga de aire
10301	Fuga en línea de partida
10302	Fuga en sellado
10400	Pérdida parcial de la potencia del compresor
10401	Pérdida de eficiencia del compresor

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.1.3. Determinar prioridades

El Departamento de Mantenimiento necesita una política de análisis de prioridad y documentación que mejore el control de los fallos. Para esto se establecieron parámetros de prioridad según la importancia y frecuencia del problema, los parámetros que se deben tomar en cuenta son los propuestos a continuación:

- Rutinarios: puede calificarse como de rutina cuando se cuenta con problemas de reparaciones normales, es decir que los operadores pueden prevenir directamente sin necesidad de parar la producción y los daños pueden ser reparables. En esta clasificación se requiere de poca inspección por parte del operador.
- Grave: cuando no puede ser evitado por los operadores y las máquinas paran su producción por un lapso mientras son reparadas. En esta clasificación se requiere de una considerable inspección por parte del operador.
- Muy grave: cuando las máquinas paran su producción por largo tiempo, pues se necesita de reparación completa. En esta clasificación el operador no puede inspeccionar.

A continuación se muestra en la tabla XXXIII cómo se clasifica y divide el grado de importancia del fallo en los equipos:

Tabla XXXIII. **Clasificación de niveles de fallas**

Clasificación	Nivel
Muy grave	3
Grave	2
Rutinario	1

Fuente: elaboración propia.

Para mejorar el control de los fallos de los diferentes sistemas, es necesario disponer de tarjetas, las cuales deben contener la máxima

información sobre cada una de las causas del equipo, éstas deben ser llenadas por los técnicos de mantenimiento.

Estas tarjetas servirán para mejorar el control del mantenimiento, tener mayor información de las causas que provocan los fallos y priorizar la realización de los mantenimientos, esto quiere decir que se iniciará en realizar los trabajos según la urgencia o importancia del fallo. A continuación se muestra en la figura 29 la tarjeta diseñada para el control de la importancia del fallo.

Figura 29. Tarjeta de control de fallo

Tarjeta de control de fallas						
Nombre de la línea:	<input type="text" value="Línea de empaque de salchichas"/>	Clasificación:	<input type="text" value="2"/>			
Nombre de la máquina:	<input type="text" value="Compresor A-1"/>	Código:	<input type="text" value="10100"/>			
Definición del fallo:	<input type="text" value="Pérdida total de la potencia"/>					
Fecha	Código de la causa	Tiempo de reparación		Repuesto	Motivo de demora	Observaciones
		inicio	fin			

Fuente: elaboración propia.

Además de los fallos que solo el personal de mantenimiento puede reparar, existen otros problemas o ajustes en los equipos que son leves y que pertenecen al nivel 1, en esta situación el personal operativo puede contribuir a su prevención y reparación. La empresa debe capacitar a los empleados para

que puedan resolver estos problemas y se deben crear unas tarjetas que contengan los problemas con sus soluciones, frecuencia de mantenimiento de acuerdo a la ciclicidad de aparición del problema, acciones para la corrección o disminución de los problemas, entre otros. De esta manera se dejará al Departamento de Mantenimiento con los problemas de mayor importancia y con mayor tiempo para enfocarse en controlar y prevenir los problemas que provocan la baja productividad de la línea de empaque.

La tarjeta tiene que estar en el lugar dónde los operarios tienen los reportes de producción, calidad, tarjetas de inspección de seguridad, para su disposición en el momento de la aparición de problema o fallo. Esta tarjeta debe contener la información que indique la falla, forma de detección, prevención y frecuencia de inspección. A continuación se muestra en la figura 30 la tarjeta propuesta para la prevención de fallo del nivel 1.

Figura 30. **Tarjeta de prevención y solución de fallos menores**

Tarjeta de prevención de fallos		
Nombre de la línea:	Línea de empaque de salchichas	
Nombre de la máquina:	Banda transportadora de buchacas	
Definición del fallo:	Fallo de cojinetes	Código: 60101
Forma de detección	Prevención	Frecuencia de prevención e inspección
Ruido	Mejorar la instalación Usar cojinete según especificaciones	Según la revoluciones o tiempo (horas) de uso

Fuente: elaboración propia.

2.5.1.2. Lubricación del equipo

El operador es responsable del mantenimiento de su máquina, pues si no cuenta con su cuidado respectivo, la máquina no funcionará correctamente. Para ello, se debe instaurar un programa básico de lubricación, para mantener la máquina en buen estado y así evitar molestias mecánicas. El programa básico de lubricación deberá consistir en lubricar las siguientes partes:

- Rodamientos: soportan las cargas y permiten el movimiento.
- Engranajes: transmiten la fuerza, cambio de sentido de movimiento o cambio de velocidades.
- Guías y corredoras: encargadas de girar y soportar cargas.
- Pistones: se mueven en un cilindro y transmiten poder y fuerza.
- Cadenas: se encargan de transmitir la fuerza y trasladan objetos a diferentes puntos.

La lubricación de esta parte deberá realizarse en todos los cambios de turnos y el operador deberá utilizar únicamente grasa de grado alimenticio para lubricar sus piezas. La grasa será proporcionada por el Departamento de Mantenimiento.

2.5.1.3. Inspección

En este paso se ensaya la detección de anomalías en las máquinas con una inspección general del equipo. Por lo tanto, es importante que el operador revise las condiciones de operación de la máquina, las cuales son las siguientes:

- Revisar si las partes móviles de la máquina se encuentran trabajando en las condiciones adecuadas, pues aún cuando el equipo siga trabajando, poco a poco se deteriora y puede causar varias pérdidas pequeñas, como bajo rendimiento, pérdida de velocidad, tiempo ocioso y paros bajos. Además, los pequeños defectos tales como la fricción, aflojamientos y desgastes son el verdadero problema, ya que si no son tratados suelen repentinamente convertirse en grandes.
- Revisar si los sellos de vacío (vertical y horizontal) se encuentran en buenas condiciones. De lo contrario esto puede causar defectos de calidad y tiempo perdido.
- Revisar si el codificador contiene los datos completos, correctos y visibles.
- Revisar los pesos programados por unidad.
- Examinar las condiciones de la válvula de vacío y ajustar para no perder producto por falta de vacío.

Todas estas actividades deben ser realizadas en las mañanas antes de iniciar las operaciones de la línea por el operario encargado de armar y preparar la máquina de empaque.

En el caso de que se encuentren problemas de alto grado de dificultad, en los cuales el operador no se halle apto para resolverlos, acudir por ayuda para su pronta intervención al Departamento de Mantenimiento.

2.5.2. Propuesta para disminuir los tiempos de cambio de moldes

Como se describió anteriormente, uno de los factores que provocan la baja productividad de la línea de empaque de salchichas es el cambio de moldes, con un porcentaje de participación de 35,02 % del tiempo perdido anual (ver tabla II). Esta actividad ocupa un promedio de tiempo de una hora y dieciséis minutos durante la jornada diurna, un tiempo durante el cual la línea no genera un valor en el proceso de empaclado.

Para desarrollar la propuesta, se inició conociendo las condiciones actuales en las que se realiza la actividad de cambio de moldes. Para ello se utilizó la metodología SMED (cambio de moldes en menos de 10 minutos, según siglas en inglés). En la tabla XXXIV se describen cada una de las etapas para la ejecución de esta metodología.

Tabla XXXIV. **Etapas de la metodología SMED**

Etapa	Acción
Etapa preliminar	Estudio de la operación
Primera etapa	Separar tareas internas y externas
Segunda etapa	Convertir tareas internas en externas
Tercera etapa	Perfeccionar las tareas internas y externas

Fuente: SHINGO. Shigeo. *Una revolución en la producción: sistema SMED*. p. 28.

- Etapa preliminar

Esta etapa consistió en conocer y describir el proceso de cambio de moldes, por lo que a continuación se detalla los pasos que se realizan para la ejecución de esta actividad.

- Parar la máquina termoformadora
- Romper y quitar el film de las guías de la termoformadora
- Quitar la bobina de film del portafilm
- Tomar las llaves para quitar los moldes
- Quitar los discos de los moldes
- Tomar los discos correspondientes al nuevo producto a empacar
- Colocar los discos según su ubicación en el molde
- Tomar las llaves para apretar los discos
- Apretar para asegurar los discos
- Traer la bobina de la bodega
- Colocar la bobina de film en el portafilm
- Acomodar el film en las guías de la termoformadora
- Poner en marcha la máquina
- Ajustar los parámetros de vacío y resistencias
- Inspeccionar la calidad de la formación de buchacas
- Ajustes finales
- Inspección final
- Liberación de la línea

Luego de definir los diferentes elementos que se realizan en el cambio de moldes, se realizó un estudio de tiempos para definir el tiempo en el que se lleva a cabo para cada operación. El tiempo promedio de duración de esta actividad se encuentra en el rango de 10-20 minutos, por lo que se realizaron 8

observaciones para cada uno de los elementos, según el criterio de la tabla General Electric (ver tabla XXXV).

Tabla XXXV. **Número de ciclos a observar según el criterio de General Electric**

Tiempo de ciclo en minutos	Número de ciclos que cronometrar
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
más de 40,00	3

Fuente: GARCIA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. p. 208.

A continuación se muestra en la tabla XXXVI los resultados obtenidos de la toma de tiempos para cada uno de los elementos del proceso de cambio de moldes con el método actual.

Tabla XXXVI. **Tiempo observados del cambio de moldes método actual**

Descripción de los elementos	Número de ciclos observados (min)							
	Parar la máquina	0,34	0,32	0,30	0,36	0,37	0,52	0,35
Romper y quitar el film	0,41	0,39	0,36	0,43	0,45	0,33	0,40	0,51
Quitar la bobina del porta-film	0,43	0,51	0,38	0,56	0,59	0,48	0,52	0,49
Traer las llaves	0,71	0,67	0,62	0,74	0,78	0,61	0,52	0,49
Quitar los discos de los moldes	1,67	1,38	1,47	1,52	1,59	1,24	1,40	1,91
Traer los discos correspondientes	1,78	1,52	1,57	1,46	1,75	1,41	2,05	1,95
Colocar los discos	1,49	1,42	1,31	1,56	1,63	1,18	1,28	1,22
Tomar las llaves	0,23	0,22	0,28	0,24	0,31	0,34	0,22	0,21
Apretar los discos	0,49	0,46	0,43	0,51	0,53	0,61	0,47	0,44
Traer la bobina de la bodega	1,31	1,18	1,15	1,30	1,25	1,25	1,19	0,87
Colocar la bobina	1,13	1,07	0,82	1,18	1,23	0,74	1,09	1,21
Acomodar el film en las guías	0,95	0,90	0,84	0,99	0,81	0,95	1,21	1,15
Poner en marcha la máquina	0,28	0,27	0,25	0,29	0,31	0,37	0,27	0,26
Ajustar los parámetros	0,76	0,72	0,67	0,79	0,92	0,92	0,73	0,69
Inspeccionar las buchacas	0,61	0,58	0,45	0,64	0,61	0,55	0,59	0,71
ajustes de los parámetros	0,74	0,51	0,65	0,56	0,59	0,59	0,52	0,49
Inspección final	0,32	0,30	0,28	0,33	0,35	0,51	0,34	0,32
Liberación de la línea	0,24	0,23	0,21	0,25	0,31	0,31	0,28	0,27
Total (min)	13,89	12,66	12,04	13,72	14,37	12,90	13,41	13,52

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber realizado la toma de tiempos, se procedió a determinar si el muestreo de las 8 observaciones eran suficientes o se debían tomar más mediciones, por lo cual se procedió a calcular el tamaño de la muestra por medio de la siguiente fórmula.

Fórmula para determinar el número de muestras.

$$n = \left(\frac{st}{kX} \right)^2$$

Donde

n = número de muestras o lecturas a realizar

s = desviación estándar

GL(t) = grados de libertad de una cola usando la tabla t de student, con el error a usar

K = error que se usara (es de 5,0 %)

X = media

De la anterior fórmula se obtuvo la tabla XXXVII que determina si el tamaño de la muestra realizada es suficiente o se deben tomar más mediciones.

Tabla XXXVII. **Cálculo del tamaño de muestras**

Descripción de los elementos	Promedio (min)	Desviación estándar (s)	Grados de libertad (t)	Error (K)	Total de muestras a cronometrar (n)
Parar la máquina	0,3614	0,0677	1,943	0,05	7,28
Romper y quitar el film	0,4099	0,0558	1,943	0,05	5,29
Quitar la bobina del porta-film	0,4940	0,0670	1,943	0,05	5,27
Traer las llaves	0,6439	0,1011	1,943	0,05	6,10
Quitar los discos de los moldes	1,5207	0,2050	1,943	0,05	5,24
Traer los discos correspondientes	1,6852	0,2338	1,943	0,05	5,39
Colocar los discos	1,3861	0,1643	1,943	0,05	4,61
Tomar las llaves	0,2563	0,0481	1,943	0,05	7,30
Apretar los discos	0,4911	0,0584	1,943	0,05	4,63
Traer la bobina de la bodega	1,1881	0,1400	1,943	0,05	4,58
Colocar la bobina	1,0592	0,1831	1,943	0,05	6,72
Acomodar el film en las guías	0,9751	0,1409	1,943	0,05	5,62
Poner en marcha la máquina	0,2857	0,0391	1,943	0,05	5,32
Ajustar los parámetros	0,7762	0,0965	1,943	0,05	4,83
Inspeccionar las buchacas	0,5917	0,0744	1,943	0,05	4,89
ajustes de los parámetros	0,5805	0,0833	1,943	0,05	5,58
Inspección final	0,3453	0,0699	1,943	0,05	7,86
Liberación de la línea	0,2620	0,0364	1,943	0,05	5,40

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, al realizar el cálculo, el número total de muestras a cronometrar en los diferentes es menor a 8 muestras, por lo que

al realizar las 8 observaciones para cada elemento se cumplió con las observaciones necesarias.

Luego de haber determinado el tiempo promedio de cada elemento se procedió a realizar el diagrama de operaciones (ver figura 31).

Figura 31. Diagrama de operación con método actual

Descripción de la operación	Símbolo					Tiempo promedio
	○	□	⇒	D	▽	
Parar la máquina termoformadora	●					0,361
Romper y quitar el film	●					0,410
Quitar la bobina de film del portafilm	●					0,494
Traer las llaves para quitar los moldes	●		●			0,644
Quitar los discos de los moldes	●		●			1,521
Traer los discos correspondientes	●		●			1,685
Colocar los discos según su ubicación	●					1,386
Tomar las llaves para apretar los discos	●					0,256
Apretar para asegurar los discos	●					0,491
Traer la bobina de la bodega	●		●			1,188
Colocar la bobina en el portafilm	●					1,059
Acomodar el film en las guías	●					0,975
Poner en marcha la máquina	●					0,286
Ajustar los parámetros	●					0,776
Inspeccionar la forma de las buchacas	●		●			0,592
ajustes finales de los parámetros	●					0,581
Inspección final	●					0,345
Liberación de la línea	●					0,262
Total de tiempo						13,312

Resumen			
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo min.
Operación	○	14	9,203
Transporte	⇒	3	3,517
Inspección	□	1	0,592
Demora	D	0	0
Almacenaje	▽	0	0
Total (min)			13,312

Fuente: elaboración propia.

En la toma de tiempos de los cambios de moldes se fueron identificando las demoras que se producían en la realización de esta actividad. Se fueron anotando en una hoja los problemas más comunes y los retrasos observados. Luego, se analizaron para determinar las posibles soluciones. A continuación se describen en la tabla XXXVIII las causas encontradas y sus posibles soluciones.

Tabla XXXVIII. **Problemas que provocan demora en el cambio de molde**

Causa	Posible solución
Falta de orden en el área de los discos	Clasificar y ordenar adecuadamente los discos según el molde correspondiente
Los operarios no se ayudan mutuamente	Hacer conciencia a los operarios de la importancia de la actividad y balancear la carga de trabajo
No están definidas las operaciones internas y externas	Distinguir las operaciones y convertir las internas en externas
Las herramientas no se encuentran a disposición	Definir un lugar para mantener las herramientas
Cambio no programado, retrasó en el abastecimiento de materiales	Cumplir con la programación

Fuente: elaboración propia.

- Primera etapa

Una vez establecido el tiempo promedio de cada operación, las causas y sus posibles soluciones se procedió a separar las operaciones internas y externas.

El objetivo de esta etapa es analizar todas las operaciones, clasificarlas y a su vez estudiar las operaciones internas para reducirlas al máximo con la menor inversión posible.

Una vez que la máquina se encuentra parada, el operario no debe separarse de ella para realizar las operaciones externas. El propósito es tratar de estandarizar las operaciones al máximo, de modo que con la menor cantidad de movimiento se puedan hacer rápidamente los cambios, de forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa. A continuación se detalla en la tabla XXXIX la clasificación de las operaciones.

Tabla XXXIX. **Separación de las operaciones del proceso de cambio de moldes**

Operación interna	Operación externa
Parar la máquina termoformadora	Traer las llaves para quitar los moldes
Romper y quitar el film	
Quitar la bobina de film del portafilm	
Quitar los discos de los moldes	
Colocar los discos según su ubicación	
Apretar para asegurar los discos	Traer los discos correspondientes
Colocar la bobina en el portafilm	
Tomar las llaves para apretar los discos	
Acomodar el film en las guías	
Poner en marcha la máquina	
Ajustar los parámetros	Traer la bobina de la bodega
Inspeccionar la forma de las buchacas	
ajustes finales de los parámetros	
Inspección final	
Liberación de la línea	

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, existen tres operaciones que se pueden realizar cuando la máquina este en marcha, además, las tareas internas establecidas no es factible convertirlas en externas, ya que necesariamente la máquina debe estar parada para poder manipularla y proceder con los cambios.

Las otras soluciones que se plantearon en la tabla XXXVIII se ejecutaron de la siguiente manera:

- Se estableció que los operarios ordenaran y prepararan los discos según el programa de producción cuando se comenzara a arrancar la línea, para solo tomar los discos cuando se hiciera el cambio de moldes.
- Que las herramientas se colocarán ordenadamente y en el mismo lugar donde están los moldes para su fácil disposición.
- Que el encargado de llevar el control de los empaque sea el delegado de abastecer los films y las etiquetas para que se tenga una fluidez en el proceso del cambio de moldes.

Con el cumplimiento de las anteriores propuestas y mejoras en el proceso de cambio de moldes (separación de las operaciones) se realizó una toma de tiempos para determinar el nuevo tiempo promedio de los elementos, a continuación se muestra los resultados obtenidos en la tabla XL.

Tabla XL. **Tiempo observados del cambio de moldes método propuesto**

Descripción de los elementos	Número de ciclos observados (min)								Media
Parar la máquina	0,38	0,36	0,41	0,34	0,35	0,52	0,35	0,33	0,381
Romper y quitar el film	0,41	0,45	0,39	0,43	0,52	0,35	0,40	0,51	0,433
Quitar la bobina de film del portafilm	0,43	0,47	0,41	0,45	0,54	0,48	0,41	0,39	0,449
Quitar los discos de los moldes	1,58	1,74	1,50	1,65	2,00	1,51	1,52	1,68	1,647
Colocar los discos	1,51	1,45	1,43	1,38	1,31	1,29	1,28	1,22	1,359
Tomar las llaves	0,23	0,25	0,35	0,24	0,29	0,34	0,22	0,21	0,267
Apretar discos	0,49	0,53	0,46	0,51	0,61	0,61	0,47	0,44	0,515
Colocar la bobina	1,13	0,98	1,07	0,93	0,85	0,94	0,86	1,21	0,996
Acomodar el film en las guías	0,95	1,05	0,90	0,85	0,75	0,93	1,21	1,15	0,973
Poner en marcha la máquina	0,28	0,31	0,34	0,29	0,35	0,37	0,27	0,26	0,309
Ajustar los parámetros	0,76	0,84	0,72	0,79	0,67	0,67	0,73	0,69	0,735
Inspeccionar la forma de las buchacas	0,48	0,53	0,46	0,50	0,42	0,55	0,46	0,58	0,497
Ajustes finales de los parámetros	0,54	0,48	0,51	0,46	0,55	0,46	0,42	0,40	0,478
Inspección final	0,32	0,35	0,30	0,33	0,40	0,51	0,34	0,32	0,361
Liberación de la línea	0,24	0,26	0,32	0,25	0,30	0,31	0,28	0,27	0,279
Total (min)	9,73	1,05	9,59	9,41	9,93	9,85	9,21	9,66	9,679

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber realizado la toma de tiempos, se procedió a realizar el diagrama de operaciones para establecer el tiempo promedio de la actividad y determinar el porcentaje de mejoría de la propuesta. A continuación se muestra el diagrama de operaciones en la figura 32.

Figura 32. Diagrama de operación con método propuesto



Fuente: elaboración propia.

Realizando el método propuesto, se obtuvo un tiempo promedio total de 9,679 minutos, por lo que se logró reducir 3,633 minutos, lo cual representa durante el día una mejora de 21,798 minutos (resultado que se obtiene al multiplicar la reducción de tiempo obtenida con el número de veces que se realizan los cambios de moldes durante el día). A continuación se compara y se calcula las productividades antes y después de la propuesta.

Fórmula para determinar la productividad

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo disponible}} * 100 \%$$

Donde

Tiempo de operación = tiempo disponible menos el tiempo perdido por los cambios de moldes y paros programados.

Antes de la propuesta:

$$\text{Productividad} = \frac{11 \text{ horas} - 2,36 \text{ horas}}{11 \text{ horas}} * 100 = \mathbf{78,51 \%}$$

Después de la propuesta:

$$\text{Productividad} = \frac{11 \text{ horas} - 2,00 \text{ horas}}{11 \text{ horas}} * 100 = \mathbf{81,82 \%}$$

Comparando las dos productividades, se observa que hubo un incremento del 3,31 % del tiempo programado, que representa un aumento de 21,80 minutos de tiempo real para empacar.

2.6. Costos de las propuestas de mejoras

A continuación se describe los costos para la realización de las dos propuestas:

2.6.1. Costo de la propuesta del programa de mantenimiento preventivo

Para la ejecución de la propuesta del programa de mantenimiento preventivo se describen a continuación los insumos necesarios:

- El costo principal para la ejecución de la propuesta es la realización de las tarjetas de porqué/porqué, control y prevención de fallos, ya que éstas sirven para detectar y mejorar el mantenimiento que se viene realizando.
- Los *leitz* que sirven para archivar cada una de las tarjetas y mantener en mejor estado las tarjetas.
- Tablas para portar las tarjetas y realizar la toma de datos.
- Lapiceros para realizar los apuntes y análisis de la información recolectada.
- Hojas de papel para documentar los diagramas de árboles de fallos y que estén disponibles para consulta de los mecánicos.

- Tinta para imprimir los diagramas de árboles de fallos.

A continuación se presenta la tabla XLI donde se coloca el costo total del insumo a utilizar y la cantidad en unidades, así como el costo total de la ejecución de la propuesta.

Tabla XLI. **Costo de la propuesta de mantenimiento preventivo**

Insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Tarjetas porqué/porqué	100	Q 0,45	Q 45,00
Tarjeta de control de fallo	100	Q 0,55	Q 55,00
Tarjeta de prevención de fallo	100	Q 0,50	Q 50,00
<i>Leitz</i>	4	Q 32,00	Q 128,00
Tablas porta hojas	2	Q 20,00	Q 40,00
Lapiceros	2	Q 3,00	Q 6,00
Hojas	100	Q 0,15	Q 15,00
Tinta de impresión	100	Q 0,25	Q 25,00
Costo total			Q 364,00

Fuente: elaboración propia.

El costo total de realizar esta propuesta es de Q 364,00 que debe verse como una oportunidad de mejora al programa de mantenimiento y un aumento en la productividad de la línea por la disminución de los tiempos de paros en las máquinas.

2.6.2. Costo de la disminución de los tiempos de cambio de moldes

Para la realización de la propuesta de reducción de los tiempos de cambio de moldes se describen los insumos utilizados:

- Una estantería para la ubicación de los moldes y las herramientas utilizadas en la realización de los cambios de moldes.
- *Sticker* para la identificación de las áreas donde estarán los moldes según su especificación.
- Hojas de papel utilizadas para documentar y analizar el proceso de mejora de los tiempos de cambio de moldes.
- Lapiceros para realizar los apuntes y análisis de la información recolectada.

Tabla XLII. **Costo de la propuesta de reducción de los tiempos de cambio de moldes**

Insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Estantería	1	Q 800,00	Q 800,00
<i>Sticker</i> de identificación	12	Q 1,50	Q 18,00
Lapiceros	2	Q 3,00	Q 6,00
Hojas	150	Q 0,15	Q 22,50
Tinta de impresión	100	Q 0,25	Q 25,00
Costo total			Q 871,50

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, el costo total de implementar esta propuesta es de Q 871,50, siendo la estantería la de mayor costo, esta inversión es única ya que no se necesita invertir de nuevo.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA DE UN PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DEL MOLINO DE CARNES

3.1. Diagnóstico de la situación actual

Una de las operaciones unitarias más importantes en la elaboración de los embutidos es la de moler carne, proceso que consiste en reducir el tamaño de la carne dejándola con una granulometría apropiada, actividad fundamental para la obtención de pastas cárnicas uniformes.

El proceso de moler carne se realiza durante todo el día, por el contacto que tiene la máquina con la carne y que esta se encuentra descongelada, se considera como uno de los puntos críticos de control, debido a la actividad microbiana que puede desarrollarse en el transcurso del tiempo, por lo que es necesario lavar y desinfectar la máquina.

En el caso específico del molino, no se cuenta con un programa de control sobre el uso del agua dentro de su proceso operacional, por lo que la presente fase de investigación se centra en el uso del agua y la elaboración de la propuesta que logre una mejora en el uso del recurso.

3.1.1. Metodología para el estudio del lavado del molino de carnes

La empresa cuenta con contadores generales que registran el consumo de agua en áreas específicas como calderas, producción y empaque. El área

donde se encuentra el molino es el área de producción, por lo que se utilizarán los datos de esta área para su análisis.

Para determinar la cantidad de agua que se consume en el lavado del molino de carnes se realizó un muestreo del flujo de másico de agua y el tiempo promedio para realizar dicha actividad. Los pasos que se realizaron para la ejecución de este estudio y el desarrollo de la propuesta que reduce el consumo de agua se describen a continuación:

- Describir el proceso del lavado del molino.
- Registrar el consumo de agua en el lavado y desinfectado del molino.
- Analizar el proceso del lavado del molino para establecer causas que provocan un consumo mayor de agua.
- Realizar la propuesta de mejora.
- Comparación del consumo de agua antes y después de la propuesta para definir el ahorro obtenido.

3.1.1.1. Descripción del lavado del molino

El lavado del molino se realiza cada tres horas, con un total de tres lavadas por turno. El lavado se divide en tolva, tornillo sin fin, cuchillas, parte externa de la máquina y alrededor del área. A continuación se describe el proceso actual de esta actividad.

- Se abre la llave de paso y se inicia a lavar la tolva con el fin de quitar restos de carnes.
- Se desarma y se quita las cuchillas del molino.
- Se quita el tornillo sin fin.
- Se comienza a lavar las cuchillas y el tornillo sin fin.

- Se lava el exterior de la máquina, así como su área.
- Se desinfectan las cuchillas, el tornillo sin fin y la tolva para después desinfectar las áreas externas de la máquina.
- Se arma la máquina con cada una de las piezas correspondientes.
- Al finalizar todo se cierra la llave de paso.

3.2. Consumo de agua actual

Para determinar el consumo de agua en el lavado del molino, se elaboró un formato para la toma de datos, el cual se presenta en la figura 33.

Figura 33. Formato para el control del consumo agua actual

		Empresa Cargill Meats HOJA DE CONTROL DEL CONSUMO DE AGUA EN EL LAVADO DEL MOLINO				SIG-PRO-0011 Elab.: Byron Ajanel Enero 2014	
		Área: Producción		Fecha de realización: feb.-2014		Máquina: Molino de carnes	
Responsable: Byron Ajanel		Tipo de Auditoría: Interna		OBJETIVO: Registrar el consumo de agua en la realización del lavado y desinfección del molino de carne.			
Fecha	1era. Lavada		2da. Lavada		3ra. Lavada		
	Tiempo (min)	Caudal (gal)	Tiempo (min)	Caudal (gal)	Tiempo (min)	Caudal (gal)	

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber diseñado el formato, se llevó a cabo la recolección de datos, colocando el contador de agua en cero y anotando el dato de agua consumida después de realizar el lavado. A continuación se presenta el consumo histórico en la tabla XLIII.

Tabla XLIII. **Consumo de agua método actual**

Fecha	1era. lavada		2da. lavada		3ra. lavada	
	Tiempo (min)	Consumo (gal)	Tiempo (min)	Consumo (gal)	Tiempo (min)	Consumo (gal)
02/02/2015	16,48	105,80	18,24	97,34	17,80	109,99
03/02/2015	19,23	123,46	17,50	113,58	15,62	104,35
04/02/2015	16,27	104,45	14,81	96,10	17,57	108,59
05/02/2015	17,53	112,54	15,95	103,54	18,93	117,00
06/02/2015	20,26	130,07	18,44	119,66	17,62	135,22
09/02/2015	19,34	124,16	17,60	114,23	20,89	129,08
10/02/2015	17,92	115,05	16,31	105,84	18,20	119,60
11/02/2015	18,69	119,99	17,01	110,39	18,35	124,74
12/02/2015	21,67	139,12	19,72	127,99	16,67	144,63
13/02/2015	17,62	113,12	16,03	104,07	16,94	107,39
16/02/2015	16,94	108,75	15,42	100,05	18,30	113,06
17/02/2015	21,47	137,84	19,54	126,81	15,37	143,30
18/02/2015	17,04	109,40	15,51	100,65	18,40	113,73
19/02/2015	19,15	122,94	17,43	113,11	15,92	105,23
20/02/2015	16,36	105,03	14,89	96,63	17,67	116,92


Fuente: elaboración propia.

3.3. **Análisis del consumo de agua en el lavado del molino**

Para el analizar y proponer mejoras en el proceso del lavado del molino se utilizó la técnica de lista de comprobación de análisis, la cual consistió en

realizar preguntas al proceso del lavado del molino. A continuación se muestra en la figura 34 la lista de comprobación diseñada

Figura 34. Lista de comprobación para el análisis

	Empresa Cargill Meats LISTA DE COMPROBACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DEL MOLINO		SIG-PC02-0021 Elab.: Byron Ajanel Enero 2014		
	Area: Producción	Fecha de realización: feb.-2014	Máquina: Molino de carnes	Operación: Moler carne	Responsable: Byron Ajanel
OBJETIVO: Identificar las limitaciones y oportunidades del proceso del lavado del molino para reducir el consumo de agua.					
PUNTO A COMPROBAR			Sí	No	OBSERVACIONES
Operadores					
1.	¿Están capacitados los operarios para realizar la operación?				
2.	¿Están comprometidos los operarios?				
3.	¿Existe concientización por parte de los operarios en el ahorro de agua?				
4.	¿Realizan actividades que provocan pérdida de agua?				
Condiciones de trabajo					
5.	¿Están en buenas condiciones las tuberías?				
6.	¿Existen fugas de agua en la tubería?				
7.	¿La ubicación de la máquina facilita su lavado?				
8.	¿Puede trabajar fácilmente el operario?				
9.	¿Hay algún riesgo innecesario en el trabajo?				
10.	¿Existe seguridad para que el operario realice su trabajo adecuadamente?				
Herramientas y accesorios					
11.	Las herramientas que se emplean ¿son las más adecuadas para el trabajo?				
12.	¿Están todas las herramientas en buenas condiciones?				
13.	¿Se podrían cambiar por otras para disminuir el consumo de agua?				
14.	¿Podría hacerse algún cambio para disminuir el consumo de agua y tiempo en la ejecución del trabajo?				
Operaciones					
15.	¿Puede eliminarse alguna operación?				
16.	¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola?				
17.	¿Existen y pueden eliminarse los tiempos muertos?				
18.	¿Podría adelantarse alguna operación?				

Fuente: elaboración propia.

3.4. Propuesta para el plan de ahorro de agua en el lavado del molino de carnes

Luego de haber realizado la lista de comprobación de la operación del lavado del molino, se describen las causas importantes que inciden en el gasto de agua y que pueden ser aprovechadas para reducir el consumo del recurso:

- No existe una concientización por parte de los operarios sobre la importancia del ahorro de agua al realizar el lavado del molino, ya que no cierran la válvula al momento de realizar otras actividades. Esta falta de sensibilización al desperdicio de agua puede ser provocada debido a que la válvula se encuentra a una distancia considerada, lo que hace que los operarios no la cierren.
- No se cuenta con el equipo apropiado para realizar el proceso de lavado del molino, para lavar el molino se debe de conectar una manguera (de una pulgada de diámetro) a una derivación del sistema de tubería. En este punto la velocidad de salida del agua es baja lo que provoca que se tarde más en el proceso del lavado.

Después de presentar las dos causas que inciden en el consumo de agua, se presenta la propuesta de mejora de equipo en el lavado del molino, la cual consiste en:

Mejorar la presión de salida del agua y su manejabilidad, cambiando la manguera de distribución por una de ½" de diámetro. Para evitar el desperdicio de agua cuando los operarios realicen otras actividades, se colocó una pistola de agua (ver en el anexo 3) que regula la salida y mejorará la presión de agua.

3.4.1. Consumo de agua con equipo propuesto

Luego de haber realizado los cambios de equipo en el proceso del lavado del molino se determinó el consumo de agua utilizando el formato antes mencionado. A continuación se muestran los resultados en la tabla XLIV.

Tabla XLIV. Consumo de agua método propuesto

Fecha	1era. lavada		2da. lavada		3ra. lavada	
	Tiempo (min)	Consumo (gal)	Tiempo (min)	Consumo (gal)	Tiempo (min)	Consumo (gal)
02/03/2015	15,00	93,10	16,05	79,82	16,73	100,09
03/03/2015	17,50	10,64	15,40	93,14	14,68	94,96
04/03/2015	14,81	91,92	13,03	78,80	16,52	98,82
05/03/2015	15,95	99,04	14,04	84,90	17,79	106,47
06/03/2015	18,44	114,46	16,23	98,12	16,56	123,05
09/03/2015	17,60	109,26	15,49	93,67	19,64	117,46
10/03/2015	16,31	101,24	14,35	86,79	17,11	108,84
11/03/2015	17,01	105,59	14,97	90,52	17,25	113,51
12/03/2015	19,72	122,43	17,35	104,95	15,67	131,61
13/03/2015	16,03	99,55	14,11	85,34	15,92	97,72
16/03/2015	15,42	95,70	13,57	82,04	17,20	102,88
17/03/2015	19,54	121,30	17,20	103,98	14,45	130,40
18/03/2015	15,51	96,27	13,65	82,53	17,30	103,49
19/03/2015	17,43	108,19	15,34	92,75	14,96	95,76
20/03/2015	14,89	92,43	13,10	79,24	16,61	106,40

Fuente: elaboración propia.

3.5. Comparación de métodos

Para comprobar si existe un ahorro de agua en comparación con el propuesto, se graficaron los resultados obtenidos. Para eso se sumaron los tres

lavados que se realizan en el día para obtener el consumo total. A continuación se muestran los resultados obtenidos en la tabla XLV.

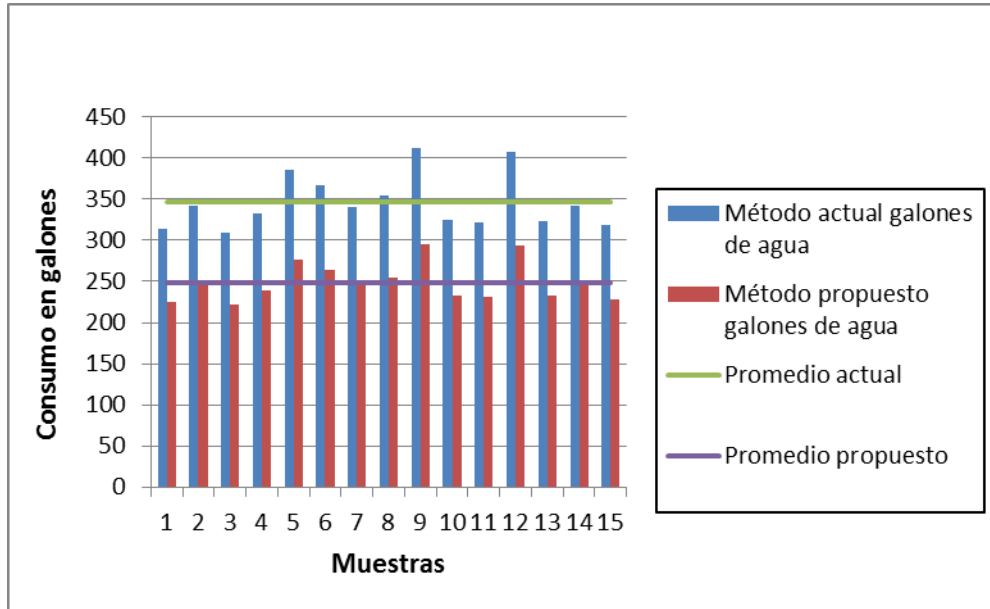
Tabla XLV. **Comparación de métodos en consumo de agua**

Ahorro de agua entre el método actual y el método propuesto		
Método actual galones de agua	Método propuesto galones de agua	Ahorro esperado en galones de agua
313,13	224,95	88,18
341,39	246,17	95,22
309,14	222,08	87,06
333,08	239,28	93,80
384,95	276,54	108,41
367,47	263,98	103,49
340,49	244,60	95,89
355,12	255,11	100,01
411,74	295,79	115,95
324,58	233,56	91,02
321,86	231,22	90,64
407,95	293,06	114,89
323,78	232,60	91,18
341,28	246,04	95,24
318,58	228,57	90,01
Ahorro promedio esperado		97,40

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra en la figura 35 la gráfica de la comparación del consumo de agua de los dos métodos.

Figura 35. Comparación de consumo de agua



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, se logró un ahorro promedio en el consumo de agua en el lavado de molino de 97,40 galones por día, logrando así tener un procedimiento más amigable con el medio ambiente y cumpliendo con la política ambiental y mejora continua de la empresa. Además, se logró reducir los tiempos del lavado del molino al mejorar la presión de salida del agua. A continuación se muestra la disminución del tiempo en la tabla XLVI que se logró al reducir el diámetro de la manguera.

Tabla XLVI. **Comparación de métodos en tiempos de lavado**

Método actual (min)	Método propuesto (min)	Reducción esperada (min)
52,52	43,75	8,77
52,35	43,61	8,74
48,65	40,60	8,05
52,41	43,74	8,67
56,32	46,93	9,39
57,83	48,26	9,57
52,43	43,73	8,70
54,05	45,08	8,97
58,06	48,35	9,71
50,59	42,18	8,41
50,66	42,27	8,39
56,38	46,93	9,45
50,95	42,52	8,43
52,50	43,74	8,76
48,92	40,82	8,10
53,28	44,39	8,89
50,29	41,95	8,34
51,79	43,18	8,61
55,62	46,36	9,26
49,23	41,02	8,21
Promedio esperado		8,77

Fuente: elaboración propia.

Además del ahorro de agua que se logró al mejorar el equipo, se pudo reducir un promedio de 8,77 minutos el lavado del molino.

3.6. Costo del plan de ahorro de agua en el lavado del molino de carnes.

Para disminuir el costo de los equipos y materiales en el desarrollo de la propuesta se pidió el apoyo del Departamento de Compras para realizar

cotizaciones en varias empresas y que se escogiera las mejores opciones. A continuación se muestra en la tabla XLVII los costos de cada uno de artículos.

Tabla XLVII. **Costo del plan de ahorro de agua**

Insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Manguera de 1/2"	1	Q 425,00	Q 425,00
Reductor PVC de 1" a 1/2"	1	Q 12,00	Q 12,00
Tubo PVC de 1/2"	1	Q 18,00	Q 18,00
Teflón de 1"	1	Q 7,00	Q 7,00
Pistola de agua	1	Q 65,00	Q 65,00
Pegamento para PVC	1	Q 17,00	Q 17,00
Mano de obra	1	Q 75,00	Q 75,00
Válvula de bola de 1/2"	1	Q 27,00	Q 27,00
Costo Total			Q 646,00

Fuente: elaboración propia.

El costo total para la realización del plan de ahorro de agua es de Q 646,00, siendo una inversión no muy alta para los beneficios de agua y tiempo que se obtienen.

4. FASE DE DOCENCIA. PROPUESTA DE UN PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE LA LÍNEA DE LA MIXER DE SALCHICHAS

4.1. Diagnóstico de las necesidades de capacitación

En esta fase se diseñó un plan de capacitación al personal de la *mixer* de salchichas en la empresa Cargill Meats, con el fin de detectar las áreas donde el personal se muestra deficiente en los conocimientos deben aplicar en el puesto de trabajo y en distintas áreas dentro de la planta de producción. Para esto, se consultó al Departamento de Recursos Humanos y al jefe de Producción si se contaba con las competencias laborales que debía tener un operador y si se tenía un nivel mínimo, como guía para la calificación de los puestos.

El puesto estudiado fue el de operario de la *mixer* de salchichas, el supervisor del área brindó las competencias laborales que el personal tiene en la empresa y con las cuales calificaban a los trabajadores del área, para determinar su nivel de conocimiento en temas necesarios para desempeñar el puesto en la empresa, esto fue usado como base para determinar el área en la que se detecte deficiencia. También se le informó al supervisor del área para contar con su cooperación durante la realización de la calificación del desempeño del puesto de trabajo por parte de los trabajadores del área.

A continuación se presenta la tabla XLVIII con las competencias laborales que debe poseer una persona para desempeñar el puesto de operario de la *mixer* de salchichas y su nivel mínimo aceptado.

Tabla XLVIII. **Competencias laborales y nivel mínimo de conocimiento**

Puesto	No.	Competencia	Objetivo	Nivel mínimo
Operario de la Mixer de Salchichas	1	Conocimiento en la elaboración de embutidos.	Hacer y saber el proceso de elaboración de los productos, la función de los ingredientes.	80
	2	Capacidad de memorización.	Capacidad para conservar las experiencias anteriores y aplicarlas al momento del trabajo	75
	3	Habilidad psicomotriz.	Coordinación entre el pensamiento y la reacción en un determinado momento.	75
	4	Experiencia en el puesto.	Conocimiento de la forma de trabajo debido al tiempo laborado en el puesto	75
	5	BPM	Conocimiento sobre la correcta manipulación del producto con las BPM	90
	6	Seguridad industrial	La forma de realizar el trabajo de una forma segura para el individuo y los demás.	80

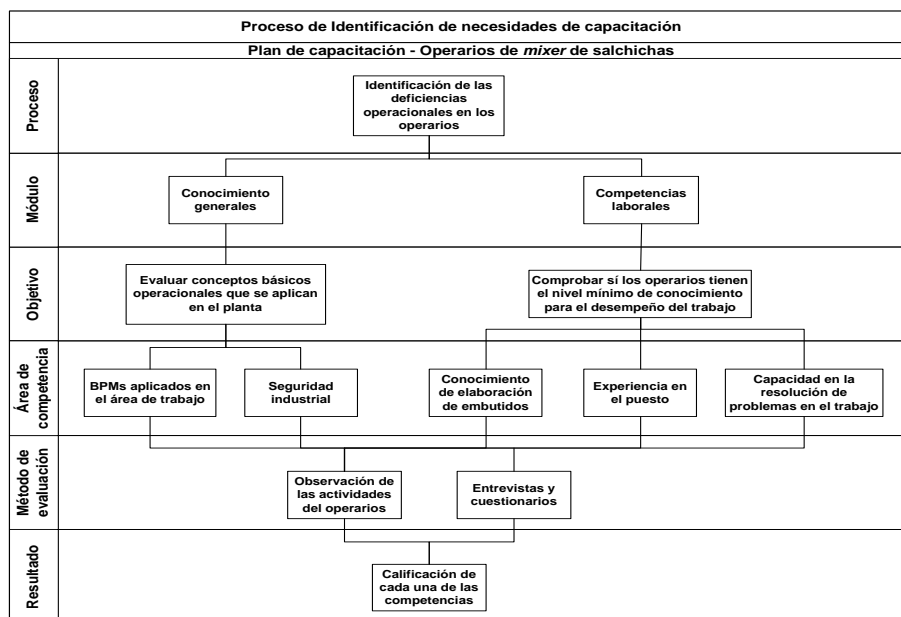
Fuente: Cargill Meats.

4.2. Descripción del proceso de análisis del personal

Luego de tener las competencias laborales y el nivel mínimo de conocimiento del operario de la *mixer*, se estableció que la evaluación del personal se realizará en el lugar de trabajo, por razones de tiempo y para no afectar la programación de producción. Además, se observa y califica la forma en que realizan el trabajo los operarios, tomando en cuenta las características que deben poseer para el buen desempeño en el área y lograr determinar en qué área se detecta debilidad.

Este análisis se realizó basado en los manuales de las funciones de los puestos de trabajo y los procedimientos operacionales al momento de realizar el proceso de producción. Además se contó con el apoyo del supervisor de área cuando se realizó la evaluación en el lugar de trabajo, con el fin de ayudar a calificar y guiar en la forma adecuada en que el operario debe realizar el trabajo y el equipo necesario que debe utilizar al momento de estar realizando la operación. También hizo observaciones al momento en que el operador incumplía en alguna forma con lo que se requería en el puesto de trabajo. A continuación se muestra en la figura 36 el diagrama para el proceso de identificación de las necesidades de capacitación de los operarios de la *mixer* de salchichas.


Figura 36. **Proceso de identificación de las necesidades de capacitación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

Para determinar el área donde los operarios tienen un nivel de competencia y de conocimiento por debajo del mínimo establecido, se utilizó el siguiente cuestionario.

Tabla XLIX. **Cuestionario para análisis de conocimiento del puesto**

	<p align="center">Empresa Cargill Meats</p> <p align="center">CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN CONOCIMIENTO DEL OPERARIO DE LA MIXER</p>	<p>DL-T02-0013 Elab.: Byron Ajanel Marzo 2015</p>
<p>Área: Producción</p>		<p>Fecha de realización: marzo-2014</p>
<p>Puesto: Operador de la mixer</p>		<p>Operación:</p>
<p>Responsable: Byron Ajanel</p>		<p>Tipo de Auditoría: Interna</p>
<p>OBJETIVO: Evaluar los conocimientos de los operarios para la realización del trabajo e identificar deficiencias.</p>		
<p>Las siguientes preguntas son de selección múltiple, seleccione únicamente la respuesta que a su criterio y conocimiento del tema sea la correcta, subrayando la letra y la respuesta que usted escogió.</p>		
<p>Ejemplo:</p>		
<p>En la suma 6+2 el resultado es</p>		
<p>a. <u>8</u> b. 5 c. 987</p>		
<p>1. Debe usted ingerir del producto que se produce en la línea dentro de las instalaciones de la empresa?</p>		
<p>a. Sí b. No</p>		

Continuación de la tabla XLIX.

- 2.** La higiene personal del personal que trabaja con el alimento influye sobre el producto y salud del consumidor.
- a. Siempre
 - b. Algunas veces
 - c. Nunca
- 3.** El programa de BMP debe de ir dirigido hacia:
- a. Solo la higiene.
 - b. Obtener la mejor calidad.
 - c. La seguridad del producto.
- 4.** El uso de reddecilla dentro del área de producción, bodega y almacén es:
- a. Opcional
 - b. Obligatorio
 - c. Innecesario
- 5.** El uso de mascarilla en todas las áreas de producción es
- a. Opcional
 - b. Obligatorio
 - c. Innecesario
- 6.** Las Buenas Prácticas de Manufactura son:
- Opcionales
Obligatoria para asegurar la seguridad y salubridad de los alimentos procesados.
- 7.** Si las empresas no cumplen con las regulaciones de BPM:
- a. Puede llevar a consecuencias muy serias incluyendo retiros del mercado, confiscaciones, multas y cargos criminales.
 - b. No tiene efecto alguno sobre la limpieza o el control de enfermedades.
 - c. Tiene poco impacto sobre el éxito de las compañías.
- 8.** El lavado de manos debe ser
- a. Antes de iniciar las labores
 - b. Después de toser o estornudar
 - c. Después de ir al baño

Continuación de la tabla XLIX.

- d. Después de tocar superficies
 - e. Todas las anteriores son correctas
- 9.** Las fuentes de contaminación pueden ser
- a. Física
 - b. Químicas
 - c. Biológica
 - d. Todas las anteriores son correctas
- 10.** ¿Cuáles son los mecanismos de contaminación?
- a. Directo
 - b. De origen
 - c. Cruzada
 - d. Todas las anteriores son correctas
- 11.** Los accidentes de trabajo:
- a. Se producen de forma súbita y se identifican por las pérdidas de materiales
 - b. Se desarrolla de forma lenta y no provoca lesiones a las personas
 - c. se producen de forma imprevista y se caracterizan por las lesiones que provocan a los trabajadores.
- 12.** Es un elemento, fenómeno o acción humana que puede provocar daño en la salud de los trabajadores.
- a. accidente de trabajo
 - b. Problema de trabajo
 - c. Factor de riesgo
- 13.** Son todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador contra posibles lesiones.
- a. Uniforme de trabajo
 - b. Equipo de protección personal
 - c. Vestimenta de protección
- 14.** Es necesario utilizar el equipo de protección personal en las áreas de producción.
- a. Opcional
 - b. Obligatorio
 - c. Innecesario
- 15.** Sabe usted cuál es el equipo de protección personal y en qué momento debe utilizarlos.
- a. Sí
 - b. No

Continuación de la tabla XLIX.

16. Como debe realizarse una evacuación?

- a. Conservar la calma
- b. Seguir las instrucciones de los coordinadores
- c. Caminar con calma, no gritar, no producir ruidos, no correr
- d. Evite los tumultos
- e. Nunca regrese antes de ser autorizado.
- f. Todas las anteriores son correctas.
- g. Solo a, b y c son correctas.

17. Cuáles son las obligaciones del operador

- a. Hacer sus propias medidas de emergencia
- b. Hacer lo que se pueda para evitar, reducir los accidentes
- c. Adoptar las medidas de seguridad e higiene de la empresa

18. Es el tejido muscular de los animales que se consume como alimento.

- a. Salchicha
- b. Carne
- c. Jamón

19. Es el proceso en el cual se agregan las sustancias curantes, especias y los condimentos y grasas molidas con el fin de homogenizar los ingredientes.

- a. Proceso de molienda
- b. Flekeado de las carnes
- c. Mezclado

20. Que es importante mezclar los ingredientes en seco.

- a. Por el *check list* lo pide
- b. Para realizar una buena homogenización de los ingredientes

21. Cuál es la factor que hace que aumente el tiempo de mezclado en la elaboración de la pastas de embutidos.

- a. El rango de temperatura de la pasta sea muy bajo
- b. Nunca se puede aumentar el tiempo de mezclado
- c. No puede aumentar, solo disminuir para ser más productivos

22. Se puede disminuir la cantidad de hielo en la elaboración de embutidos

- a. No se puede por que el *check list* no lo permite
- b. Sí la temperatura de la carne está por debajo del rango
- c. Sólo puede aumentarse la cantidad de hielo

Fuente: elaboración propia.

4.3. Resultados de competencias laborales

Al realizar la evaluación de los operarios de la *mixer* de salchichas se tomó en cuenta lo establecido en los manuales de los puestos de trabajo, procesos operacionales, nivel mínimo que la empresa exige a sus trabajadores, con el criterio del supervisor de producción (por su experiencia en el conocimiento del personal que labora en el área, procesos, entre otros) y el propio se determinaron los resultados que se presenta en la tabla L.

Tabla L. **Resultados de competencias laborales**

Operario	Competencias laborales					
	Conocimiento en elaboración de embutidos	Capacidad de memorización	Habilidad psicomotriz	Experiencia en el puesto	BPM	Seguridad industrial
1	65	80	80	60	90	95
2	60	85	85	75	95	90
3	75	80	90	75	95	85
4	60	80	80	60	90	90
5	80	80	90	65	90	80
6	65	90	90	60	85	85
Promedio	67,5	82,5	85,83	65,83	90,8	87,5

Fuente: elaboración propia.

Según lo observado en el cuadro de resultados de competencias laborales se determina que los operarios se encuentran deficientes en las áreas de conocimientos en elaboración de embutidos y experiencia en el puesto,

estas deficiencias se deben a que hubo una rotación en el puesto de trabajo y un nuevo ingreso para este puesto.

4.4. Propuesta para el plan de capacitación

La propuesta del diseño del plan de capacitación consiste en que una empresa experta en el tema de elaboración de embutidos brinde los conocimientos en el tema, por lo que se escogió al Centro de Capacitación de Tecnología de la Carne del Instituto de Capacitación y Productividad, Intecap, para que sea el encargado de brindar esta capacitación al personal, con el fin de que ellos amplíen sus conocimientos y desarrollen más criterios para la realización de los diferentes productos.

Para diseñar el cronograma de actividades de la ejecución de la propuesta, se determinó, con el apoyo de la gerencia, que los operarios pueden realizar el proceso de capacitación en las fechas finales de cualquier mes, debido a que procesos de mantenimiento, cierres de inventarios y otras actividades hacen que la planta realice un paro mensual, por lo que se decidió que ese día es el idóneo para que reciban el curso en el área de conferencias de la empresa.

Después de haber establecido los posibles días para la realización de la capacitación, se contactó con la institución para conocer las horas y los insumos necesarios para la realización de la actividad, además del costo de la capacitación y el material de apoyo que ellos aportan, para así lograr coordinar tanto con la institución como con la empresa.

4.4.1. Programa de capacitación

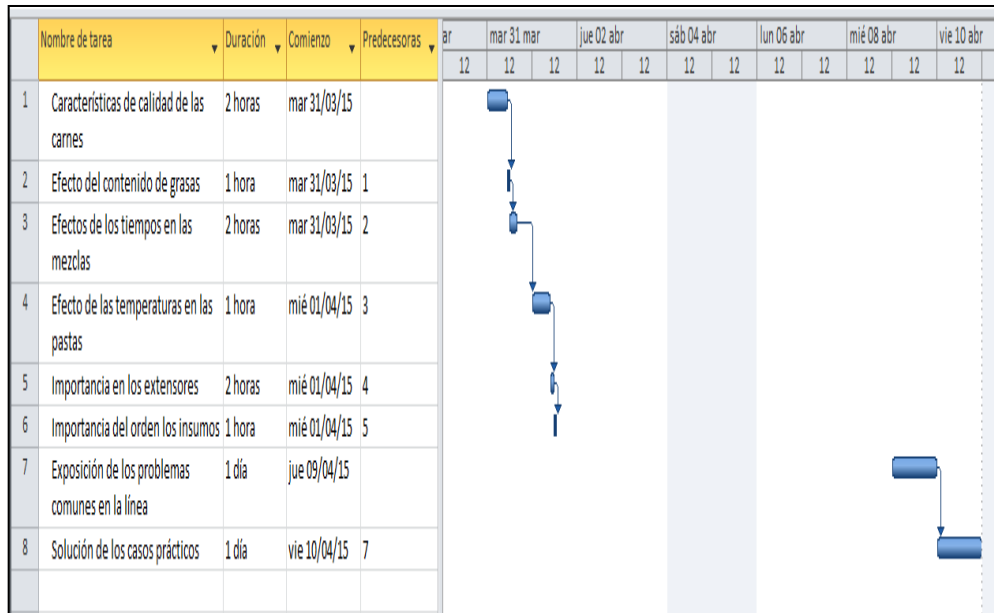
El programa de capacitación se dividió en dos fases, la que impartirá el Intecap que se enfocará en las características de calidad de las diferentes carnes, el efecto del contenido de grasas en un embutido emulsionado, el efecto de los tiempos en las mezclas, el efecto de las temperaturas en las pastas, la importancia de los extensores en las pastas, la importancia de agregar las sales y condimentos según el orden de preparación.

La otra fase de la capacitación consistirá en instruir a los operarios en solucionar los problemas más comunes de la *mixer*, basados en criterios y experiencias del líder de la línea y del supervisor del área. Esta formación se dará por medio del método de casos y exposiciones en la misma área de trabajo.

4.4.2. Cronograma propuesto del plan de capacitación

A continuación se presenta en la figura 37 un cronograma propuesto para la capacitación del personal de la *mixer* de salchichas.

Figura 37. Cronograma de actividades del plan de capacitación



Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el cronograma de actividades, la capacitación externa tendrá una duración total de nueve horas, siendo la primera el 31 de marzo de 2015, con una duración de 5 horas y al día siguiente las últimas 4 horas, la fecha para la capacitación interna serán los días 9 y 10 de abril.

4.5. Costo de la propuesta del plan de capacitación

El costo para la realización del plan de capacitación para 5 operarios de la *mixer* de salchichas se muestra en la tabla LI.

Tabla LI. **Costos para el desarrollo de la capacitación**

Insumo	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Costo del curso	1	Q 1 350,00	Q 1 350,00
Alquiler de equipo	1	Q 250,00	Q 250,00
Material de estudio	1	Q 50,00	Q 50,00
Hojas	25	Q 0,15	Q 3,75
Lapiceros	5	Q 2,00	Q 10,00
Costo Total			Q 1 613,75

Fuente: elaboración propia.

El costo total para la realización de la propuesta es Q 1 663,75 para los cinco operarios, con un costo individual de Q 332,75. Este costo debe verse como una inversión para que tengan más criterio en la toma de decisiones para la solución de problemas al realizar su trabajo y, por ende, tener mayor seguridad en cuanto a la realización del proceso productivo y mayor rendimiento en la elaboración de los productos.

CONCLUSIONES

1. Al realizar el diagnóstico de la línea de empaque de salchichas se determinó en el análisis de los tiempos de paros y fallos que las dos causas principales que disminuyen la capacidad de la línea son los cambios de moldes y los paros por fallos de maquinaria, teniendo una participación las dos causas de un 81,68 % del tiempo total que la línea permanece parada e inactiva para empaquetar.
2. Se logró establecer la capacidad de la línea para empaquetar, en libras-hora, los diferentes productos y generar un estándar de empaque para la programación de los volúmenes de producción.
3. Con la realización del balance de línea se logró distribuir adecuadamente al personal en las diferentes estaciones de trabajo, además de asignar a operarios a otras actividades cuando la línea trabaje con productos que demanden menos de los 15 trabajadores asignados.
4. Por medio del estudio de tiempos se definieron los tiempos estándar de cada uno de los productos que se empaquetan en la línea de salchichas y la disponibilidad de la línea para empaquetar en una jornada laboral.
5. Con la técnica SMED se logró reducir en un 3,31 % del tiempo total para la realización del cambio de moldes, que representa un aumento en la disponibilidad de empaquetar de 21,80 minutos en una jornada laboral.

6. Con el desarrollo de la propuesta se logró un ahorro en el consumo de agua en el lavado del molino de 97,40 galones por día, obteniendo así un procedimiento más amigable con el medio ambiente. Además, se logró reducir el tiempo para el desarrollo de esta actividad en 8,77 minutos.

7. Al realizar la evaluación de las competencias laborales de los operarios de la *mixer* de salchichas, se determinó que los operarios se encuentran deficientes en el área de elaboración de embutidos, por lo que se propuso una capacitación para mejorar las carencias encontradas por medio de una empresa experta.

RECOMENDACIONES

1. Seguir monitoreando las actividades del proceso de empaque para detectar anomalías y variaciones en los tiempos estándar de operación, para cumplir con los volúmenes de producción establecidos por el Departamento de Producción.
2. Programar productos con las mismas especificaciones de empaque para disminuir los cambios de moldes y reducir el tiempo de inactividad de la línea.
3. Establecer indicadores para medir de forma objetiva el desempeño del Departamento de Mantenimiento y analizar estadísticamente los fallos de maquinaria para mejorar el mantenimiento preventivo.
4. Realizar una evaluación de las prácticas de mantenimiento y personal del área, para determinar las debilidades del Departamento de Mantenimiento con el fin de proponer y establecer mejoras que aumenten la disponibilidad de las máquinas.
5. Programar el mantenimiento preventivo según los niveles de prioridades establecidos, disponer los repuestos específicos para cada una de las máquinas, mejorar la predicción de las fallas para planificar los mantenimientos correctivos y preventivos.

6. Realizar estudios para seguir reduciendo los tiempos de paro e inactividad de la línea de empaque de salchichas, así como de otras áreas, con el fin de incrementar la eficiencia de la planta.
7. Desarrollar un programa de control sobre el uso de agua en los procesos operacionales de la planta para controlar y proponer proyectos que reduzcan el consumo del recurso hídrico.
8. Evaluar los conocimientos de los operarios cuando se realicen cambios de puestos de trabajo, para mejorar el proceso de adaptación y desempeño de los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA


1. FUENTES GONZÁLEZ, Gloria Julissa. *Estudio de tiempos y movimientos a las operaciones realizadas a una pequeña industria de productos lácteos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 131. p.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
3. GUTIÉRRES PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 2002. 123 p.
4. HODSON, William. *Maynard: manual del ingeniero industrial*. 4a. ed. México: McGraw-Hill, 1992. 115 p. Tomo I.
5. MOHR BARRÍA, Paulina A. *Propuesta de metodología para la medición de eficiencia general de los equipos en líneas de procesos de sección mantequilla en industria láctea*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad Austral de Chile, 2012. 83 p.
6. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. 9a ed. Colombia: Alfa Omega, 2000. 880 p.

7. UCELO LEZANA, Astrid Roxana. *Diseño e implementación del sistema de eficiencia global de los equipos (OEE) en una línea de producción de pañales desechables e investigación de propuestas viable para la degradación de estos productos no reciclables en la empresa Altenvasa*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 138 p.

8. VÁSQUEZ MOSQUERA, David Andrés. *Propuesta de un plan para la aplicación de la estrategia SMED en el área: Construcción de llantas de camión radial*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería, 2011. p. 190.

ANEXOS

Anexo 1. Reporte de los defectos de calidad

 DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN -ÁREA DE EMPAQUE- INCUMPLIMIENTO EN LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHCAS -MES DE OCTUBRE- 2014					
Fecha de empaque	Código	Incumplimiento de paquetes/día	Incumplimiento en Libras/día	Reprogramar Faltante para la fecha	
11	1061	58	70	12	
11	1027	79	42	13	
12	1057	68	51	15	
12	1024	115	115	13	
12	1026	92	69	14	
13	1014	49	74	14	
14	1025	106	53	15	
16	1034	88	66	20	
16	1051	69	52	17	
17	1046	132	66	17	
17	152	49	37	20	
19	1023	65	16	21	
22	1009	71	53	23	
22	1007	123	31	23	
24	1004	94	24	26	
25	1026	73	55	26	
26	1019	29	58	27	

Fuente: Departamento de Producción, Cargill Meats.

Anexo 2. Reporte de los defectos de calidad

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD							
REPORTE DE INCONFORMIDADES DE LA LÍNEA DE EMPAQUE DE SALCHICHAS							
PRODUCTO RECHAZADO DEL MES DE OCTUBRE							
DEFECTO DEL PRODUCTO							
Fecha	Código	Mal sellado	Fecha No legibles	Mala presentación	Cama de aire	Total de defectos	Disposición
9	1023	5	12	3	2	27	Reempaque
10	1011	0	21	8	11	44	Reempaque
11	1008	0	3	6	0	9	Reempaque
12	1061	9	4	11	3	35	Reempaque
13	1027	12	7	5	0	36	Reempaque
14	1057	7	3	8	0	29	Reempaque
15	1024	0	13	5	3	44	Reempaque
16	1026	5	14	2	4	35	Reempaque
17	1014	11	5	12	0	28	Reempaque
18	1025	27	17	9	8	69	Reempaque
19	1034	2	6	5	9	35	Reempaque
20	1051	2	16	0	5	39	Reempaque
21	1046	4	13	6	2	46	Reempaque
22	152	9	2	7	0	25	Reempaque
23	1023	13	0	2	0	15	Reempaque
24	1009	1	11	0	4	21	Reempaque
25	1007	0	19	6	2	32	Reempaque
26	1004	8	5	0	8	30	Reempaque
27	1026	16	21	5	13	68	Reempaque

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Cargill Meats.

Anexo 3. Pistola de agua a presión



Fuente: Cargill Meats.

Anexo 4. **Tabla t de Student**

gl	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	Una cola Dos colas
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738	
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719	
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	
70	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	
80	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	
90	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	

Fuente: LÓPEZ BAUTISTA, Ezequiel Abraham. *Estadística*. p. 232.

