ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE ENVASADO DE PRODUCTO FINAL, EN UNA PLANTA PROCESADORA DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO LA METODOLOGÌA DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD

ALVARO DARWIN MAYORGA CHÁVEZ

mayorgatarqui@gmail.com

DIRECTOR: FAUSTO ERNESTO SARRADE DUEÑAS, Ing., MSc.

fausto.sarrade@epn.edu.ec

Quito, Octubre 2017

©Escuela Politécnica Nacional (2017)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Alvaro Darwin Mayorga Chávez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

ALVARO DARWIN MAYORGA CHÁVEZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Alvaro Darwin Mayorga Chávez, bajo mi supervisión.

_____

Fausto Ernesto Sarrade Dueñas, Ing., MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Mi mayor gratitud:

A la vida por permitirme la oportunidad de buscar la felicidad.

A mis padres por su amor y apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanas Daniela y Yajaira, por recordarme la esperanza.

A la empresa Moderna Alimentos S.A., por la oportunidad de desarrollar el presente trabajo.

Al Ing. Fausto Sarrade, director de proyecto, por su importante apoyo.

A Adry por su amor y perseverancia.

A todos mis familiares por su colaboración y ayuda en el cumplimiento de este objetivo.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis Padres y hermanas, por enseñarme el valor del amor y el sacrificio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

		PÁGINA
RESUMEN		**x**
INTRODUCCIÓN		**xi**
1.	**REVISIÓN BIBLIOGÁFICA**	1
1.1.	Capacidad de producción	1
	1.1.1. Terminologìa de capacidad y procesos de producción	1
	1.1.2. Capacidad de producciòn y las ventajas competitivas	4
1.2.	Productividad	5
	1.2.1. Definición de productividad	5
	1.2.2. Importancia de la productividad	5
	1.2.2.1. Productividad en la competencia global	6
	1.2.3. La medida de la productividad	7
	1.2.3.1. Componentes de la productividad	8
	1.2.4. Factores que restringen la productividad	9
1.3.	Costos de producción	10
	1.3.1. Costos de producción y la posición competitiva de las empresas	10
	1.3.2. Componentes del costo de producción	11
	1.3.3. Criterios de costos en el análisis de alternativas	13
	1.3.3.1. El valor actual neto	13
	1.3.3.2. Tasa interna de retorno	14
	1.3.3.3. Periodo de recuperación	14
1.4.	Simulación de sistemas de manufactura	14
	1.4.1. Terminología de simulación	15
	1.4.2. Ventajas y desventajas de la simulación	15
	1.4.3. Evaluación de alternativas con simulación	16
	1.4.3.1. Etapas en el proceso de simulación	17
	1.4.3.2.Análisis de datos para Simulación	18
	1.4.4. Software simul8	20
	1.4.4.1.Ventajas del uso de SIMUL8	20
1.5.	Teoría de las restricciones	21
	1.5.1. Prerequisitos de la teoría de restricciones	22
	1.5.1.1. Pensamientocartesianoversuspensamientosistémico	22
	1.5.2. Procedimiento de la teoría de restricciones	22
1.6.	Automatización	24
	1.6.1. Niveles de automatización	25
1.7.	Técnicas de evaluación de la capacidad	27
	1.7.1. Medidas de capacidad	27
	1.7.1.1. Mejora continua de la capacidad de proceso	29
	1.7.2. Medición de trabajo	31

1.7.2.1.Muestreo del Trabajo 32
1.7.3. Planificación de la capacidad 33

2. METODOLOGÍA 35

2.1. Descripción de la empresa 35

2.2. Diagnóstico inicial del área de envasado 36
2.2.1. Diagramación del área de envasado 37
2.2.1.1. Diagramación del proceso de obtención de harina de trigo 37
2.2.1.2. Subdivisión del área de envasado 37
2.2.2. Simulación del proceso de envasado 38
2.2.3. Componentes de diagnóstico inicial 40
2.2.3.1. Distribución de la jornada de trabajo 41
2.2.3.2. Stock en tránsito 41
2.2.3.3. Eficiencia de Operación 42
2.2.3.4. Costos por procesos 42
2.2.3.5. Demanda de producto por línea 43
2.2.3.6. Productividad 43

2.3. Implementación de la Teoría de Restricciones en el área de envasado 44
2.3.1. Meta 44
2.3.2. Identificación de restricciones 44
2.3.3. Explotar la restricción 45
2.3.3.1. Plan de acción para restricciones 45
2.3.3.2. Horario estándar de operación 46
2.3.4. Subordinar los procesos a la restricción 46

2.4. Evaluación de alternativas de mejora 44
2.4.1. Elevar la capacidad de la restricción 47
2.4.1.1. Automatización de línea de envasado fraccionado 47
2.4.2. Mejora continua 49

2.5. Diseño de layout de alternativa seleccionada 50

2.6. Evaluación de resultados 50
2.6.1. Evaluación de stock en tránsito 50
2.6.2. Evaluación de la eficiencia de operación 51
2.6.3. Evaluación de costos por procesos 51
2.6.4. Evaluación de la productividad 51

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52

3.1. Diagnóstico inicial del área de envasado 52
3.1.1. Diagrama de flujo general del proceso 52
3.1.2. Subdivisión del área de envasado 53
3.1.3. Simulación del proceso de envasado 54
3.1.3.1. Determinación del número de observaciones 54
3.1.3.2. Plan horario de muestreo 55
3.1.3.3. Recopilación de datos 55
3.1.3.4. Tratamiento de datos 58
3.1.3.5. Análisis de la simulación 60
3.1.4. Componentes del diágnostico 65

3.1.4.1. Distribución de la jornada de trabajo 65
3.1.4.2. Stock en tránsito 68
3.1.4.3. Eficiencia de operación 69
3.1.4.4. Costos por procesos 71
3.1.4.5. Demanda de producto por línea 73
3.1.4.6. Productividad 74

3.2. Implementación de la teoría de restricciones en el área de envasado 75
3.2.1. Identificación de restricciones 75
3.2.1.1. Resultados del diagnóstico inicial 75
3.2.1.2. Diagrama causa-efecto 76
3.2.2. Explotar la restricción 77
3.2.2.1. Plan de acción para restricciones 77
3.2.2.2. Horario estándar de operación 78
3.2.3. Subordinar los procesos a la restricción 80

3.3. Evaluación de alternativas de mejora 81
3.3.1. Elevar la restricción 81
3.3.1.1. Alternativas para aumentar la capacidad del área 81
3.3.1.2. Selección de alternativa final 85
3.3.1.3. Evaluación financiera de la alternativa seleccionada 90
3.3.2. Mejora continua 93

3.4. Diseño de layout de alternativa seleccionada 94

3.5. Evaluación de resultados 95
3.5.1. Evaluación de stock en tránsito 95
3.5.2. Evaluación de la eficiencia de operación 96
3.5.3. Evaluación de costos de procesos 97
3.5.4. Evaluación de la productividad 97

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 100

4.1. Conclusiones 100

4.2. Recomendaciones 101

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

ANEXOS 106

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1	Simbología utilizada en el diseño de flujogramas y gráficos de proceso	30
Tabla 2.1	Formato para toma de tiempos en área de envase por subproceso y trabajador	39
Tabla 3.1	Número inicial de personas programadas por turno de producción para cada línea del área de envasado	54
Tabla 3.2	Nomenclatura para representación de subprocesos en cada línea de envasado	56
Tabla 3.3	Nomenclatura alfanumérica para representación de actividades en área de envasado	56
Tabla 3.4	Número total de observaciones realizadas en el área de envasado por actividad y trabajador.	57
Tabla 3.5	Porcentaje total de producto a envasarse por mes para cada línea del área de envasado	58
Tabla 3.6	Proyección de demanda por producto envasado	58
Tabla 3.7	Distribución de probabilidad de los subprocesos del proceso de envasado	60
Tabla 3.8	Cuadro de resultados de cada work center en la corrida de simulación para programa actual de producción	61
Tabla 3.9	Porcentaje de la jornada de trabajo por empleado y actividad	68
Tabla 3.10	Unidades en tránsito en área de envasado por mes	68
Tabla 3.11	Consolidado de paradas del proceso productivo por mes y línea de envase en el periodo 2016	69
Tabla 3.12	Eficiencia de la operación de la planta en función al cumplimiento de la planificación de producción	70
Tabla 3.13	Componentes del costo promedio de producción de harina de trigo de Febrero Noviembre de 2016	71
Tabla 3.14	Componentes del costo promedio durante la parada de producción de harina de trigo	72
Tabla 3.15	Porcentaje de Demanda de productos para clientes industriales por subproceso de envase	74
Tabla 3.16	Productividad del área de envasado en periodo 2016	74
Tabla 3.17	Plan de acción establecido para diagrama Causa- Efecto	77

Tabla 3.18	Horario estándar para almuerzo de personal de área de envase.	79
Tabla 3.19	Análisis de capacidad de envase de primera alternativa para elevar restricción del área de envase	82
Tabla 3.20	Análisis de capacidad de envase de segunda alternativa para elevar restricción del área de envase	82
Tabla 3.21	Cuadro de resultados de la corrida de simulación para tercera alternativa	83
Tabla 3.22	Capacidad de envase de alternativa seleccionada del área de envase	90
Tabla 3.23	Cálculo de ahorro para aprobación de proyecto en área de envasado	91
Tabla 3.24	Análisis de retorno de inversión para aprobación de proyecto en área de envasado	92
Tabla 3.25	Unidades en tránsito en el subproceso de paletizado	93
Tabla 3.26	Promedio mensual de unidades antes y después de proyecto de automatización	96
Tabla 3.27	Eficiencia de operación con envasadora automática de carrusel	96
Tabla 3.28	Ahorro económico generado por la implementación de la envasadora automática de carrusel en área de envase	97
Tabla 3.29	Productividad calculada en el área de envasado con la implementación	98
Tabla 3.30	Estimado de productividad calculado para periodo de implementación	98
Tabla A III.1	Programa de plan horario de muestreo	117
Tabla A IV.1	Registro de datos del día 1	118

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1	Matriz Hayes - Wheelwright	3
Figura 1.2	Componentes del costo de producción	12
Figura 1.3	Ejemplo de gráfica de probabilidad	18
Figura 1.4	Procedimiento de la teoría de restricciones	23
Figura 1.5	Modelo piramidal de automatización	27
Figura 1.6	Diagrama de flujo	30
Figura 1.7	Ejemplo de un diagrama de causa-efecto	31
Figura 2.1	Ubicación planta molinera de Moderna Alimentos	35
Figura 3.1	Diagrama de flujo de proceso productivo de harina de trigo	52
Figura 3.2	Mapa inicial del proceso del área de envasado	54
Figura 3.3	Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso envase en presentación 50 kg (Descripción Minitab)	59
Figura 3.4	Simulación de proceso actual de envasado de harina de trigo	62
Figura 3.5	Porcentaje de rendimiento de work center del subproceso llenado de línea de envase para fraccionados	63
Figura 3.6	Porcentaje de rendimiento de work center del subproceso llenado de línea de envase papel	63
Figura 3.7	Simulación de proceso de envasado de harina de trigo para demanda proyectada	64
Figura 3.8	Porcentaje de distribución de la jornada de trabajo del personal del área de envasado	66
Figura 3.9	Distribución de actividades complementarias del personal en el área de envasado	67
Figura 3.10	Análisis de la jornada laboral del personal en el área de envasado	67
Figura 3.11	Porcentaje del stock en tránsito por línea del área de envasado del periodo Febrero a Mayo 2016	69
Figura 3.12	Porcentaje de distribución de la demanda por cliente de acuerdo a software de pedidos y logística LETRA	73
Figura 3.13	Productividad de área de envasado en periodo 2016	75
Figura 3.14	Porcentaje de tiempo muerto para línea de envase fraccionado	79

Figura 3.15	Análisis de capacidad de envase para tercera alternativa	84
Figura 3.16	Modelo de simulación de la tercera alternativa	85
Figura 3.17	Flujograma de trabajo propuesto mediante alternativa seleccionada	88
Figura 3.18	Esquema general de envasado mediante alternativa seleccionada	89
Figura 3.19	Unidades en tránsito en el subproceso de paletizado	94
Figura 3.20	Estimación de productividad acumulada con la implementación del proyecto	98
Figura A I.1	Diagrama de flujo de subproceso envasado convencional	107
Figura A I.2	Diagrama de flujo de subproceso envasado fraccionado	108
Figura A I.3	Diagrama de flujo de subproceso envasado integrado	109
Figura A I.4	Diagrama de flujo de subproceso envasado de papel	110
Figura A II.1	Distribución física inicial del área de envasado	111
Figura A V.1	Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de envase en presentación 50 kg	114
Figura A V.2	Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de transporte en presentación 50 kg	114
Figura A V.3	Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de cosido en presentación 50 kg	115
Figura A V.4	Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de empaletado en presentación 50 kg	115
Figura A VI.1	Diagrama de Pescado Causa- Efecto	116
Figura A VII.1	Informe de validación para nuevo programa de limpieza	117
Figura A VIII.1	Método de trabajo inicial y propuesto en segunda alternativa	118
Figura A IX.1	Proforma de empresa OFISNA para implementación	119
Figura A IX.2	Proforma de empresa OFISNA para implementación (continuación)	120
Figura A IX.3	Proforma de empresa BUHLER para maquinaria	121
Figura A IX.4	Proforma de nacionalización de maquinaria para proyecto	122
Figura A X.1	Plano de implantación preliminar del proyecto para el área	123
Figura A X.2	Diagrama de instalaciones requeridas para el proyecto	124
Figura A XI.1	Cronograma de implementación de proyecto en Microsoft Project	125

Figura A XII.1 Envasadora automática tipo carrusel Buhler MWPM - 4 126

Figura A XII.2 Trabajo de obra civil para instalación de silos 126

ÍNDICE DE ANEXOS

PÁGINA

ANEXO I 108
Diagramas de flujo de subproceso

ANEXO II 112
Distribución física inicial del área de envasado

ANEXO III 112
Plan horario de muestreo

ANEXO IV 113
Registro de datos del día I

ANEXO V 114
Gráficas de probabilidad del área de envasado

ANEXO VI 116
Análisis de Causa - Efecto

ANEXO VII 117
Modificación de programa de limpieza y desinfección

ANEXO VIII 118
Método de trabajo inicial y segunda alternativa

ANEXO IX 119
Proformas de trabajo para implementación de proyecto

ANEXO X 123
Planos para implemetación de proyecto

ANEXO XI 125
Cronograma de implemetación de proyecto

ANEXO XII 126
Fotos de trabajo de implementación de proyecto

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo fue incrementar la productividad del área de envasado y por tanto de la planta de harina de trigo de Moderna Alimentos S.A., utilizando la teoría de restricciones como principal metodología, donde también se manejó la herramienta de simulación Simul8, que permitió generar información a través de mediciones y evaluaciones de los modelos desarrollados y comparándolos con el trabajo normal de la planta, el diagnóstico se complementó con la evaluación de importantes componentes de análisis como productividad, eficiencia de operación, costos de procesos; a través de los cuales se determinó la restricción del área. En la fase de explotación de la restricción se manejó una estrategia administrativa junto con jefatura de producción, supervisores y operarios, mediante la programación de horarios para el almuerzo y la modificación del programa de limpieza, dicha estrategia permitió relevos entre los operadores para no suspender el envase y cosido en el tiempo de almuerzo. Se establecieron tres escenarios como alternativa para mejorar la productividad, las cuales fueron evaluadas técnica y financieramente; se consiguió incrementar la productividad del área mediante una tercera alternativa en un 24,7%; esta alternativa considera la instalación de una envasadora automática de carrusel y dos nuevos silos de 60 Tm en total para almacenar producto terminado, el costo estimado es de $ 780 216, inversión que se recupera en aproximadamente 4 años y 9 meses de operación. Finalmente en los análisis se demuestra que con la alternativa seleccionada se lograría equilibrar la capacidad de envase con la línea de producción, teniendo la planta una capacidad de molienda de 16 horas continuas sin necesidad de envase, lo que significa reducir horas extras, 5 trabajadores de planta y evitar paradas no programas de la planta, esto influye directamente en los costos de producción, lo que permite a la organización su permanencia como líder del mercado ecuatoriano, en un escenario donde la competencia, la situación económica y política actual, implican la búsqueda necesaria de la optimización de los procesos y la mejora continua en cada una de sus procesos.

INTRODUCCIÓN

El área de envasado de la planta de harina de trigo presenta una problemática que afecta la eficiencia de operación de la planta en general, que se evidencia en las paradas no programadas del proceso productivo de aproximadamente 192 horas anuales y la generación de producto sin envasar de 3 306 unidades en presentación fraccionada por mes. Determinándose este proceso por tanto como el cuello de botella del área.

El objetivo general del trabajo de investigación es incrementar la productividad del área de envasado de harina de trigo, a través de la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- Diagnóstico del área con ayuda de un programa de simulación.
- Determinar las limitantes y restricciones del área de envasado.
- Seleccionar la alternativa más adecuada para superar las restricciones.

Se halló en la teoría de restricciones un método adecuado para elevar el nivel de producción y eficiencia, de una forma económica sin suspender el proceso productivo y en conjunto con la simulación industrial, encontrar una alternativa para trabajar sobre el cuello de botella que está limitando el cumplimiento de objetivos.

Los pasos aplicados de la Teoría de restricciones en el trabajo de investigación se resume en: Identificar las restricciones del sistema con ayuda de un modelo de simulación, y decidir la forma de explotar la restricción. Proponer una alternativa para levantar la capacidad del área y planificar un nuevo análisis para establecer la mejora continua.

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos: en el primer capítulo se detalla la revisión bibliográfica relacionada con las herramientas utilizadas en el desarrollo de la metodología, aplicada para la ejecución del trabajo que comprende el capítulo dos; el tercer capítulo se refiere a los resultados obtenidos mediante la herramientas establecidas, finalmente en el cuarto capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones del proceso de investigación.

1. REVISIÓN BIBLIOGÁFICA

1.1. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

1.1.1. TERMINOLOGÍA DE CAPACIDAD Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN

En las organizaciones de manufactura, la capacidad se refiere a la tasa de producción resultante de un proceso por unidad de tiempo. Las organizaciones que miden su capacidad mediante otro principio, generalmente responden al sector de servicios. La carga de un proceso corresponde a la cantidad de trabajo planificado para este, en un periodo de tiempo. (Chapman, 2006, p. 164).

La capacidad de producción es un componente de la capacidad de manufactura, existen tres dimensiones en este estudio (Groover, 2008, p.8):

- Capacidad tecnológica: representa las características del conjunto de procesos de la instalación, esta capacidad guarda relación estrecha con el tipo de material con el que trabaja.

- Capacidad física de producto: los procesos de una planta pueden verse limitados al tamaño y peso del material y producto final que manejen, transmitiendo la limitación del producto a la capacidad física de la línea.

- Capacidad de producción: se llama también capacidad de planta y representa la cantidad de producción que se puede obtener en un periodo de tiempo.

La producción es la generación de productos a través de un conjunto de actividades, que permite transformar los recursos en bienes otorgándoles un determinado valor (Heizer y Render, 2007, p.3).

Un proceso de fabricación es la transformación de material que mediante la integración de energía, maquinaria y trabajo producen un nuevo material con un valor añadido (García, 2005, p. 13).

Los procesos, se pueden clasificar de la siguiente manera (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 8-9):

- Procesos de producción y servicios: estos procesos se relacionan con la producción de los diferentes tipos de bienes y servicios para un amplio y diverso mercado.

- Procesos de Abastecimiento: estos procesos se determinan como procesos de apoyo a un proceso productivo o de servicio y se enfocan en la adquisición de materia prima e insumos.

- Procesos de Distribución: se relacionan con los procesos que se ejecutan en un almacén, que pueden ser actividades simples o sistemas automatizados.

- Procesos Logísticos: son procesos que se relacionan con el traslado de un material, este conjunto implica actividades de entrega a mano, así como el uso de vehículos.

Al enfocarnos al proceso productivo, se pueden describir básicamente cinco tipos de procesos, aunque en la práctica real es común que exista una combinación de ellos (Chapman, 2006, p.4-5):

- Proyecto: de manera general los procesos de este tipo dan como resultado un producto exclusivo o particular, como por ejemplo una nueva herramienta informática o la construcción de un robot.

- Proceso de Taller: se caracteriza por utilizar maquinaria o equipo que puede satisfacer diferentes requerimientos en el proceso productivo, existe también una importante variación en los diseños de los productos.

- Proceso por lotes: la mayor parte de los procesos de las organizaciones manufactureras entren en esta categoría, donde la maquinaria es más especializada que en un taller, sin embargo ofrece cierta flexibilidad para una variedad determinada de diseños, por ejemplo la industria textil.

- Proceso Repetitivo: se destaca, por el uso de equipos especializados, donde la variabilidad de diseño es poca, y el volumen de producción es alto, por ejemplo la producción de electrodomésticos.

- Proceso Continuo: requiere maquinaria muy especializada y muy poca mano de obra, se describe en industrias con un alto volumen en productos y un estrecho rango en variabilidad de sus diseños.

En la figura siguiente se revisa la relación entre el tipo de flujo de un proceso y la variedad que se puede alcanzar en su producto terminado (Chapman, 2006, p. 7):

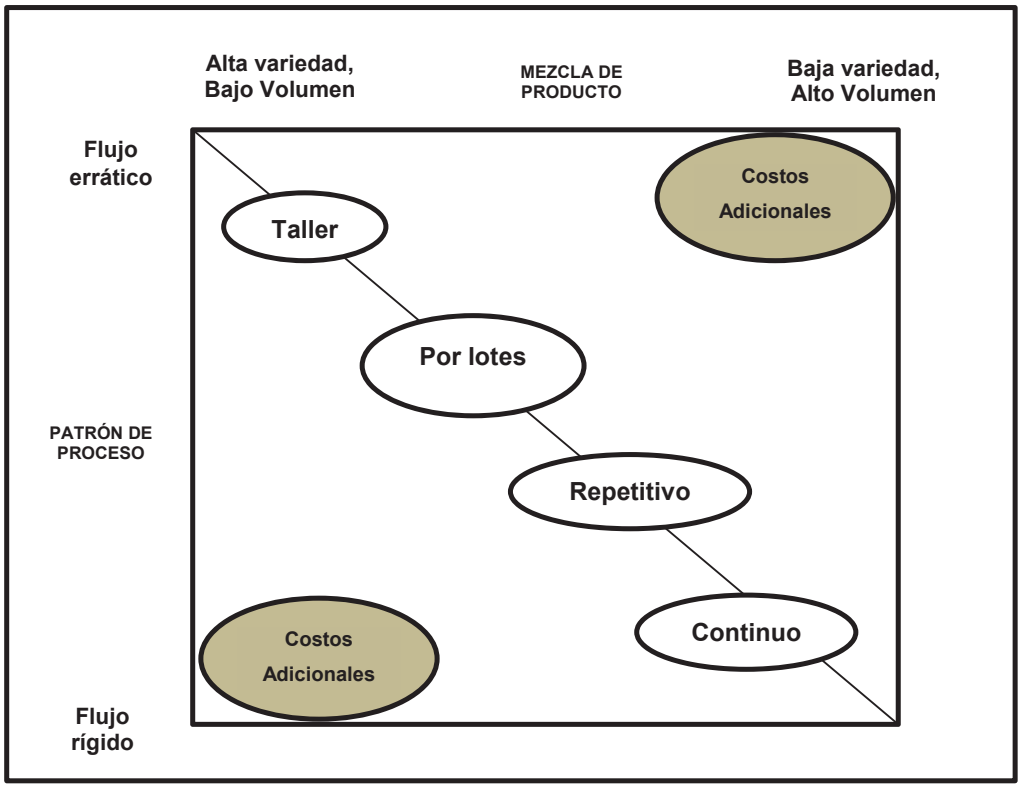


Figura 1.1 Matriz Hayes- Wheelwright
(Chapman, 2006, p.7)

1.1.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN Y LAS VENTAJAS COMPETITIVAS

La capacidad de producción, hace referencia a la capacidad de un conjunto de procesos para ajustarse a una especificación determinada de diseño de un producto o servicio (Krajewski, 2008, p. 227).

La capacidad de producción de una planta, correctamente diseñada e instalada, representa ciertamente una ventaja competitiva para las empresas donde a largo plazo, representarán un desempeño superior. Se consideran seis características de una ventaja importante y competitiva (Evans y Lindsay, 2008, p. 26):

- Contribuye al éxito del negocio en forma representativa.
- La organización provee a sus clientes un valor que la competencia no lo hace. Es una ventaja impulsada por los deseos del cliente.
- Se emplea de manera eficaz los recursos de una empresa, puesto que las empresas no tienen los mismos recursos.
- Es una ventaja difícil de replicar por otras organizaciones, así como también tiende a durar en el tiempo.
- Representa la base para la mejora continua en procesos futuros.
- Permite crear y sostener en gran medida los principios y motivación de la organización.

La capacidad de producción de manera práctica se puede medir en términos de unidades producidas por unidad de tiempo en una instalación. La ventaja competitiva y su relación con el diseño de la capacidad de una instalación, se evalúa cuando el programa de producción requiere una mayor tasa de producción que la instalada, se tiene un faltante de capacidad; por otro lado cuando el programa requiere una menor tasa de producción, se tiene exceso de capacidad, en estos dos casos, es más complejo alcanzar una ventaja competitiva, de manera general los costos de producción se verán incrementados (Chapman, 2006, p. 52).

1.2. PRODUCTIVIDAD

1.2.1 DEFINICIÓN DE PRODUCTIVIDAD

La productividad es una herramienta que se utiliza para evaluar qué tan bien una organización utiliza sus recursos. La productividad se trata de una medida relativa, es decir que en la mayoría de los casos, para una mejor interpretación, es necesario realizar una comparación con valores de operaciones resultantes. La productividad se puede definir en un sentido amplio con la siguiente razón (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 28):

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} \qquad [1.1]$$

La productividad para una empresa manufacturera es la relación entre la producción de bienes y los recursos utilizados, de la misma forma, para una empresa de servicios, la productividad es el cociente entre la producción de servicios y el capital utilizado.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos y servicios}}{\text{Recursos}} \qquad [1.2]$$

Teniendo en cuenta los factores de la relación productiva, el incremento de la productividad se puede llevar a cabo a través de dos vías: reduciendo los insumos que se usan mientras la producción permanece constante, o incrementando el nivel de producción mientras se usa la misma cantidad de recursos (Heizer y Render, 2007, p. 16).

1.2.2. IMPORTANCIA DE LA PRODUCTIVIDAD

La mejora de la productividad, radica en incrementar la cantidad de productos o salidas usando el mismo nivel de insumos o entradas. Es importante considerar que el incremento de la productividad de una organización, está ligado al cambio

permanente que se lleva a cabo en el entorno industrial y de negocio, dichos cambios se proyectan por la globalización y el desarrollo mismo de la tecnología y programas computacionales. El objetivo de quien lidera una unidad de negocios, así como una industria, es fabricar un producto de calidad, en el tiempo previsto, satisfaciendo al cliente y con la menor inversión posible, para lograr esto, es necesario evaluar todo el proceso con el fin de localizar la etapa o las etapas que no generan un valor agregado, de este modo se reducen costos, la utilidad es mayor y la organización permanece en el tiempo (Niebel y Freivalds, 2009, p. 2).

1.2.2.1. Productividad en la competencia global

Una organización económica que desea ser competitiva, debe proyectarse a nivel regional o incluso a nivel global, la mayoría de productos en el mercado, son elaborados con máquinas en insumos provenientes de varias partes del mundo, de modo que las empresas en esta estrategia, deben considerar a sus proveedores, clientes e incluso al mercado a un nivel global. Existen cinco consideraciones que han dado origen a esta estrategia global (Krajewski, 2008, p.14):

- Mejor tecnología de transporte y comunicación: Las distancias se han acortado y los tiempos se han reducido, entre ciudades, y también entre países, el transporte aéreo y el desarrollo de la informática ha facilitado la fusión de empresas, ampliación de mercados y de proveedores más competitivos.

- Sistemas financieros más flexibles: Varios cambios en todo el mundo se han llevado a cabo en el campo financiero, desde las primeras regulaciones bancarias en Estados Unidos el siglo pasado, para volverse más abiertos y atraer inversión de organizaciones económicas, las cuales buscan regiones donde los insumos y recursos en general sean más baratos.

- Regulaciones de importación y comercio internacional: Varios organismos regionales y de nivel continental como la Unión Europea, realizan importantes gestiones para poder facilitar el comercio entre los países y superar las barreras que existen, para la importación y exportación de productos cuyos precios finales se ven afectados en el mercado.

- Demanda de productos y servicios importados: Las estrategias de globalización han permitido las fusiones entre empresas para mejorar su competitividad y su poder de mercado, esto les ha permitido visualizar la oportunidad de tener instalaciones en otros países lo que facilita su penetración en el mercado.

- Ventajas en costos de producción: Una empresa, puede encontrar un abanico de opciones en lo que se refiere al costo de los recursos que usa, por ejemplo existen países que ofertan mano de obra barata calificada que reduce costes de producción, lo que representa una ventaja en comparación de costos.

1.2.3. LA MEDIDA DE LA PRODUCTIVIDAD

La productividad mide el desempeño de una organización desde sus bases y áreas más pequeñas, por tanto, las organizaciones económicas buscan mantener un mapa de la productividad de sus procesos. Para una empresa manufacturera, la medición de los procesos en términos de productividad se puede definir en función de la etapa productiva, por ejemplo el número de unidades que un operario empaca por hora, refleja la productividad de la mano de obra, mientras que la cantidad de ítems que una maquinaria procesa por hora, refleja la productividad de las máquinas (Krajewski, 2008, p.13).

La medición de productividad se puede realizar en función de un solo factor productivo, en tal caso se denomina productividad, en otro caso, si la medición implica considerar varios recursos como energía, hora de trabajo, etc., estaremos

tratando con productividad de múltiples factores que permite una visión más amplia de los procesos (Heizer y Render, 2007, p. 18).

1.2.3.1. Componentes de la productividad

La productividad se mide mediante el cociente de los resultados obtenidos y los recursos utilizados, los resultados pueden ser unidades producidas, servicios ejecutados, mientras que los insumos se refieren a recursos como horas del trabajador, cantidad de materia prima (Gutiérrez, 2010, p.21).

La productividad es la meta de la combinación de todos los recursos de la organización, de manera usual la productividad se enfoca en dos componentes (García, 2005, p. 19):

- Eficiencia: corresponde a la forma en cómo se utilizan los recursos de la organización en el cumplimiento de los objetivos, se consideran por ejemplo: tiempo muerto, desperdicios, razón de capacidad instalada.

- Eficacia: se refiere al grado de cumplimiento de los objetivos sin considerar los recursos usados, por ejemplo: cumplimento de programas de ventas, demoras en tiempo de entrega.

La eficacia es realizar lo planificado y la eficiencia es realizar lo planificado con la menor cantidad posible de recursos (García, 2005, p. 20):

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{Valor (cliente)}}{\text{Eficiencia (productor)}} \qquad [1.3]$$

Los tiempos muertos en las organizaciones son causas usuales para la disminución de la productividad. Los tiempos muertos y tiempos de ocio se originan de manera general por las siguientes causas (García, 2005, p. 20):

- Falta de materia prima
- Mala comunicación interna y externa
- Falta de personal
- Mantenimiento correctivo

- Falta de energía.
- Control de calidad

$$\text{Capacidad utilizada} = \text{Capacidad disponible} - \text{tiempo muerto} \quad [1.4]$$

$$\text{Porcentaje de eficiencia} = \frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100\% \quad [1.5]$$

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción ejecutada}} \times 100\% \quad [1.6]$$

1.2.4. FACTORES QUE RESTRINGEN LA PRODUCTIVIDAD

El incremento de la productividad se encuentra atado a factores internos y externos a la organización, no se puede lograr incrementar la productividad sin el compromiso de los directivos de la organización y los respectivos recursos necesarios (Schroeder, 2011, p.174).

La mejora de la productividad se establece en la estrategia corporativa, es un objetivo que toda organización considera si desean mantenerse en el tiempo, por tanto, los directivos consideran varios factores que pueden restringir la productividad (García, 2005, p. 19; Schroeder, 2011, p.175):

- Dirigencia: fija el entorno laboral adecuado para la mejora de la productividad, mediante el desarrollo de un ambiente que permita alcanzar cada objetivo estratégico.

- Dimensión de la organización: en los primeros años de una fusión de organizaciones, siempre enfrentan retos inesperados, tanto en el área técnica y de comunicación. A mayor tamaño de la organización, existen más obstáculos para lograr la estandarización.

- Políticas de estado: en muchas ocasiones los reglamentos de gobierno reducen los recursos de la organización, entorpeciendo el alcance de los objetivos.

- Herramientas: las organizaciones pueden desconocer las herramientas adecuadas para medir, controlar y mejorar la productividad.

- Recurso físico: comprende el recurso tecnológico, la calidad de materia prima, instalaciones y personal.

1.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Los costos de producción se visualizan permanentemente en las organizaciones para tener un mapeo de todos sus procesos y complementar el análisis de todos los componentes del negocio. En la actualidad la mayoría de industrias y negocios, evalúan el entorno competitivo en el que se encuentran, por tal motivo buscan su restructuración, con el objetivo de eliminar todos los procesos que no agregan valor a los bienes que producen, para reducir sus costos de producción y operación (Niebel y Freivalds, 2009, p. 12).

1.3.1. COSTOS DE PRODUCCIÓN Y LA POSICIÓN COMPETITIVA DE LAS EMPRESAS

En la actualidad el cliente de cierto producto o servicio, tiene una gran variedad de opciones en el momento de realizar su compra, diversos productos atraen a varios tipos de clientes, de los cuales una buena parte se fijan en los costos, por lo que muchas organizaciones tienden a establecerse como las que ofrecen productos de bajo costo (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 22).

Algunos de los factores que establecen la posición competitiva de las organizaciones (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 23):

- Costos: reducir los costos de producción es unos de los factores más importantes, sobre todo si la empresa desea tener éxito en el segmento de mercado que se fija únicamente en el precio.

- Calidad: dos características importantes se definen, la calidad de diseño que busca interpretar la necesidad del cliente y la calidad de proceso que vela por el cumplimiento de los parámetros o especificaciones.
- Entrega del producto: el costo elevado por contar con un servicio casi instantáneo no es un problema para muchos clientes, por lo que las empresas con una mayor velocidad en sus entregas tienen gran ventaja.

- Cambios de demanda: La empresa competitiva maneja los cambios dinámicos del mercado, la estrategia debe considerar los costos que el incremento o disminución de la demanda puede ocasionar.

1.3.2. COMPONENTES DEL COSTO DE PRODUCCIÓN

En una organización industrial se consideran principalmente tres componentes del costo de producción (Jiménez y Espinoza, 2006, p. 113):

- Costo del material: Los materiales que una industria adquiere, pueden ser directos cuando forman parte del producto o materiales indirectos como por ejemplo los envases. El método que se usa para costear los materiales puede depender de:
    - Frecuencia de compra de los materiales.
    - Relación entre el costo del material y el producto terminado.
    - Cantidad de material que se compra.
    - Efectos de los impuestos.
    - Tendencia de los precios.

- Costos de mano de obra: se refiere al pago de los salarios de quienes participan en la producción y la mano de obra indirecta donde se considera por ejemplo personal de administración.

- Costos indirectos de fabricación: Los costos indirectos son aquellos que no se relacionan directamente con la unidad producida, se puede clasificar en fijos y variables.

Los componentes del costo de producción se relacionan desde sus diferentes niveles con la unidad producida, la organización debe planificar estratégicamente dichos componentes para un costo de producción adecuado. En la figura siguiente se identifica la relación de los componentes (Jiménez y Espinoza, 2006, p. 112):

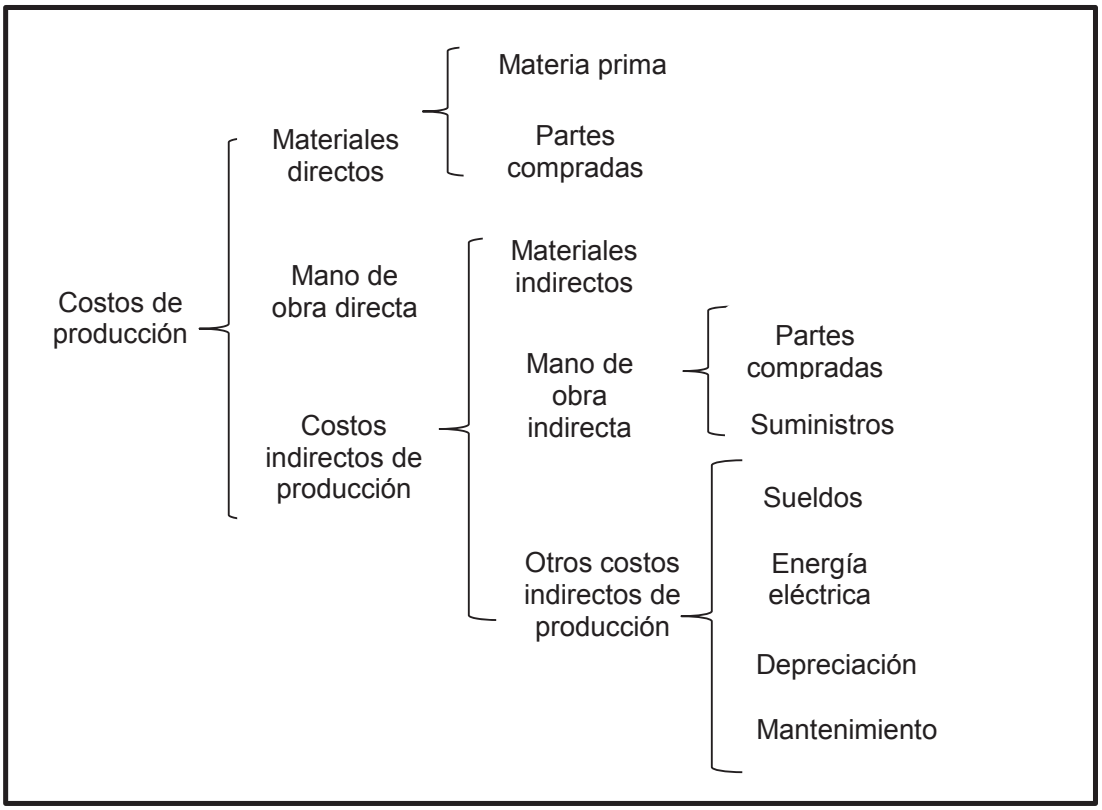


Figura 1.2 Componentes del costo de producción
(Jiménez y Espinoza, 2006, p. 112)

1.3.3. CRITERIOS DE COSTOS EN EL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El análisis de alternativas en una organización industrial se torna más específica a medida que esta se convierte en un aparato más complejo como por ejemplo una fusión de compañías. Las alternativas de desarrollo se evalúan mediante un análisis económico que engloba técnicas que consideran el valor del dinero en el tiempo, para poder tomar las mejores decisiones en el ámbito industrial (Baca, 2007, p. 4).

1.3.3.1. El valor actual neto

El valor actual o presente de los flujos netos, se refiere a traer del futuro cantidades monetarias al presente a su valor equivalente, no se toma en cuenta la duración del proyecto (Baca, 2007, p. 88):

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^{n} \frac{F_j}{(1+i)^1} \qquad [1.7]$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

F_j = flujo neto en el periodo j

I_0 = inversión en el periodo 0

n = horizonte de evaluación

Un proyecto se considera rentable cuando el valor actual neto es mayor que cero, caso contrario se considera un proyecto no ejecutable (Jiménez y Espinoza, 2006, p. 212).

1.3.3.2. Tasa interna de retorno

El método de la tasa interna de retorno o rendimiento significa aquella tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero (Sullivan y Wicks, 2004, p. 164):

$$0 = -I_0 + \frac{F_j}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad [1.8]$$

Donde:

F_j = flujo neto en el periodo j

I_0 = inversión en el periodo 0

n = horizonte de evaluación

1.3.3.3. Periodo de recuperación

El periodo de recuperación se refiere al periodo de tiempo necesario para que el flujo de caja del proyecto pueda recuperar la inversión inicial (Baca, 2007, p. 89):

$$\sum_{j=0}^{Tp} \frac{F_j}{(1+i)^j} = 0 \quad [1.9]$$

Donde:

T_p = Periodo de recuperación

1.4. SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA

Los análisis de simulación en computadora de los procesos se han convertido en una herramienta común en la evaluación de los sistemas de manufactura, estas simulaciones con un lenguaje nuevo, que permiten interpretar los patrones que son causa para la desviación de un proceso o incluso todo un sistema (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 438).

1.4.1. TERMINOLOGÍA DE SIMULACIÓN

La simulación representa la intención de reproducir las características, rasgos y aspectos fundamentales de un sistema real en un modelo, a través de una herramienta informática (Heizer y Render, 2007, p. 343).

La simulación es una herramienta que permite optimizar las decisiones de una organización, evalúa las variables requeridas y los impactos globales de sus interacciones (Kalpakjian y Schmid, 2008, p. 1203).

Un modelo de simulación es una representación de la realidad que se desarrolla con el propósito de estudiarla, los modelos se pueden clasificar en (Kalpakjian y Schmid, 2008, 1206):

- Dinámico: el modelamiento dinámico permite que la dimensión tiempo se incluya en el sistema.
- Estático: el modelamiento estático permite el estudio del sistema sin la dimensión tiempo, por lo que resulta difícil modelar un sistema dinámico usando un análisis estático.
- Determinístico: este tipo de herramienta permita modelar la variabilidad de un sistema mediante distribuciones estadísticas que permitan generar eventos aleatorios.
- Estocástico: también llamado modelo estocástico, tiene la capacidad de trabajar como un modelo determinístico si utiliza distribuciones fijas.

1.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN

El desarrollo de nuevos programas ha permitido que la técnica de simulación para el análisis de sistemas se aplique de una manera más amplia, se presentan las siguientes ventajas (Monsó, 1993):

- Se pueden estudiar en el sistema el efecto de los cambios internos y externos al realizar alteraciones en el modelo del sistema.

- El modelamiento conlleva a una mayor eficiencia del sistema una vez que se ha logrado su entendimiento.

- La simulación puede lograr la simplificación del sistema, y puede identificar las variables más importantes, así como la interacción entre ellas.

- Es posible anticipar de mejor manera los resultados, a través de la experimentación del modelo en nuevos escenarios.
- La técnica de simulación se puede aprovechar para capacitación del personal de la organización.

- Cuando un sistema es modificado, la técnica de simulación se puede utilizar para anticipar posibles restricciones o desviaciones nuevas.

Las ventajas de las técnicas de simulación son nuevas y numerosas, sin embargo, estas herramientas pueden presentar los siguientes inconvenientes (Ogata, 2010, p. 12):

- Requieren la inversión costosa por compra de equipos de computación y recursos humanos.

- Para que un modelo de simulación sea desarrollado y perfeccionado, se requiere de bastante tiempo.

- Es posible que los directivos de la organización por falta de criterio técnico no compren la idea de implementar esta herramienta.

1.4.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS CON SIMULACIÓN

Un sistema de manufactura comprende en términos generales múltiples equipos y procesos, una simulación de dicho sistema permite organizar estos elementos e identificar puntos críticos de análisis (Kalpakjian y Schmid, 2008, p. 1207).

La simulación permite estudiar la capacidad y la distribución de un sistema, es posible comparar varias alternativas en diversos escenarios, para elegir la alternativa más adecuada (Meyers y Stephens, 2006, p. 15).

1.4.3.1. Etapas en el proceso de simulación

La metodología de la técnica de simulación requiere habitualmente las siguientes etapas de ejecución (Meyers y Sthepens, 2006, p. 120; Corporation, simul8, 2003):

- Definición del problema: en la primera etapa es necesario describir la problemática de una manera sencilla que permita su comprensión y la posterior fijación de un objetivo claro.

- Formulación del objetivo: el objetivo que se define para el proceso debe ser factible y medible de forma que aporte a la configuración de la simulación.

- Descripción del sistema: esta etapa requiere que se definan los elementos del sistema como entradas, recursos, flujos, salidas y transformaciones del producto, por tanto, la correcta representación del sistema nos dará un modelo próximo a la realidad.

- Determinación de alternativas: al inicio del modelamiento se consideran algunas de las alternativas de modificación al diseño, con esta anticipación, el modelo puede ser transformado en otro modelo alternativo.

- Recolección de datos: esta etapa consiste en la combinación de datos provenientes de registros históricos, informes y control estadístico del proceso a simular, la muestra debe ser representativa para que la información sea confiable.

- Diseño del modelo: la descripción del sistema y la recopilación de datos se utilizan en el equipo computacional para interpretar la realidad del sistema, existen varios paquetes de simulación para esta etapa.

- Validación del modelo: esta etapa implica la determinación de si el modelo corresponde a una correcta representación del sistema real y ha cumplido el o los objetivos.

1.4.3.2. Análisis de datos para Simulación

Para el desarrollo de la simulación, se realiza el ajuste de un conjunto de datos que determinan la probabilidad de que este conjunto cumple cierta distribución de probabilidad. Es posible identificar una distribución de probabilidad de un conjunto de variables aleatorias mediante representaciones gráficas o métodos analíticos de dicho conjunto que puede ser empírico o teórico (Ogata, 2010, p. 31).

Una gráfica de probabilidad permite evaluar el ajuste de una determinada distribución a sus datos, una de las bondades de las gráficas, es que se puede juzgar el ajuste de dicha distribución visualizando la distribución de los puntos sobre la línea (Johnson, 2012, p.39).

En la actualidad los programas computacionales modernos, evitan el tedioso proceso del cálculo de los procesos estadísticos. MINITAB es un programa relativamente fácil de utilizar, otros programas tienen en general una estructura de comandos similar (Johnson, 2012, p.38).

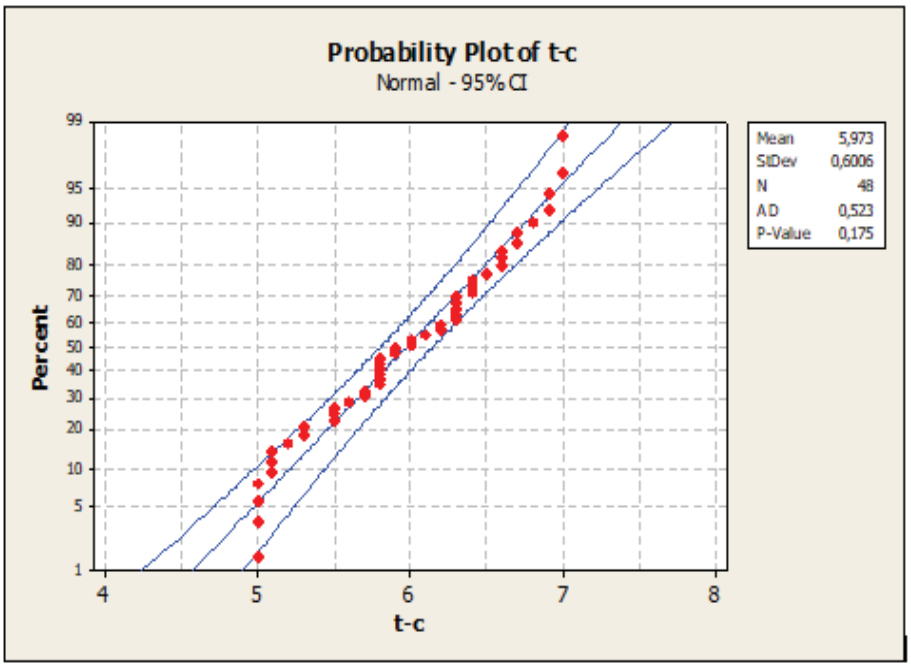


Figura 1.3 Ejemplo de gráfica de probabilidad
(MINITAB 16, 2010, p. 28).

En estadística aplicada los investigadores de forma extensa han optado por la aproximación de valor P en la toma de decisiones en la prueba de hipótesis, el uso de los valores para α= 0,05 y α= 0,01, son el resultado de estándares establecidos por su uso continuo por generaciones (Walpole y Myers, 2007, p.334).

Se puede entender al valor P de manera simple como la probabilidad de obtener este conjunto de datos, dado que las muestras provienen de la misma distribución. La toma de decisiones con la aproximación del valor P es bastante natural, puesto que casi todos los programas de computación que ofrecen cálculo de prueba de hipótesis dan el valor P (Walpole y Myers, 2007, p.335).

Para definir si se debe rechazar la hipótesis nula H_o, se puede comparar el valor P con el nivel de significancia α (Walpole y Myers, 2007, p.335):

- Si el valor P es menor o igual que α, se rechaza la hipótesis nula H_o.
- Si el valor P es menor o igual que α, se acepta la hipótesis nula H_o.

1.4.4. SOFTWARE SIMUL8

SIMUL8 es una herramienta de software para la simulación de procesos asistidos por un ordenador, que permite la modelización de procesos para estudiar productos, flujos, colas de espera y condiciones generales de un puesto de trabajo (Corporation Simul8, 2003, p. 152).

La herramienta SIMUL8 permite representar, animar y explorar mediante simulación diversos procesos de cualquier nivel de complejidad de una manera rápida; además, ofrece al usuario la simulación virtual de sistemas industriales y administrativos para medir, justificar y registrar la toma de decisiones en los procesos de mejora (Corporation Simul8, 2003, p. 45).

1.4.4.1. Ventajas del uso de SIMUL8

- SIMUL8 muestra un proceso animado donde el usuario puede visualizar y entender la representación del sistema, el usuario lleva a cabo con facilidad los ajustes de los defectos que la simulación le permite ver.
- SIMUL8 es una herramienta compatible con las tecnologías Microsoft.
- Permite obtener plantillas que ayudan a los usuarios que inician en el uso del software, lo que facilita su manejo.
- SIMUL8 genera un conjunto de indicadores de desempeño claves o llamado KPI por sus siglas en inglés, estos indicadores permiten visualizar opciones de mejora del modelo y por tanto del sistema real, mejoras que se pueden traducir en disminución de costos o incremento de productividad del sistema.
- Es una herramienta de uso intuitivo y simple que permite al usuario trabajar asistido de funciones amigables y ventanas rápidas de diálogo.

1.5. TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES

En términos generales, una restricción es cualquier factor del sistema que impide que la organización económica pueda alcanzar su objetivo, tal objetivo en la mayoría de los casos es la rentabilidad económica (Chapman, 2006, p. 220).

Un cuello de botella se refiere a la existencia de un recurso cuya capacidad limita la producción de un sistema. Por lo general este cuello de botella tiene una capacidad menor que su demanda (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 686).

La teoría de restricciones considera tres conceptos fundamentales, el primer concepto se refiere a la meta o propósito como un resultado de todos los esfuerzos. El segundo concepto considera la existencia de una condición necesaria que debe satisfacerse para alcanzar los resultados. El tercer concepto es el de la limitación o restricción, dentro de este concepto se define a todo aquello que impide que un sistema funcione de una manera óptima (Goldratt, 2004, p. 105).

“Para Goldratt, hay dos tipos de restricciones: físicas y normativas. Las restricciones físicas son relativamente fáciles de identificar y superar. Las restricciones normativas (regulaciones, políticas, usos y costumbres, etc.) son mucho más difíciles de deshacer, pero suelen producir mejoras notables en el sistema existente” (Kofman, 2007, p. 240).

Cada proceso tiene una capacidad definida, si un sistema tiene varias etapas o procesos con capacidades distintas, las mismas están atadas a la etapa de menor capacidad misma que llevaría el nombre de restricción. Siguiendo este razonamiento, si en la búsqueda de mejorar los ingresos de la organización, se incrementa el trabajo o flujo en las etapas que no tienen la restricción, se provoca el efecto adverso, es decir, que se origina un posible exceso de inventario y no un incremento de la productividad (Goldratt, 2004, p. 105).

1.5.1. PREREQUISITOS DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

Para facilitar la implementación de la Teoría de restricciones, es necesario cumplir con ciertos prerrequisitos de base (Krajewski, 2008, p. 258):

- Los directivos de la organización deben adoptar la implementación de la teoría de restricciones como un compromiso gerencial alineado a las estrategias corporativas.
- El compromiso del personal es básico para aplicar un cambio de metodología. Las llamadas bases, son dueñas del proceso, por tanto, los primeros análisis suelen surgir en este nivel.
- La capacitación del personal debe ser constante, antes y durante el proceso, las nuevas herramientas siempre implican adiestramiento.

1.5.1.1. Pensamiento cartesiano versus pensamiento sistémico

En la aplicación de la teoría de restricciones, es muy importante tener en claro la diferencia entre el pensamiento cartesiano y sistémico. En el primer caso, se entiende a un sistema como un conjunto de elementos cuyas capacidades individuales deben trabajar al máximo para llegar al rendimiento. El segundo pensamiento advierte que para que un sistema no tenga un rendimiento limitado, solo algunos de los elementos deberá funcionar al máximo (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, p. 690).

1.5.2. PROCEDIMIENTO DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

La meta de una organización de ganar dinero se puede presentar en los conceptos de throughput, gastos operativos e inventarios. Throughput representa el concepto de velocidad con que la organización genera ingresos a través de las ventas, el gasto operativo es el recurso que la organización gasta con el fin de

transformar el inventario en throughput, en tanto que el inventario es el dinero que la organización invierte en los ítems que tiene como objetivo vender (Goldratt, 2004, p. 106).

Para la implementación de la teoría de restricciones en la mejora de un sistema, se recomienda la ejecución de cinco pasos (Chapman, 2006, p. 223; Krajewski, 2008, p. 257):

- Identificación de la restricción: es necesario realizar un análisis del proceso completo para determinar cuál proceso local es el que limita el rendimiento. Este primer concepto no solo se limita al criterio operativo de producción, si la realidad lo requiere, se puede extender a las demás áreas de la organización.

- Explotar la restricción: dado que la capacidad del cuello de botella define la capacidad del sistema, se debe encontrar un método que permita maximizar el uso del proceso restrictivo, esto permitirá obtener un rendimiento productivo adecuado.

- Subordinar los procesos a la restricción: los procesos dentro de un sistema se encuentran interrelacionados entre sí, el concepto de subordinación implica que tales interrelaciones se tomen para lograr que el resto de procesos trabajen de forma tal que maximice la utilización o explotación del proceso restrictivo.

- Elevar la restricción: representa el concepto de elevar la capacidad misma de la restricción, incrementar su disponibilidad. No se debe llevar a cabo esta etapa sin los pasos anteriores, de lo contrario se podría adquirir más recursos restrictivos.

- Mejora continua: Al lograr el rendimiento de un sistema elevando la restricción analizada, esta dejará de ser restricción, sin embargo, a lo largo del sistema, aparecerá una nueva limitante. Es necesaria una verificación continua para verificar un desplazamiento del proceso restrictivo.

El procedimiento de la Teoría de restricciones se puede resumir mediante la siguiente gráfica (Kofman, 2007, p. 242):

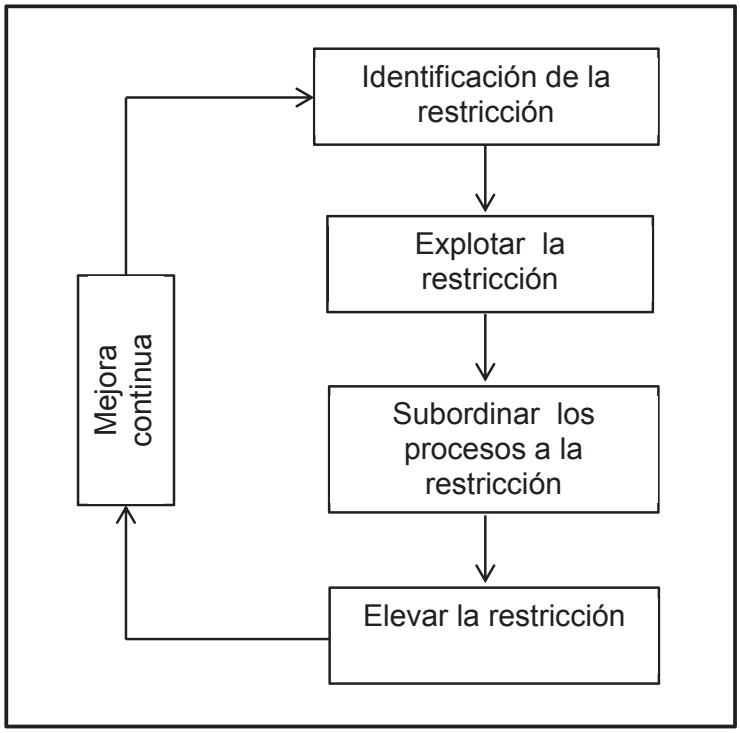


Figura 1.4 Procedimiento de la Teoría de restricciones
(Kofman, 2007, p. 242).

1.6. AUTOMATIZACIÓN

Los procesos modernos de fabricación son una consecuencia del avance en las operaciones automatizadas, el desarrollo de la ingeniería y la ciencia en general ha permitido obtener procesos industriales en importantes niveles de automatización y control (Ogata, 2010, p. 3).

Se revisan algunos términos básicos en la visión integral de las operaciones de automatización (Ogata, 2010, p. 4):

- Variable controlada y manipulada: la variable controlada es aquella cantidad que se mide y por tanto es controlada, en tanto que la variable

modificada es la cantidad que se modifica para afectar el valor de la variable controlada.

- Proceso: es el desarrollo de una serie de actividades que se ejecutan de una manera artificial y controlada, que conduce a un resultado determinado a partir de cambios graduales de un elemento primario.

- Sistemas: conjunto de componentes que ejecutan tareas para alcanzar un objetivo determinado. Un sistema también puede estar sujeto a componentes económicos, políticos, entre otros.

- Planta: el término planta no solo se limita a un gran conjunto de recursos financieros, físicos y humanos; también se refiere a cualquier conjunto de elementos que tienen un fin en particular.

1.6.1. NIVELES DE AUTOMATIZACIÓN

Aunque muchos sistemas nuevos son casi totalmente automáticos, las organizaciones deben evaluar el nivel de automatización en sus instalaciones desde el punto de vista tecnológico y económico dependiendo de los objetivos estratégicos (García y García, 2006, p. 24; Groover, 2007, p. 931):

- Nivel elemental: corresponde al nivel asignado a una máquina o una parte de ellas para tareas generales de posicionamiento de piezas, funciones de seguridad y toma de información. La intervención del personal se realiza en la supervisión.

- Nivel intermedio: el nivel intermedio en general representa la automatización clásica industrial, representa la integración de un conjunto de máquinas básicas o bien una máquina compleja.

- Tercer nivel: corresponde a sistemas basados en computador donde existe una comunicación inteligente entre el sistema y operador. Este nivel sigue

a un proceso completo, donde adicional al control se integran aspectos como mantenimiento, control calidad y optimización.

- Cuarto nivel: representa la automatización integrada, por sus siglas en inglés CIM (Computer Integrated Manufacturing). Aborda una estrategia productiva que integra a la producción, planificación, gestión de administración, etc.

La automatización corresponde a un concepto de fabricación que permita racionalizar los recursos que se utilizan en el proceso de trasformación de un material o generación de un servicio. Entre otros objetivos, con la automatización se pretende (Kuo, 1998, p. 30):

- Disminuir los costes directos.
- Reducir los costes de material.
- Facilitar el control de calidad.
- Mejorar el nivel de servicio.
- Facilitar la introducción de nuevos productos.
- Reducir tiempos ociosos.
- Reducir inventarios y mejorar su rotación.

El concepto de implementar y mantener la automatización responde a un modelo piramidal que permite traducir las directrices gerenciales en operaciones de control (García y García, 2006, p. 30):

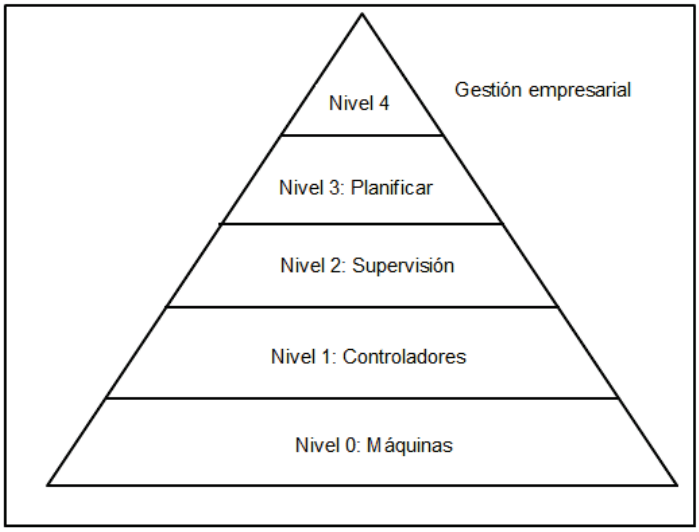


Figura 1.5 Modelo piramidal de automatización
(García y García, 2006, p. 30).

1.7. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD

La evaluación de la capacidad de un proceso, permite en condiciones operativas específicas, realizar su estudio planificado para obtener información específica del desempeño del proceso (Evans y Lindsay, 2008, p. 230).

El administrador de una organización económica debe conocer la capacidad de sus procesos para poder ejecutar los procedimientos de mejora y poder realizar una planificación a corto y largo plazo (Krajewski, 2008, p. 255).

1.7.1. MEDIDAS DE CAPACIDAD

En la organización industrial existen muchas razones para realizar un estudio de la capacidad, los procesos de mejora se deben ejecutar de manera permanente en todas las áreas que componen una empresa: En el estudio de la capacidad se incluyen por lo general las siguientes preguntas (Evans y Lindsay, 2008, p.630):

- ¿Cuáles son los factores que contribuyen a la variabilidad?

- ¿Cuál es el porcentaje de la producción que cumplirá con las especificaciones?
- ¿Dónde se centra el proceso?
- ¿Cuál es el porcentaje de variabilidad que existe en el proceso?
- ¿Es aceptable el desempeño del proceso en relación con las especificaciones?

La medición de la capacidad de los procesos se expresa generalmente en dos formas (Krajewski, 2008, p. 255):

- Capacidad basada en producción: las mediciones basadas en la producción son más útiles en organizaciones con un alto volumen de producción y baja variedad de productos.

- Capacidad basada en insumos: la medición de capacidad se realiza en término de los insumos, como la cantidad de trabajadores o el número de celdas de trabajo. Esta medición se realiza usualmente en procesos de bajo volumen y mayor variedad.

La medición de la utilización de una planta o un proceso es una alternativa válida para determinar la necesidad de agregar capacidad adicional o reducir capacidad innecesaria. La utilización es el grado actual en el cual un equipo u otro insumo se utiliza (Krajewski, 2008, p. 256):

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Tasa promedio de producción}}{\text{Capacidad máxima}} \times 100\% \qquad [1.10]$$

En la determinación de la capacidad máxima existen dos definiciones útiles Krajewski, 2008, p. 256):

- Capacidad pico: es la máxima capacidad que se puede alcanzar en un proceso, bajo condiciones ideales. Estos picos de producción solo pueden mantenerse por periodos cortos de tiempo.
- Capacidad efectiva: es la máxima capacidad que un proceso puede lograr en condiciones razonables.

1.7.1.1. Mejora continua de la capacidad de un proceso

La mejora continua se busca en aquellos procesos cuya capacidad no es adecuada para las satisfacer los requerimientos actuales o planificados. La mejora debe iniciarse por aquellos procesos claves y de capacidad restringida (Schroeder, 2001, p. 190).

Se establecen varias herramientas de control de calidad para controlar los procesos, también su propósito es identificar y resolver los problemas relacionados con el mejoramiento del proceso (Schroeder, 2001, p. 192; Evans y Lindsay, 2008, p. 663):

A continuación se describe dos de estas herramientas:

a) Diagrama de Flujo

Herramienta que indica la secuencia y relación entre los materiales, el flujo y proceso en general, ayuda a identificar desperdicios y a resolverlos.

En la aplicación de esta técnica se recomiendan algunos pasos en un sentido de atrás hacia delante (Evans y Lindsay, 2008, p. 664):

1. Iniciar por el resultado del proceso y definir el subproceso esencial para la generación de dicho resultado.
2. Establecer y determinar el valor de cada insumo necesario que se ocupa en el subproceso para la obtención del resultado.
3. Definir el origen de cada insumo, el origen puede resultar en otro subproceso o en un proveedor externo.
4. Cada subproceso debe ser detallado, uno a la vez, hasta que todos los insumos provengan de un proveedor externo.

En la tabla 1.5 se indica la simbología que suele utilizarse en los flujogramas y gráficos de proceso.

Tabla 1.1 Simbología utilizada en el diseño de flujogramas y gráficos de procesos

Descripción	Símbolo
Inicio y fin	
Decisión	
Proceso	
Actividad	
Archivo	

(Evans y Lindsay, 2008, p. 665)

En la figura 1.5 se presenta un ejemplo de diagrama de flujo de un proceso de envase, donde se relaciona las actividades con los responsables de las mismas.

PROCESO:		SUBPROCESO				
OBJETIVO DEL PROCESO		ACTIVIDADES				
N°	Descripción de las actividades		Jefe Producción	Supervisor(es)	Operario 1	Montacargusita
1	Revisa la programación semanal de producción y preparar orden respectiva					
2	Recibe orden de producción y se ingresa insumos y MP a sistema SAP					
4	Calibración de equipos y molienda de trigo					
5	Programación de envasadora de papel con datos de lote y fecha.					
7	Verificación aleatoria manual de peso bruto de PT					
8	No cumple: Enviar saco a producto no conforme, registro de producto no conforme.					
9	Cumple: paletizado y embalaje de PT en pallet.					
10	Almacenamiento en bodega y archivo de registros					
11						

Figura 1.6 Diagrama de flujo
(Elaborado por: El investigador).

b) Diagrama de causa efecto

Herramienta que permite la generación de ideas sobre las causas de las desviaciones y por tanto de las posibles soluciones. Lleva el nombre de espina de

pescado debido a su estructura, se coloca en el final de la línea el problema de estudio y cada ramificación que se dirige al tronco representa una posible causa y cada pequeña ramificación pequeña representa el origen de estas (Evans y Lindsay, 2008, p. 674).

Este diagrama permite clasificar las causas de un problema de estudio según las áreas, en un proceso de producción las causas primarias pueden deberse a las 6 M (maquinaria, mano de obra, moneda, materiales, método, medición y medio ambiente) (Velásquez, 1998, p. 251).

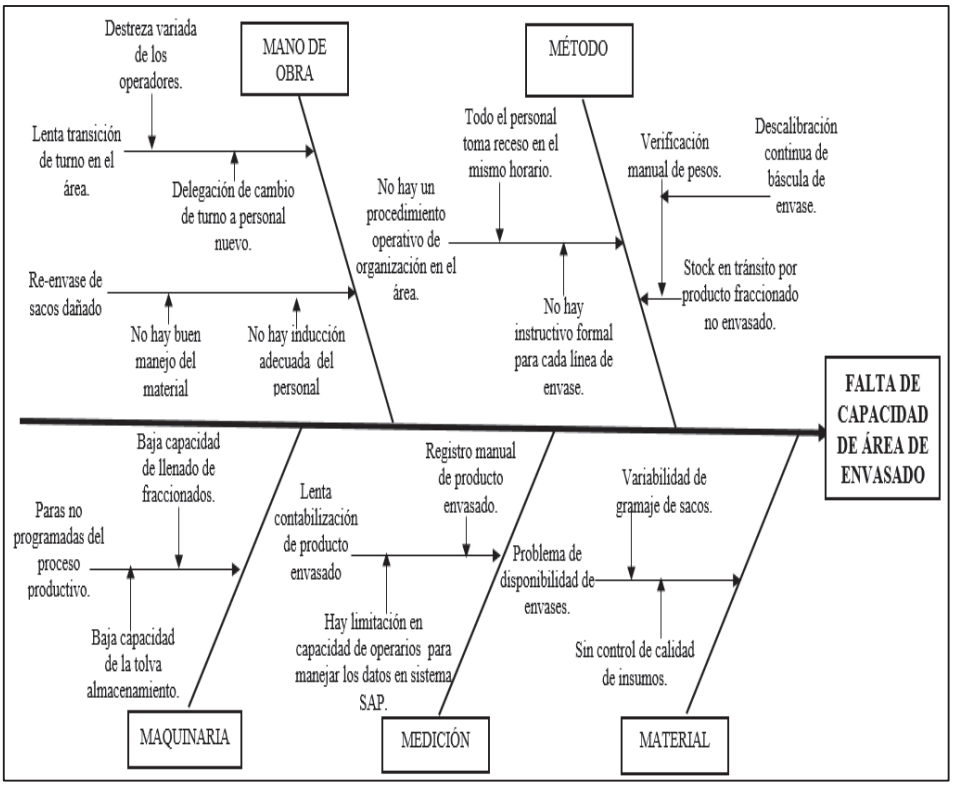


Figura 1.7 Ejemplo de un diagrama de causa-efecto
(Elaborado por: El investigador).

1.7.2. MEDICIÓN DE TRABAJO

En cualquier organización la medición del trabajo y el estudio de tiempo y movimientos representan una oportunidad interesante para el ahorro de recursos

y optimización de costos, el objetivo fundamental entonces es cumplir con los estándares del tiempo definidos en el estudio (Meyers y Sthepens, 2006, p. 66).

El conjunto de herramientas que integra la medición del trabajo, representa un pilar fundamental de la ingeniería industrial, debido a que la información resultante de la medición afecta a muchas áreas de la organización (Meyers y Sthepens, 2006, p. 70):

- Control de inventarios.
- Control de producción.
- Disposición de la planta productiva.
- Control de costos.
- Control de calidad.
- Control de insumos y procesos.
- Seguridad y salud ocupacional.

El estudio de tiempos como medición del trabajo es un proceso que implica cronometrar una muestra del trabajo o actividad del trabajador considerando los siguientes pasos (Heizer y Render, 2007, p. 517):

1. Definir el proceso a estudiar (después de un diagnóstico inicial).
2. Dividir el área o proceso de estudio en subprocesos o elementos.
3. Definir el número de muestras que se necesitan medir.
4. Cronometrar y registrar los tiempos de los elementos medidos.
5. Eliminar los tiempos anormales de cada elemento.
6. Definir la media aritmética de los tiempos para establecer el tiempo estándar.

1.7.2.1. Muestreo del Trabajo

El muestro de trabajo en la ingeniería industrial representa un proceso donde el técnico observa a la gente mientras trabaja y define basándose en herramientas y determinados pasos, sus conclusiones sobre el rendimiento del área en estudio (Meyers y Sthepens, 2006, p. 88).

El muestreo de trabajo permite estimar porcentajes sobre el tiempo que los empleados invierten en diversas tareas, el procedimiento de muestreo puede llevarse a cabo según los pasos siguientes (Heizer y Render, 2007, p. 515):

1. Tomar una muestra previa de forma aleatoria para estimar el tiempo que el trabajador pasa activo o inactivo.
2. Calcular el tamaño de la muestra que se requiere.
3. Establecer un programa de horario de observaciones, se utiliza en este horario, la ayuda de números aleatorios definidos mediante tablas o a través de hojas de cálculo.
4. Observar y anotar las actividades del trabajador.
5. Establecer el porcentaje que el trabajador está invirtiendo para una u otra actividad en el área de estudio.

En el tratamiento de datos obtenidos en el muestreo, es necesario identificar datos que representen valores extrañamente grandes o pequeños con respecto a los demás datos; de esta forma, es posible tener un análisis más real.

Los valores atípicos pueden tener un efecto desproporcionado en los resultados estadísticos y conducir a interpretaciones erróneas, las gráficas son un buen método para identificar valores atípicos, en algunos casos en preciso usar más de un tipo de gráfica (Johnson, 2012, p. 26).

1.7.3. PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

Las decisiones que se ejecutan en relación a la capacidad de una organización industrial, se evalúan en tres dimensiones para determinar la oportunidad y tamaño de la capacidad (Krajewski, 2008, p. 268):

a. Determinación del rango de seguridad de capacidad

El rango de seguridad de capacidad es la cantidad de capacidad que debe diseñarse como reserva para cualquier proceso, de modo que se pueda enfrentar

incrementos en la demanda o reducciones inesperadas de su capacidad operativa.

Rango de seguridad de capacidad = 100% - Tasa de utilización [1.14]

b. Expansión de capacidad

Existen dos esquemas para encaminar el incremento de la capacidad, en el primer caso, el modelo expansionista indica grandes expansiones de manera no frecuente, en el segundo caso se determina la estrategia de ver qué pasa, las dos estrategias tienen pros y contras y deben examinarse antes de su aplicación.

c. Vinculación de la capacidad con otras decisiones

Los gerentes de las organizaciones deben planificar su estrategia de capacidad con otras decisiones para evitar problemas en el mercado a largo plazo o determinar de forma fallida una capacidad excesiva que genera costos innecesarios.

2. METODOLOGÍA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La presente tesis se desarrolló en la planta molinera de un grupo industrial que se desempeña en el mercado de cereales, este grupo nació de una fusión de empresas hace 10 años y ha conseguido un importante crecimiento a nivel nacional.

La planta molinera se encuentra ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Colta y cubre una superficie de 4 hectáreas, se indica en la figura 1.7 su ubicación:

Figura 2.1 Ubicación planta molinera de Moderna Alimentos
(Google maps, 2016).

La planta produce 10 marcas comerciales con presentaciones de sacos de 9, 25 y 50 kg. El área de envasado posee una tolva de almacenamiento de 25 Tm, y tres líneas de envase con una capacidad de 2500 unidades/día.

En los últimos tres años, se han realizado varias alianzas estratégicas con importantes clientes industriales del área de alimentos, que por motivos operacionales e incluso legales, requieren presentaciones pequeñas de producto final. Este requerimiento de presentaciones de 9 y 25 kg, representa según los registros históricos de la planta aproximadamente el 42% de la producción total. Por tanto, se estima un déficit de 0,78 Tm/h en el área de envasado de producto final con relación al proceso productivo, por lo que ha sido necesario detener el proceso de molienda para completar el envase de producto terminado.

El área de envasado es una de las etapas del proceso, donde más se establecen movimientos repetitivos en el trabajo del personal, alrededor del 85% del tiempo según el “Reporte de seguridad e higiene en el trabajo Moderna Alimentos 2015”; el operador realiza movimientos y esfuerzos que pueden provocar enfermedades ocupacionales, generar ausentismo por lesiones o la reubicación forzada de los operarios.

2.2. DIAGNÓSTICO INICIAL DEL ÁREA DE ENVASADO

El diagnóstico del área de envasado implicó la diagramación del área y el establecimiento de subprocesos, así como también el análisis de varios componentes del área de envase, para esto se revisó los datos de los registros históricos del periodo comprendido entre el mes de febrero y noviembre del año 2016, se designó este rango de tiempo debido a que el mes de enero y diciembre la planta detiene su funcionamiento para realizar operaciones de limpieza, sanitización y fumigación. Para completar el diagnóstico del área de envase se desarrolló un modelo de simulación del proceso de envase con la ayuda de la medición de tiempos en el área.

2.2.1. DIAGRAMACIÓN DEL ÁREA DE ENVASADO

Para la diagramación del área de envasado y del proceso productivo, se revisó el procedimiento de producción, del manual interno de buenas prácticas de manufactura, en conjunto con la jefatura de producción, de esta forma se determinó el esquema de los subprocesos observados en planta. La diagramación se realizó de acuerdo al siguiente enfoque:

- Diagrama del proceso de obtención de harina de trigo.
- Subdivisión del área de envasado en subprocesos.

2.2.1.1. Diagramación del proceso de obtención de harina de trigo

Se presentó el primer enfoque del análisis de la planta con el diagrama del proceso de obtención de harina de trigo, necesario para comprender la línea de negocio, y a continuación se describió la distribución física del área de envase que se muestra en el Anexo II.

2.2.1.2. Subdivisión del área de envasado

El trabajo de investigación inicia en el área de envasado con la determinación de los subprocesos correspondientes, debido a que esta área sufrió varios cambios en los últimos periodos por la inclusión de nuevos productos. Se definió un nombre para cada subproceso considerando el tipo de empaque y el peso del producto y se diagramó la distribución física del área de envasado, así como los diagramas de flujo cada tipo de envase. Se establecieron tres líneas de envase en el área:

- Línea de envase convencional.
- Línea de envase de fraccionado.
- Línea de envase de papel.

2.2.2. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO

Se llevó a cabo una simulación del proceso de envasado de harina de trigo para el diagnóstico inicial. Se utilizó el software SIMUL 8 en la modelación de las líneas o de envase, determinadas en la diagramación del análisis anterior.

Para la simulación del proceso de envasado fue necesario la recopilación de datos que se generan dentro del área, para lo cual se utilizaron las siguientes herramientas de gestión:

En la determinación de la distribución de los tiempos de los procesos, se aplicó el método de muestreo de trabajo, para lo cual se llevó a cabo lo siguiente (Heizer, 2007, p. 525):

- Se determinó el número de observaciones requeridas en base a una fórmula estadística válida (Heizer y Render, 2007, p. 525):

$$n = \frac{z^2\, p(1-p)}{h^2} \qquad [2.1]$$

  Donde:

  n = tamaño requerido de muestra.

  z = desviación normal estándar para nivel de confianza de 95,45%.

  p = valor estimado de la muestra.

  h = porcentaje de nivel de error aceptable.

- Se elaboró un plan horario de muestreo diario, en función al número de observaciones determinadas estadísticamente. El horario para realizar las observaciones se elaboró con ayuda de números aleatorios en una hoja de cálculo.

- Para la recopilación de datos se elaboró un formato que comprendía los subprocesos de envase de harina, los tiempos de actividad medidos con cronómetro y el trabajador, que se indica en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Formato para toma de tiempos en área de envase por subproceso y trabajador

Nombre / Actividad	Trab. # 1	Trab. # 2	Trab. # 3	Trab. # 4	Trab. # 5
Subproceso 1					
Subproceso 2					
Subproceso 3					
Subproceso n					
Total					

(Elaborado por: El investigador).

- Los tiempos medidos en el área de envase, se ingresaron al software MINITAB 16 para identificar mediante gráficos de dispersión, posibles datos atípicos y eliminarlos de los tiempos cronometrados en las observaciones, para que la medición de las actividades proporcionaran un análisis adecuado.

- Con los datos recopilados en el área de envase mediante el programa de muestreo se realizó un ajuste de los datos obtenidos. Los datos se ingresaron en el software MINITAB 16 para identificar la distribución de probabilidad a la cual los tiempos recopilados en las observaciones obedecían, así como determinar los datos de estadística respectivos a cada distribución.

- Con las distribuciones estimadas mediante el programa estadístico se realizó una matriz para resumir cada subproceso con la distribución y los datos estadísticos necesarios para la simulación.

- Se elaboró un formato adicional que contenía el número de observaciones, actividad e identificación de empleado.

- Se definió una representación alfanumérica para identificar las actividades que el personal realizaba durante el proceso de las observaciones.

A partir de la revisión de los informes mensuales de producción en conjunto con jefatura, se adopta como hipótesis el valor estimado de 10% como proporción de inactividad de los empleados durante la jornada de trabajo para el envase de producto; considerando el tiempo de dos periodos de descanso, cambio de vestimenta, uso de servicio higiénico, limpieza, manejo de registros y entrega-recepción de turno.

Con la recopilación de los datos anteriores, la simulación de las líneas de envasado se llevó a cabo mediante el software SIMUL8 en un primer escenario para la programación de la producción actual, información obtenida del departamento de Supply Chain y Jefatura de producción durante el periodo 2016. En una segunda corrida se evaluó el diseño para la demanda proyectada proporcionada por el departamento comercial hasta la primera mitad del periodo 2017.

Se analizaron los resultados de cada work center y las colas para definir el cuello de botella del proceso para las condiciones actuales y proyectadas para las líneas de envase convencional, fraccionado y envase de papel.

2.2.3. COMPONENTES DE DIAGNÓSTICO INICIAL

Se definió un conjunto de componentes del diagnóstico inicial relacionados con el manejo de materiales, con el departamento de producción y el área comercial de la organización. Estos componentes, indicadores de productividad, como eficiencia operativa, distribución de jornada laboral, y otros, se determinaron en conjunto con responsables dentro de las áreas involucradas, gracias a su experiencia propia dentro de la organización, así como, mediante el manejo de registros históricos del periodo 2016 y los recopilados durante el desarrollo de este proyecto.

Para la generación de la información, se revisó el registro de envase POPP-08 proporcionado por el departamento de producción de 2016, dicho registro es un informe diario que obtiene el supervisor, donde registra la cantidad de materia de prima, el producto elaborado, la cantidad de producto empacado y el turno responsable con estos datos, la jefatura es responsable de generar un informe con los valores promedios de estos indicadores cada mes, para presentar en las juntas.

2.2.3.1. Distribución de la jornada de trabajo

Para llevar a cabo en los subprocesos la cuantificación de la jornada de trabajo en el área de envase de harina de trigo, se utilizó la metodología empleada en la medición de trabajo para establecer los tiempos de los subprocesos descrita en el numeral 2.2.2 Simulación del proceso de envasado. Se definió una nomenclatura, para representar en un registro los subprocesos observados mediante el plan horario elaborado para este proyecto, desde el llenado hasta el paletizado del producto terminado, se ingresaron en un nuevo formato el número de observaciones, actividades e identificación de empleados.

Para la evaluación de la jornada de trabajo, se contabilizó de forma seguida el número de observaciones que un trabajador se mantenía en una misma actividad en relación al número total de observaciones.

2.2.3.2. Stock en tránsito

En la determinación del stock en tránsito para los subprocesos del área de envasado se utilizaron los registros del producto sin envasar del periodo establecido de Febrero a Noviembre de 2016 de los informes de Jefatura de producción. Los datos se agruparon en función de las presentaciones de los productos en convencional, envase papel y fraccionado. Se hizo una relación de las unidades en tránsito con las colas establecidas en la corrida del modelo la

simulación de las condiciones actuales. Se recogieron 10 reportes mensuales de producción con datos de unidades en tránsito de las 3 líneas establecidas.

2.2.3.3. Eficiencia de Operación

La eficiencia de operación se mide internamente en la organización mediante el porcentaje de cumplimiento de la programación de producción de forma mensual, esta información se relaciona directamente con los objetivos de la organización, que para el periodo de 2016 se estableció alcanzar un promedio del 92% de cumplimiento del programa.

Para establecer la eficiencia de operación, se tomaron del registro de informes de producción del periodo de Febrero a Noviembre de 2016, el total de horas que la planta de producción detuvo sus operaciones para que el personal del área de envasado pueda concluir con el proceso.

Con esta información y considerando la ecuación 1.5 se relacionó el número total de horas disponibles para cumplir con la planificación de producción del año 2016 y el total de paradas de la planta productiva en horas de espera para finalizar el envase de producto.

2.2.3.4. Costos por procesos

Para establecer el costo total que representa a la organización las paradas no programadas de la planta productiva a causa de la restricciones en el área de envasado, se consideraron los componentes principales del costo de producción mensual del producto, como costo de mano de obra, costos indirectos y costo de material, se tomaron los datos de los informes mensuales de producción y contabilidad durante el periodo Febrero a Noviembre de 2016.

En el análisis de costos no se contempló revisar registros del periodo 2015 hacia atrás, dado que hubo cambios importantes en la línea productiva que no representaban las condiciones actuales.

Con el manejo de estos datos se pudo traducir a términos monetarios las restricciones encontradas en el área y considerar dicha información para la evaluación económica de las propuestas y la mejora continua.

2.2.3.5. Demanda de producto por línea

En el proceso de establecer la demanda de producto, se consideró el total de pedidos por unidades que el personal del área comercial ingresa al software de ventas de la organización, durante el periodo de Febrero a Noviembre de 2016.

Se clasificaron en el sistema los pedidos en base a 3 importantes líneas de negocio: clientes industriales, artesanales y autoservicio, adicionalmente se consideró en el análisis, el porcentaje de ingreso de pedidos para cada línea de envase de producto, y de esta forma se identificó el comportamiento de la demanda actual para cada presentación. Posteriormente esta información aportó en el diseño de la propuesta de automatización y mejora continua.

2.2.3.6. Productividad

Para el análisis de la relación entre productos obtenidos y recursos utilizados, en área de envasado, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades envasadas}}{\text{Horas-Hombre}} \qquad [2.2]$$

La cantidad de producto terminado en unidades envasadas, se extrajo del sistema de administración de recursos SAP (sistema ERP utilizado por la organización), en este sistema se manejan los módulos referentes al ingreso de la cantidad de materia prima usada, los insumos ocupados y el producto terminado obtenido.

El recurso denominado como horas-hombre se estableció mediante el sistema SISPER de control de personal manejado por recursos humanos, se relacionó el número total de horas trabajadas con el número de los empleados del área de

envasado para el periodo 2016. Posteriormente se estableció la productividad acumulada del periodo mencionado, y el correspondiente coeficiente de variación mediante un análisis estadístico de los valores mensuales de productividad.

2.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN EL ÁREA DE ENVASADO

2.3.1. META

El presente proyecto busca el incremento de la productividad del área de envase de harina de trigo, sin embargo para la medición del cumplimiento de este objetivo a través del indicador financiero denominado Throughput, no se cuenta con la información disponible por tratarse de un grupo industrial con varias líneas de negocio. De modo que el proceso investigativo se ha enfocado en establecer la medición de la productividad como el principal componente de medición de cumplimiento del objetivo.

La productividad como herramienta de medición, permite involucrar otros dos conceptos que la teoría de restricciones considera en la consecución de la meta, tales como el gasto de operación y el inventario, conceptos implícitos en el costo de hora-hombre durante el proceso y los registros de información sobre el producto envasado y despachado.

2.3.2. IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES

Para determinar las restricciones en el área de envasado, se ha considerado inicialmente el conjunto de resultados establecidos en la corrida del modelo en SIMUL8, dichos resultados ayudaron a definir en un diagnóstico inicial al subproceso de llenado de la línea de fraccionado como el cuello de botella.

Adicionalmente, se consideró la información generada a través de la evaluación de los demás componentes del diagnóstico inicial.

Con el fin de confirmar el diagnóstico e identificar otras posibles restricciones, se utilizó el diagrama Causa-Efecto, a través de esta herramienta se administró la información recogida de los responsables del proceso que participaron en el análisis que se realizó mediante una lluvia de ideas y su manejo como puntos de referencia en la construcción del diagrama respectivo.

2.3.3. EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN

Para trabajar sobre las limitaciones identificadas en el área, se elaboró un plan de acción con fechas y responsables de ejecución de las mismas, dicho plan, incluye también a la principal restricción hallada en el área de envase, adicionalmente se diseñó un horario estándar de operación definido para el personal con el fin de incrementar el tiempo de uso de la línea de fraccionado en el área y mejorar la disponibilidad de la restricción.

2.3.3.1. Plan de acción para restricciones

Al aplicar el diagrama Causa-Efecto, se encontró un conjunto de limitantes, adicionales a las identificadas en el diagnóstico inicial. Se elaboró e implementó una matriz identificada como plan de acción con actividades y responsables para gestionar dichas limitaciones halladas. En este plan se establece la causa de la limitación identificada en el área, la actividad y/o proceso que se recomienda realizar para levantar dicha restricción y el numeral de tesis correspondiente donde se detalla su desarrollo.

2.3.3.2. Horario estándar de operación

El diseño de un horario estándar de operación surge del análisis de la jornada laboral de trabajo, donde se establece un importante porcentaje de tiempo muerto de los 5 trabajadores del área en cada turno, esto se confirma en el diagrama Causa-Efecto, todo el grupo de trabajo tanto de planta de producción y envasado, toman el tiempo de almuerzo de forma conjunta, por tal motivo se diseñó e implementó un horario nuevo para el descanso, de tal forma que la línea de fraccionados no se quede sin operador que ejecute el trabajo de envasado.

2.3.4. SUBORDINAR LOS PROCESOS A LA RESTRICCIÓN

Se implementaron modificaciones en los instructivos de producción con el objetivo de reducir el stock en tránsito del producto, se implementaron cambios a los programas operacionales de sanitización destinados a la limpieza y se modificó el instructivo de producción correspondiente a la línea de producto fraccionado.

En conjunto con el departamento de Supply Chain se ejecutó la redistribución de la matriz de abasto nacional, donde se programó distribuir el 5% de la producción de unidades fraccionadas a las 2 plantas molineras del grupo industrial con el objetivo de reducir el número de paradas de producción no programadas.

2.4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

La evaluación de las alternativas de mejora se desarrolló dentro de la metodología elegida para el presente trabajo, para elevar la capacidad de la restricción, se diseñaron y evaluaron varias alternativas de mejora.

2.4.1. ELEVAR LA CAPACIDAD DE LA RESTRICCIÓN

Para elevar la capacidad del cuello de botella identificado, se propusieron tres alternativas que fueron evaluadas desde el punto de vista técnico, organizacional y financiero. La revisión de estas alternativas concluyó en desarrollar una opción que permita proyectar la automatización a un nivel elemental-intermedio del área de envase de producto terminado.

2.4.1.1. Automatización de línea de envasado fraccionado

Al ejecutar el diagnóstico inicial, se estableció al subproceso de llenado de la línea de fraccionados como la restricción del área de envasado responsable del 53,5% del total de unidades de stock en tránsito y de las paradas no programadas del proceso productivo. Una vez considerado el estudio y la simulación del área de envasado, se ejecutó el análisis siguiente:

a. Alternativas para aumentar la capacidad del área

Se analizaron tres alternativas para elevar la capacidad del área de envasado, en el análisis se consideró la capacidad requerida para procesar las unidades destinadas al envase fraccionado, convencional y papel, así como información y datos del posible fabricante en cada caso, adicionalmente, en la evaluación se consideró la estrategia corporativa de la organización en la toma de decisiones, con esta premisa se realizó la simulación en SIMUL8 de la alternativa más alineada con dicha estrategia. Las alternativas se describen a continuación:

- En la primera alternativa se presentó el reemplazo de la línea de envase de producto fraccionado y la repotenciación correspondiente del sistema neumático del área.

- En la segunda alternativa se evaluó el remplazo de dos de las tres líneas de envasado: tanto de convencional y fraccionado, por una sola

envasadora de mayor capacidad con la repotenciación del sistema neumático.

- Se evaluó una tercera alternativa con una condición integrada, que consistía en el remplazo de las envasadoras de las líneas convencional y de fraccionado, por un sola envasadora automática de mayor capacidad tipo carrusel, junto con el reemplazo de la tolva de almacenamiento por dos tolvas de mayor capacidad, junto con la repotenciación del sistema neumático.

b. Selección de alternativa final

Para la selección de la alternativa final se consideró el análisis de capacidad de envase de cada una y los resultados de la corrida del modelo de simulación para el caso de la tercera alternativa, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Layout actual y requerido del área de envasado.
- Tiempo de envasado.
- Capacidad teórica de envase del área original
- Productividad
- Cantidad de personal implicado en el área de envasado

De forma complementaria a la evaluación técnica, se considera la estrategia corporativa a largo plazo que maneja la organización; para definir a la tercera alternativa como la opción adecuada para continuar con el proceso siguiente de la evaluación financiera.

c. Evaluación financiera de la alternativa seleccionada

Para el desarrollo de la alternativa, se calculó el ahorro que la empresa tendría por concepto de mano de obra en un año, mediante la implementación de la alternativa seleccionada conforme su viabilidad técnica y los objetivos estratégicos de la organización.

Se estableció la posible inversión para el remplazo del envase convencional y fraccionado por el envasado automático tipo carrusel, para lo cual se revisó un

conjunto de cotizaciones de proveedores tradicionales de la empresa, tanto en infraestructura, instalaciones y maquinaria, con estos datos se pudo realizar un estimado del cálculo del retorno de la inversión; se enlista a continuación algunos parámetros considerados en el cálculo:

- Costo de obra civil necesaria para la implementación.
- Costo de compra y nacionalización de maquinaria.
- Costo de mantenimiento de maquinaria.
- Ahorro de mano de obra.
- Ahorro por reducción de paradas no programadas.

El valor obtenido de ahorro en mano de obra se relacionó con las unidades producidas durante el periodo 2016 y los recursos correspondientes, obteniendo un importante ahorro en costos de producción para las 3 líneas de envase del área.

2.4.2. MEJORA CONTINUA

La propuesta de mejora continua del proyecto se basó en 2 importantes puntos de trabajo: El primero basado en la mejora del sistema de gestión de inocuidad, donde se propuso la actualización del manual para depurar el número de registros a manejar por el personal.

En el segundo punto, la continuación de la automatización del área, aunque no fue factible tener nuevos datos a partir de la implementación completa del proyecto, para generar información que permita proyectar una mejora continua, sin embargo, para sobrellevar este escenario, se consideró en primer lugar el conjunto de resultados del modelo inicial de simulación evaluado en el diagnóstico del área, y en segundo lugar los riesgos ergonómicos del personal en el manejo del producto, para establecer al subproceso de paletizado de producto terminado, como la nueva restricción a considerar para completar la propuesta de mejora continua.

2.5. DISEÑO DE LAYOUT DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

Se propuso luego de la selección de la alternativa, un Layout para la implementación del proyecto que permita en lo posible, reducir la inversión por concepto de obra civil durante la implementación del proyecto y la concepción de la propuesta presentada en la etapa de la mejora continua.

El diseño consideró el espacio disponible en planta, la posibilidad de cambiar la distribución física del área y la adecuación de la misma para el remplazo del silo de 25 Tm por 2 silos de 60 Tm y la repotenciación de las líneas de aire y energía.

2.6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Se consideró como componente clave de evaluación del proyecto, a la productividad, mismo que fue evaluado tomando como base el análisis de la relación entre las unidades envasadas y los recursos involucrados, medidos en horas hombre.

En la evaluación de los resultados se estableció un proceso comparativo entre los componentes analizados del área de envase, del periodo 2016 y los valores calculados de los componentes a obtener con la implementación total del proyecto a completarse en Noviembre de 2017.

2.6.1. EVALUACIÓN DE STOCK EN TRÁNSITO

Para evaluar el stock en tránsito, se consideró el cálculo de unidades que se quedarían sin envasar, teniendo en cuenta el incremento de la capacidad de los silos de almacenamiento y del número de unidades en función al cumplimiento del programa de producción mensual para el periodo de implementación.

Para poder evaluar el reemplazo de los subprocesos de “fraccionado y convencional” por la envasadora de carrusel, se comparó el promedio de

unidades que se quedaron sin envasar en el periodo 2016, con el cálculo de las unidades en tránsito que se pudiese tener mediante la implementación del proyecto en el periodo 2017.

2.6.2. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE OPERACIÓN

Para la evaluación de la eficiencia de operación del área de envasado, se comparó la disponibilidad calculada de la nueva capacidad del área, con la disponibilidad de unidades envasadas en el periodo 2016, con esta relación también se determinó la eficiencia en el cumplimiento de la programación semanal de producción. Se consideraron todas las unidades del área de envase sin clasificarlas por su presentación.

2.6.3. EVALUACIÓN DE COSTOS POR PROCESOS

En la evaluación de los costos por procesos se consideró el promedio de los costos de producción generado por la planta durante el periodo de 2016 y se comparó con el cálculo de los costos a tener con la implementación de la envasadora de carrusel. Para completar la evaluación financiera para la aprobación del proyecto de reemplazo de los “envases convencional y fraccionado” por la envasadora automática de carrusel, se calculó el ahorro por mes que representaría la reducción de mano de obra y la reducción de las paradas no programadas del proceso productivo para el periodo 2017.

2.6.4. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

En la evaluación de la productividad, se comparó la relación entre las unidades envasadas y la mano de obra utilizada durante el periodo 2016 y el cálculo de la relación entre las unidades envasadas y los recursos utilizados con la nueva capacidad del área de envase para el periodo 2017.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DIAGNÓSTICO INICIAL DEL ÁREA DE ENVASADO

Se presenta el diagnóstico del área de envase describiendo la diagramación general y los subprocesos en las líneas de envase convencional, fraccionado y de papel, continúa con la evaluación de los componentes establecidos para el diagnóstico, y el análisis del modelo de simulación.

3.1.1. DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO

En el diagrama de flujo del proceso productivo de harina de trigo que se muestra en la figura 3.1, se puede identificar las etapas involucradas en el proceso productivo.

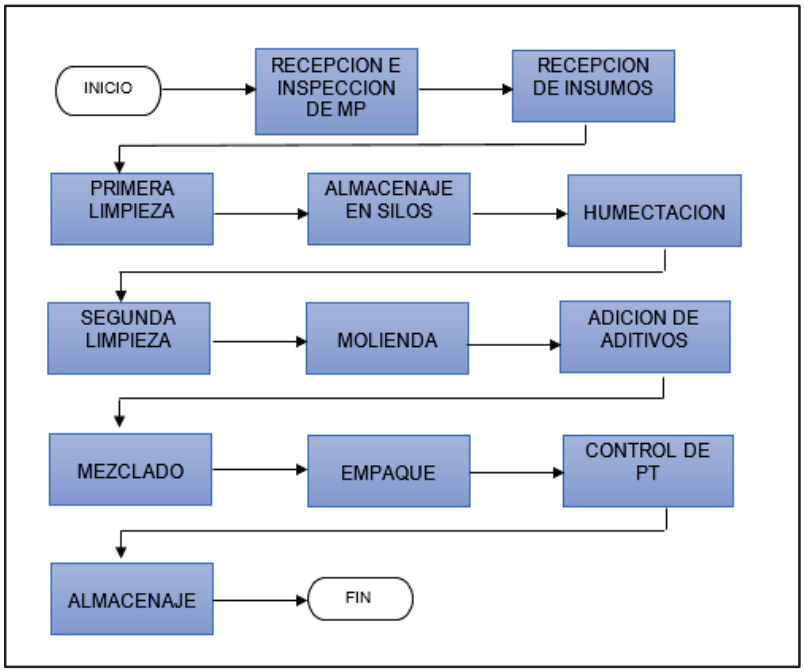


Figura 3.1 Diagrama de flujo de proceso productivo de harina de trigo

3.1.2. SUBDIVISIÓN DEL ÁREA DE ENVASADO

Se describe a continuación las líneas identificadas en el área de envasado:

- Envasado convencional: en esta línea se envasan las presentaciones de 50 kg en sacos de polipropileno normal y laminado, ambos de “100 x 60 cm”. Este envasado es semiautomático y cuenta con una banda de transporte, y una envasadora de boquilla simple y funciona con 3 personas incluido un montacarguista. En esta línea se coloca el producto en palets, en un número de 25 unidades.

- Envasado fraccionado: donde se envasan productos con presentaciones de 9 y 10 kg, se cuenta con una envasadora de boquilla pequeña simple y funciona con 3 personas. En esta línea se envasa producto de forma semiautomática y se coloca en palets en 200 unidades para presentaciones de 9 kg, 150 unidades para presentaciones de 10 kg.

- Envasado en línea: por requerimiento del mercado con una importante frecuencia los dos subprocesos anteriores se integran para trabajar en línea y poder cumplir con el programa de producción, de esta manera el número de trabajadores llega a 4 personas para empacar presentaciones de 10 y 9 kg.

- Envasado de papel: donde se envasa producto en presentación única de 25 kg, para lo que se requiere de una persona e implica una máquina exclusiva donde el operador únicamente alimenta el bastidor de la envasadora con sacos y coloca del producto terminado en el palet de almacenaje.

Los diagramas de flujo de la subdivisión establecida en el área de envasado, se indican en el ANEXO I.

En la figura 3.2 se establece el mapa inicial del proceso de envasado donde la entrada es el producto elaborado del área de producción y la salida, es el producto envasado.

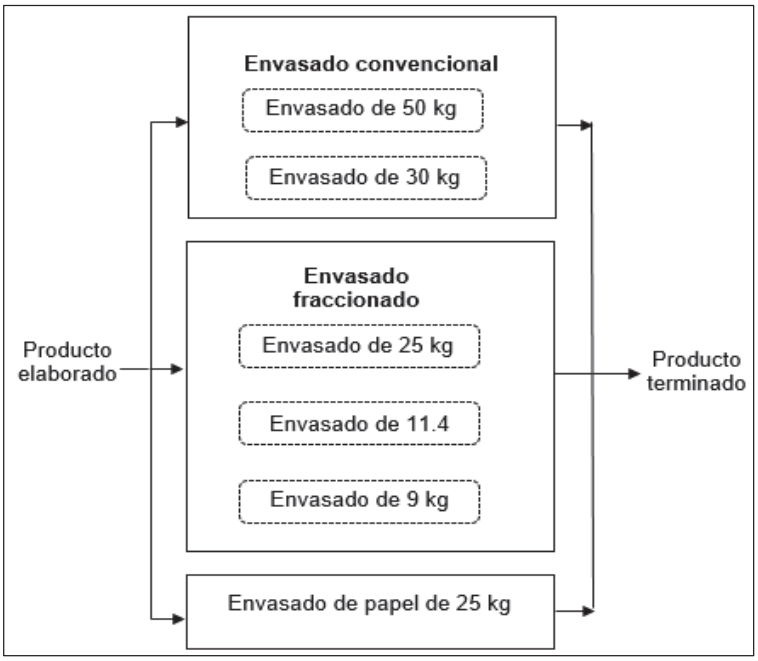


Figura 3.2 Mapa inicial del proceso del área de envasado

En la tabla 3.1 se identifica el personal designado para cada línea en el área de envasado. La distribución física inicial del área de envasado de la planta, se muestra en el ANEXO II.

Tabla 3.1 Número inicial de personas programadas por turno de producción para cada línea del área de envasado

LÍNEA	NÚMERO DE PERSONAS
Envasado convencional	3
Envasado fraccionario	1
Envasado de papel	1

3.1.3. SIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO

3.1.3.1. Determinación del número de observaciones

El número de observaciones se determinó mediante la ecuación 2.1:

$$n = \frac{2^2 * 0,1(1-0,1)}{0,05^2}$$

n = 144

3.1.3.2. Plan horario de muestreo

Se estableció para el plan horario de muestreo, un programa con 16 observaciones diarias durante un periodo de 9 días de operación, en el horario comprendido de 8:00 a 16:30.

La jornada laboral comprende 8 horas y se consideran 30 minutos para el almuerzo; considerando que se puede realizar dos observaciones cada hora, se estableció 16 observaciones al día. El periodo de observación que comprende 9 días se determinó, mediante la relación entre el número total de observaciones 144 y las 16 observaciones diarias.

El programa de muestreo se estableció mediante un horario, con intervalos de 1 hora en un periodo de las 8:00 a 16:30. Los minutos acorde a la hora de muestreo se definieron con ayuda de una hoja de cálculo.

El plan horario de muestreo se presenta mediante un programa en el ANEXO III.

3.1.3.3. Recopilación de datos

Los datos recolectados durante el plan horario se ingresaron en un formato que contenía las actividades, los tiempos, y la identificación del empleado. Se designó una nomenclatura para representar los subprocesos en cada línea de envasado, la cual se indica en la tabla 3.2:

Tabla 3.2 Nomenclatura para representación de subprocesos en cada línea de envasado

ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN
Llenado	E
Banda Transporte	T
Impresión	I
Cosido	C
Envío sacos	B
Armado en Palet	P

Como ejemplo se define la relación 1-E que representa al trabajador 1 en el subproceso de llenado. En el anexo IV se presenta el registro de datos observados durante el muestreo correspondiente al día 1, a manera de ejemplo.

Para cuantificar las actividades realizadas en el área por los trabajadores, se utilizó una representación alfanumérica, dicha representación permitió registrar la relación entre actividades o subprocesos y los trabajadores del área de envase, como se indica en la tabla 3.3:

Tabla 3.3 Nomenclatura alfanumérica para representación de actividades en área de envasado

ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN
Envasado convencional 50kg	EC
Envasado papel	EP
Envasado fraccionado 9kg	EF9
Envasado fraccionado 25kg	EF25
Envasado fraccionado 10kg	EF10
Limpieza	L
Entrega-Recepción turno	RT
Almuerzo	A
Manejo de registros	R
Recolocado por HESS	RH

En la tabla 3.4 se indica el número total de observaciones realizadas en el área de envasado por actividad y trabajador responsable durante el desarrollo del proyecto.

Tabla 3.4 Número total de observaciones realizadas en el área de envasado por actividad y trabajador.

Actividad	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Operario 5
EC	44	58	41	44	39
EP	30	30	38	49	49
EF9	24	25	17	22	22
EF25	13	0	20	10	10
EF10	16	17	10	0	5
L	6	3	5	6	5
RT	3	4	3	0	0
A	3	4	5	4	4
R	6	6	1	5	5
RH	0	1	0	0	0
Total	145	148	140	140	139

El programa de producción semanal enviado por Supply Chain al departamento de producción, establece la cantidad de producto a envasarse en una determinada presentación. Dicha información se validó en el desarrollo de este proyecto y se estableció el porcentaje de envase a cada línea identificada en el análisis anterior, tal como se indica en la tabla 3.5:

Tabla 3.5 Porcentaje total de producto a envasarse por mes para cada línea del área de envasado

Línea	Porcentaje de programa
Producto convencional	55%
Producto fraccionado	25%
Producto en papel	20 %

De acuerdo al departamento de Supply Chain y al área comercial de la empresa, se ha generado una proyección de la demanda hasta Diciembre de 2018, en esta proyección se ha definido en base a negociaciones, un incremento para la producción en envase de papel, mientras que los productos de fraccionado y convencional prácticamente se mantienen, como se indica en la tabla 3.6:

Tabla 3.6 Proyección de demanda por producto envasado

Producto	Unidad	Actual 2016	Proyección 2017	Proyección 2018	Diferencia
Envase fracción 10 kg	Kilogramos	125 250	133 053	175 036	49 786
Envase fracción 25 kg	Kilogramos	950 630	1 120 352	1 386 950	436 320
Envase fracción 9 kg	Kilogramos	176 532	198 500	202 560	26 028
Envase papel	Kilogramos	1 458 500	1 605 200	2 150 850	692 350
Envase convencional	Kilogramos	4 085 950	4 096 230	4 854 000	768 050

3.1.3.4. Tratamiento de Datos

Se evaluó la probabilidad de que los datos recopilados de los diferentes subprocesos, se ajusten a cierta distribución de probabilidad, para lo cual se llevó a cabo un ajuste de datos, se eliminó en una primera etapa los datos atípicos que se presentaron en el grupo de observaciones para cada subproceso, para permitir un mejor análisis. Los datos se ingresaron según cada subproceso en el programa computacional MINITAB 16 para estimar el tipo de distribución de los datos registrados en las observaciones, así como los valores estadísticos necesarios para la simulación.

En la figura 3.3 se indica como ejemplo, el trabajo de ajuste de datos realizado a la distribución de probabilidad de los datos correspondientes al subproceso de llenado para la línea de envasado convencional de 50 kg.

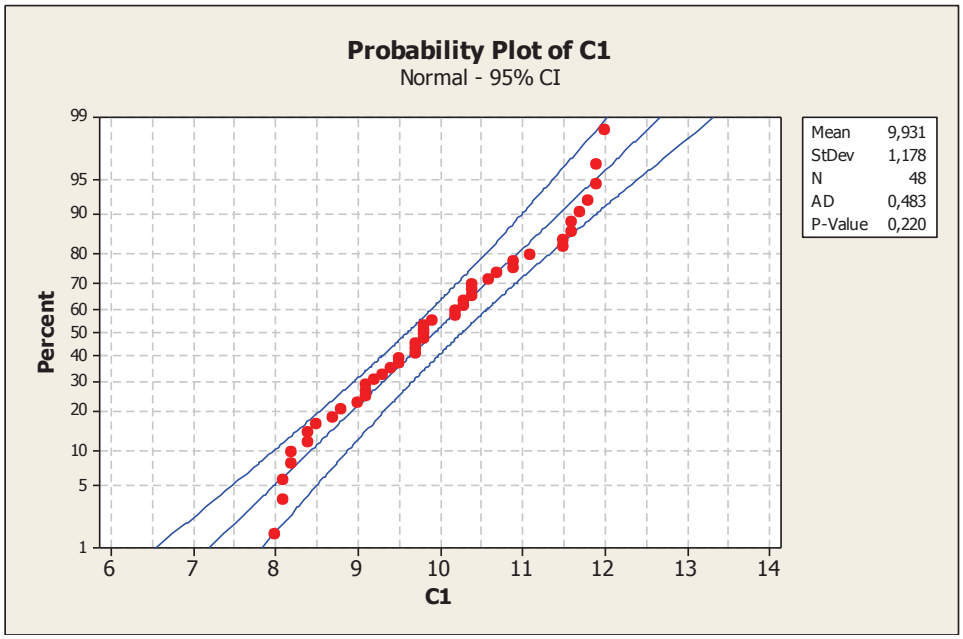


Figura 3.3 Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso llenado en presentación convencional
(Estudio en área de envasado (Minitab), 2016)

Las gráficas de probabilidad de los tiempos medidos en los procesos restantes del área de envasado de 50 kg se presentan como ejemplo en el ANEXO V.

En la tabla 3.7 se muestra el resumen de los subprocesos, sus distribuciones y los resultados estadísticos obtenidos de la data analizada por el programa estadístico MINITAB 16. Para los datos que obedecen una distribución normal se presenta la media $\bar{x}$ y la desviación estándar σ, de igual forma para los subprocesos se resumen los valores correspondientes a su distribución de probabilidad.

Tabla 3.7 Distribución de probabilidad de los subprocesos del proceso de envasado

LÍNEA	SUBPROCESO	DISTRIBUCIÓN
Convencional	Llenado	Normal, media: 9,93; desviación estándar: 1,18
	Transporte	Normal, media: 6,05; desviación estándar: 0,54
	Impresión	Fija (fixed), media: 3
	Cosido	Normal, media: 6,04; desviación estándar: 0,58
	Empaletado	Normal, media: 7,33; desviación estándar: 0,78
	Envío sacos	Normal, media: 2; desviación estándar: 1
Fraccionado 9kg	Llenado	Normal, media: 60,81; desviación estándar: 2,67
	Transporte	Normal, media: 30,5; desviación estándar: 2,08
	Impresión	Fija (fixed), media: 3
	Cosido	Triangular, máx.: 34,8, moda :33,4; min:27,2
	Empaletado	Normal, media: 39,07; desviación estándar: 1,68
Envase papel	Llenado	Fija (fixed), media: 19,92
	Transporte	Fija (fixed), media: 12,19
	Impresión	Fija (fixed), media: 3,0
	Cosido	Fija (fixed), media: 12,05
	Empaletado	Normal, media: 14,73; desviación estándar: 1,66
Fraccionado 11,4kg	Llenado	Normal, media: 45,84; desviación estándar: 2,93
	Transporte	Normal, media: 59,39; desviación estándar: 2,73
	Impresión	Fija (fixed), media: 3,0
	Cosido	Normal, media: 58,21; desviación estándar: 2,23
	Empaletado	Normal, media: 64,87; desviación estándar: 2,735

(n= 36)

3.1.3.5. Análisis de la simulación

Se efectuó la simulación con el diseño de las líneas de envase papel, fraccionado y convencional con los subprocesos de llenado, impresión, cosido y empaletado del área de envasado. Para diseñar el modelo se ingresaron las distribuciones de probabilidad que describen el comportamiento del tiempo de las actividades de cada subproceso en el esquema diseñado en el programa.

Después de correr el modelo en SIMUL8, se han obtenido resultados sobre la carga de trabajo y el general desempeño del área de envasado en un tiempo de simulación de 4 semanas. En la tabla 3.8 se indican los resultados obtenidos de la simulación desde el 2 de Febrero al 2 de Marzo de 2017, mediante los cuales se puede establecer que se cumple en promedio con el 89% de la programación semanal, y que el cuello de botella definido en el subproceso de llenado de producto fraccionado y papel restan capacidad al área para cumplir con la planificación de la organización.

Tabla 3.8 Cuadro de resultados de cada work center en la corrida de simulación para programa actual de producción

Indicador	Unidad	% Espera por trabajo	% Tiempo de trabajo	En cola
Env_convencional	Unidades	15,5	84,5	26
Trans_convencional	Unidades	12,7	87,3	0
Imp_convencional	Unidades	11,8	88,2	1
Cosido	Unidades	13,8	86,2	3
Pallet_convencional	Unidades	7,7	92,3	8
Env_fraccion	Unidades	6,3	93,7	1542
Trans_fraccion	Unidades	18,6	81,4	0
Imp_fraccion	Unidades	11,7	88,3	3
Pallet_fraccion	Unidades	12,4	87,6	1
Env_papel	Unidades	9,6	90,4	696
Trans_papel	Unidades	14,7	85,3	1
Imp_papel	Unidades	11,8	88,2	0
Sellado_papel	Unidades	15,4	84,6	0
Pallet_papel	Unidades	10,5	89,5	1

Se puede observar que se ha marcado en color rojo las filas que corresponden a los subprocesos que evidencian representar la restricción en la corrida del modelo donde se indica 1542 unidades sin tratar en la línea de fraccionados y 696 unidades en la línea de envase de papel.

Con los datos de la tabla 3.2 ingresados en la corrida del modelo, se presenta al subproceso de llenado de papel y fraccionado como el cuello de botella

resultante de la simulación, donde se incluyeron los datos de la programación de producción actual, como se observa en la figura 3.4:

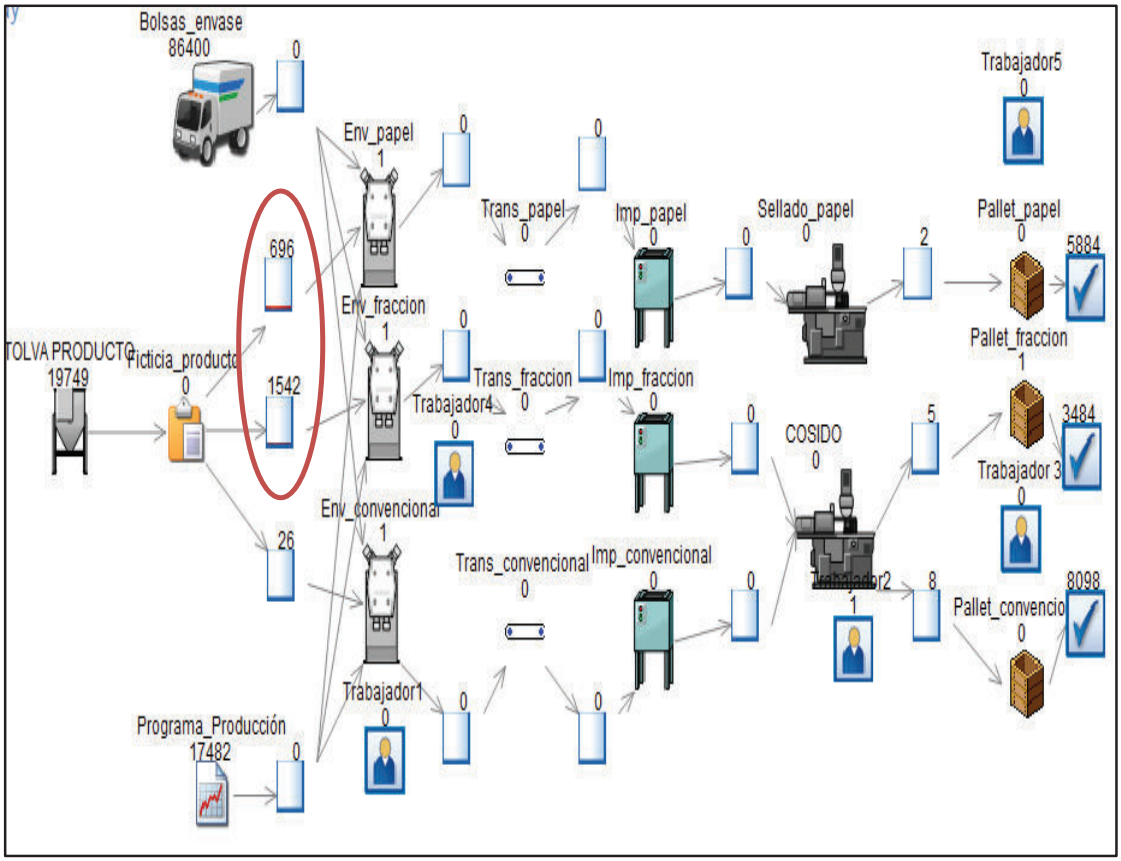


Figura 3.4 Simulación de proceso actual de envasado de harina de trigo
(Estudio de área de envasado (SIMUL8), 2016)

En el subproceso de llenado de la línea de fraccionado se muestra un indicador de porcentaje de tiempo de trabajo de 93%, lo que significa que tienen pocos tiempos de espera para trabajo, esto coincide con la representación de un cuello de botella como se indica en la figura 3.5:

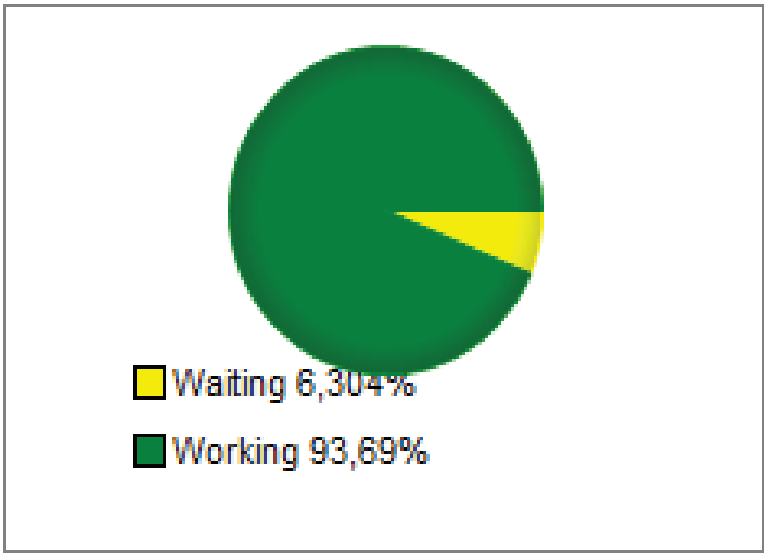


Figura 3.5 Porcentaje de rendimiento de work center del subproceso llenado de línea de envase para fraccionados
(Estudio de área de envasado (SIMUL8), 2016)

En la figura 3.6 de forma similar al análisis anterior, se puede observar que el subproceso de llenado de la línea de papel se encuentra sobrecargado durante su operación.

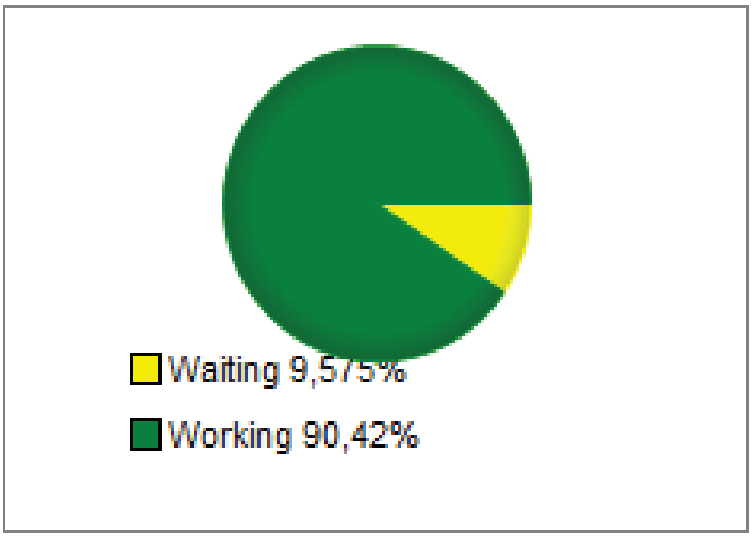


Figura 3.6 Porcentaje de rendimiento de work center del subproceso llenado de línea de envase papel
(Estudio de área de envasado (SIMUL8), 2016)

Se llevó a cabo la simulación con los datos de la demanda proyectada que se estableció en la tabla 3.6, con el objetivo de evaluar el diseño en las condiciones proyectadas hasta diciembre 2018. Nuevamente el cuello de botella resultante fue el subproceso de llenado para las presentaciones de fraccionado y papel, sin embargo se incluye como cuello de botella en esta nueva simulación al subproceso de llenado de la línea convencional, así como unidades en cola para los work centers que representan el subproceso de empaletado de la línea de fraccionado y convencional que se indica en la figura 3.7:

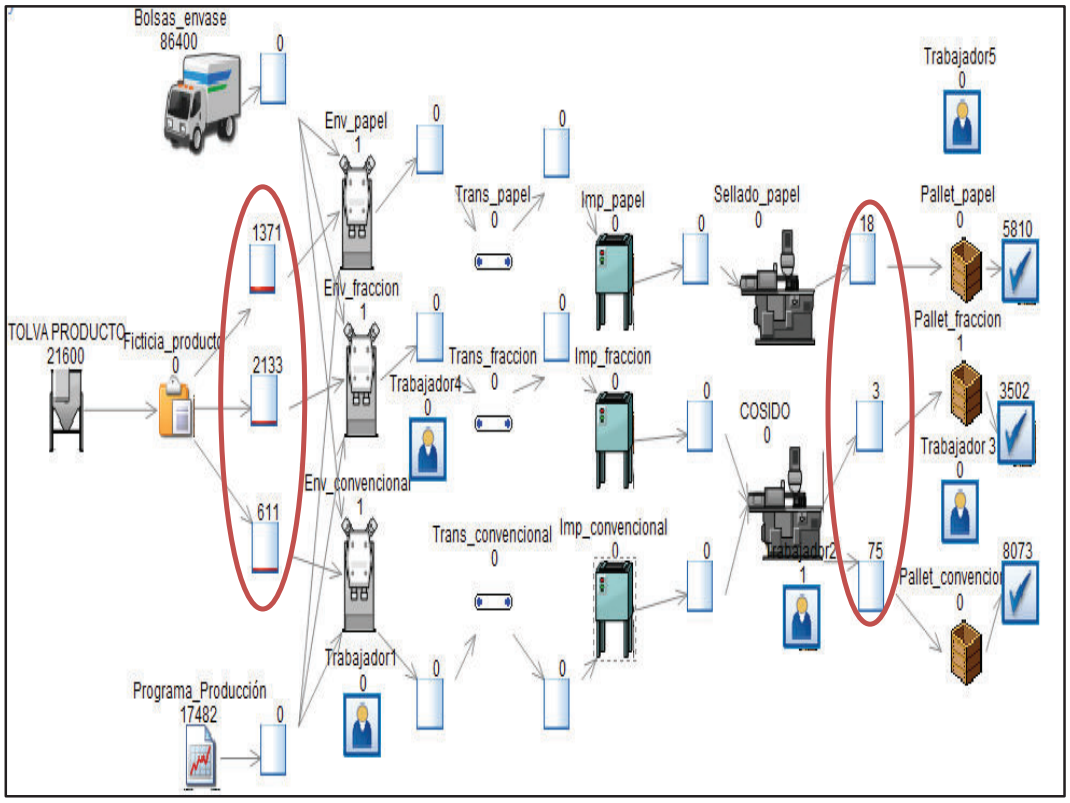


Figura 3.7 Simulación de proceso de envasado de harina de trigo para demanda proyectada
(Estudio de área de envasado (SIMUL8), 2016)

Se estableció entonces, en base a la corrida del modelo para la programación de producción original y a la demanda proyectada al periodo 2018, así como en referencia a los resultados de cada work center, al subproceso de llenado de la línea de envase fraccionado como el cuello de botella del área de envasado de harina de trigo. Adicional se determina como posibles restricciones futuras en las

condiciones proyectadas en los próximos periodos, al subproceso de llenado de la línea de fraccionado, convencional y al subproceso de empaletado para el área de envasado.

3.1.4. COMPONENTES DEL DIÁGNOSTICO

El análisis de los componentes adecuados, complementaron la evaluación del área de envasado, la forma en que se encuentra funcionando la organización y permitió ampliar el diagnóstico del funcionamiento general del área de envasado.

Se recopilaron los informes mensuales de jefatura de producción generados a partir de 220 reportes diarios de producción, en el periodo comprendido entre febrero y noviembre de 2016, dichos informes se consideraron por la información sobre cantidad de materia prima utilizada, cantidad de producto molido, producto final envasado y subproductos generados.

La información de los reportes mensuales se clasificó en función de la línea de envasado definido inicialmente, y se trabajó con 10 informes mensuales de producción. Los datos obtenidos de los reportes, permitieron validar el modelo de simulación y la información recopilada en el sistema ERP SAP.

3.1.4.1. Distribución de la jornada de trabajo

Los datos para el análisis de la distribución de la jornada laboral, se recopilaron a partir de las observaciones realizadas para llevar a cabo la simulación del área de envasado, por lo que el número de observaciones, el plan horario de muestreo y el registro de actividades ya descrito, se consideró para generar valiosa información sobre las actividades del personal.

De los resultados obtenidos durante las observaciones de la medición de trabajo (ANEXO IV y tabla 3.4) se obtuvo que el 60 % del personal tiene en su jornada el 10% de inactividad, mientras que el personal restante el 11%, de modo que,

como se indica en la figura 3.8, se cumple con la hipótesis inicial sobre la jornada de trabajo y se valida el número de observaciones calculadas para este proyecto.

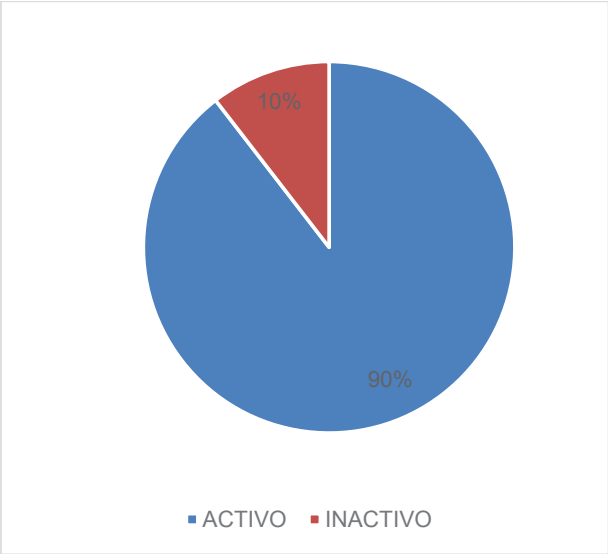


Figura 3.8 Porcentaje de distribución de la jornada de trabajo del personal del área de envasado

Durante el estudio, no se reportaron ausencias del personal del área, excluyendo un evento donde uno de los trabajadores, debió ser recolocado a través del departamento HESS en otra área, debido a una cortadura en una de sus manos durante el proceso de limpieza, por esta razón no se amplió un análisis para la ausencia o faltas del personal.

A partir del análisis de las observaciones, es importante destacar que dentro del tiempo que el personal se mantenía sin realizar actividades directas para el envasado o establecidas internamente como actividades complementarias, el 41 % de este tiempo, corresponde a tareas de limpieza del área y en segundo lugar con el 24 %, está el manejo o llenado de registros relacionados con el sistema de gestión de inocuidad, buenas prácticas de manufactura, ambas actividades deben realizarse de manera obligatoria por tratarse de una planta de alimentos, esto se indica en la figura 3.9:

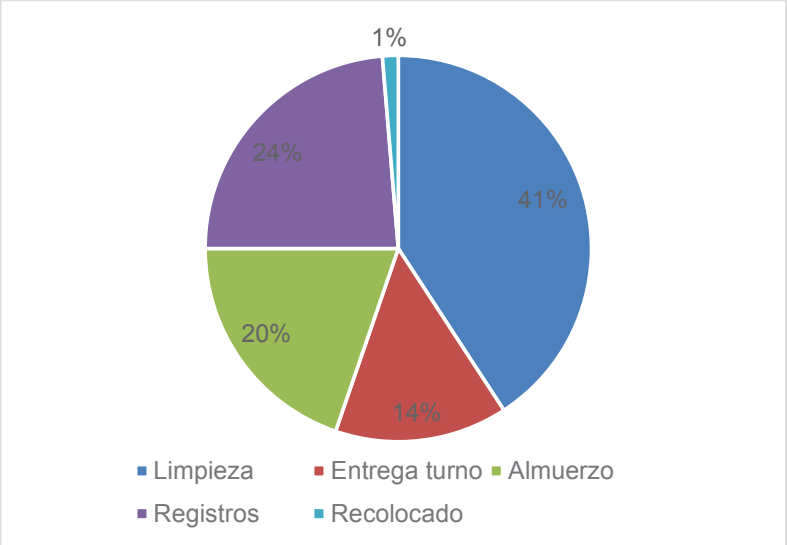


Figura 3.9 Distribución de actividades complementarias del personal en el área de envasado

Se muestra en la figura 3.10, la continuación del análisis de la distribución de la jornada laboral, en esta gráfica se indica la relación entre los subprocesos estudiados del área y el trabajador. Se estableció que el 41 % del producto con el que el personal laboraba correspondía a producto fraccionado, durante el periodo de análisis de Febrero a Marzo 2017.

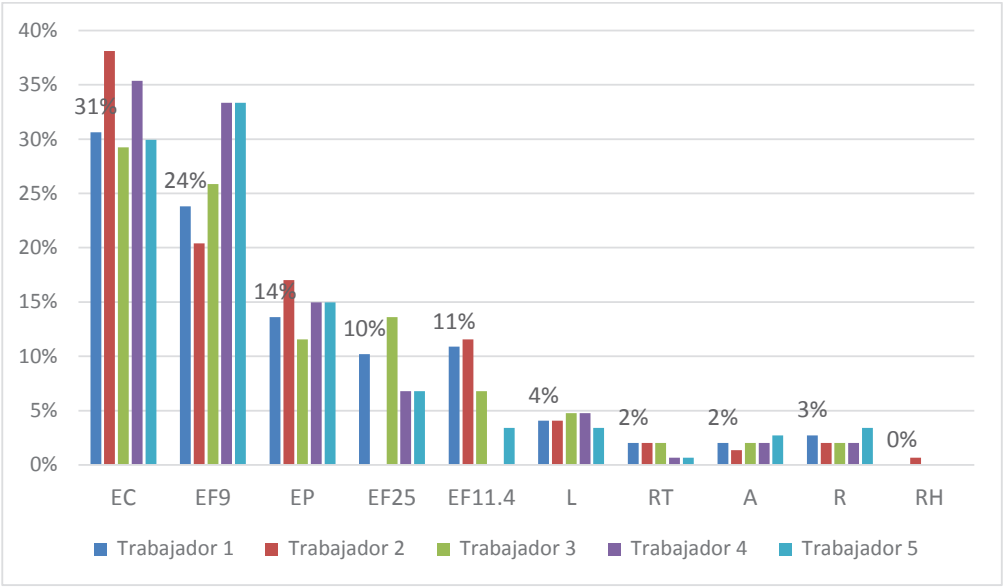


Figura 3.10 Análisis de jornada laboral del personal en el área de envasado

Se presenta en la tabla 3.9 el porcentaje de cada trabajador en relación con los subprocesos y las actividades complementarias. Se rescata de esta matriz que las observaciones indican que el personal toma su tiempo de descanso grupal junto con el supervisor.

Tabla 3.9 Porcentaje de la jornada de trabajo por empleado y actividad

Nombre / Actividad	Trab. #1	Trab. #2	Trab. #3	Trab. #4	Trab. #5
EC	31%	38%	29%	35%	30%
EF9	24%	20%	26%	33%	33%
EP	14%	17%	12%	15%	15%
EF25	10%	0%	14%	7%	7%
EF11.4	11%	12%	7%	0%	3%
L	4%	4%	5%	5%	3%
RT	2%	2%	2%	1%	1%
A	2%	1%	2%	2%	3%
R	3%	2%	2%	2%	3%
RH	0%	1%	0%	0%	0%

3.1.4.2. Stock en tránsito

Se indica en la tabla 3.10 la cantidad de unidades que se quedaban si envasar, estableciendo el stock en tránsito en el periodo Febrero a Mayo de 2016.

Tabla 3.10 Unidades en tránsito en área de envasado por mes

MES - REGISTRO 2016	UNIDADES
Febrero	3 537
Marzo	3 281
Abril	3 169
Mayo	3 238

En el análisis del registro se establece que la planificación de producción se ve afectada por 3 306 unidades que en promedio no se envasaban al mes.

Como se indica en la figura 3.11, se estableció que del total de unidades que conformaban el stock en tránsito de producto no envasado, el 53,5% corresponde a producto en presentación fraccionado.

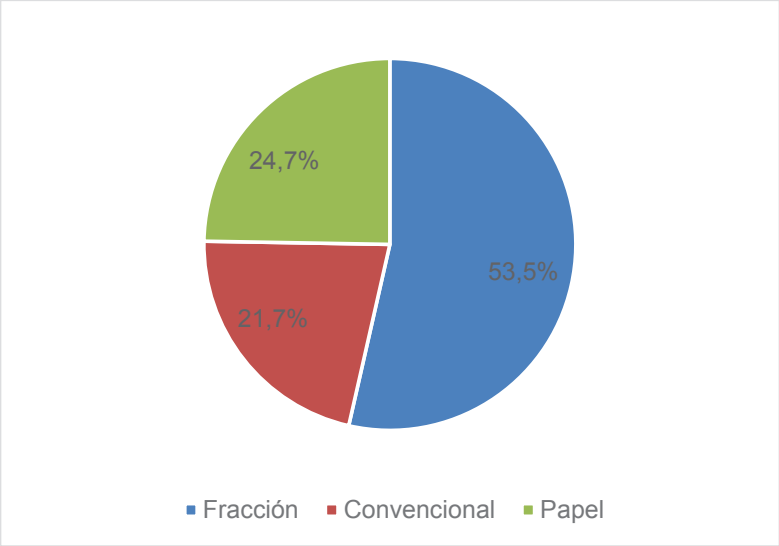


Figura 3.11 Porcentaje del stock en tránsito por línea del área de envasado del periodo Febrero a Mayo 2016

3.1.4.3. Eficiencia de operación

En función a la información de los informes mensuales de producción que forman parte del sistema de buenas prácticas de manufactura, se determinó el número de horas que se paró el proceso productivo durante el periodo de Febrero a Noviembre de 2016, se indica en la tabla 3.11:

Tabla 3.11 Consolidado de paradas del proceso productivo por mes y línea de envase en el periodo 2016

Mes	Envase Fracción 9	Envase Fracción 11,4	Envase Fracción 25	Envase papel pan	Horas de parada por mes
Febrero	-	9,50	5,20	6,30	21,00
Marzo	6,94	7,58	-	-	14,52
Abril	4,20	2,50	-	2,50	9,20
Mayo	8,50	10,20	3,83	5,00	27,53

Tabla3.11 Consolidado de paradas del proceso productivo por mes y línea de envase en el periodo 2016 **(continuación…)**

Mes	Envase Fracción 9	Envase Fracción 11,4	Envase Fracción 25	Envase papel pan	Horas de parada por mes
Julio	7,40	9,10	8,30	3,00	27,80
Agosto	-	-	5,80	4,58	10,38
Septiembre	6,30	11,20	5,83	6,50	29,83
Octubre	-	8,67	-	7,67	16,34
Noviembre	2,35	7,60	6,58	9,17	25,70
Total	35,69	66,35	39,54	49,72	**191,3**

El número total de horas que el proceso productivo se detuvo fue 191,3 h, este valor se relaciona con el tiempo disponible para la producción mediante la ecuación 1.5 y se calculó el porcentaje de eficiencia de operación de la planta en relación a la incidencia del área de envasado en el cumplimiento de la planificación de producción como se indica en la tabla 3.12:

Tabla 3.12 Eficiencia de la operación de la planta en función al cumplimiento de la planificación de producción

Mes	Horas de parada por mes	% Espera de envasado	% Eficiencia Operación
Febrero	21,00	7,62	92,38
Marzo	14,52	11,02	88,98
Abril	9,20	17,39	82,61
Mayo	26,30	6,08	93,92
Junio	9,00	17,78	82,22
Julio	27,80	5,76	94,24
Agosto	10,38	15,41	84,59
Septiembre	29,83	5,36	94,64
Octubre	16,34	9,79	90,21
Noviembre	25,70	6,23	93,77
Total	**190,07**		**90,10**

Como se observa en la tabla 3.12, todos los meses los productos fraccionados en el área de envase, representan en promedio una reducción del 11% en la eficiencia de operación de la planta, por las horas que el proceso de producción debe parar hasta finalizar el envase de unidades en tránsito. No se registran valores significativos que correspondan a la línea de envase convencional.

3.1.4.4. Costos por procesos

De acuerdo a los reportes de contabilidad, el costo promedio de producción de harina de trigo generado por la planta productiva para el periodo Febrero a Noviembre de 2016 se indica en la tabla 3.13:

Tabla 3.13 Componentes del costo promedio de producción de harina de trigo de Febrero Noviembre de 2016

COMPONENTE	**COSTO MENSUAL**
Materia prima Trigo	1 048 823,98
Aditivos	9 560,46
Empaque	18 357,11
Empaques de Subproducto	5 252,97
Empaque de Reproceso	-
Mano de Obra Directa	21 538,50
Mano de Obra Indirecta	50 299,12
Depreciaciones	27 212,52
Energía	17 408,30
Combustible y Lubricantes	242,90
Mantenimiento	14 106,16
Almacenamiento (bodega externa)	10 589,79
Seguro	3 169,76
Vigilancia	4 853,94
Transporte	78 785,89
Otros	4 571,60
Venta subproducto	227 821,00
Costo de producción	**1 086 952,00**

Durante las paradas no programadas del proceso productivo, varios componentes que integran el costo total de producción se mantienen presentes, son costos fijos como salarios y otros son costos variables, como el consumo de energía de oficinas y bodegas, estos componentes representan el concepto de costo de pérdida, originado por la parada del proceso productivo, como se indica en la tabla 3.14:

Tabla 3.14 Componentes del costo promedio durante la parada de producción de harina de trigo

COMPONENTE	COSTO MENSUAL	OBSERVACION
Materia prima Trigo	-	No se consume
Aditivos	-	No se consume
Empaque	-	No se consume
Empaques de Subproducto	-	No se consume
Empaque de Reproceso	-	No se consume
Mano de Obra Directa	21 538,50	Costo Fijo: salario
Mano de Obra Indirecta	50 299,12	Costo Fijo: salario
Depreciaciones	27 212,52	Costo Fijo: se mantiene registro de depreciación
Energía	1 392,66	Costo variable: energía de oficias
Combustible y Lubricantes	-	No se consume
Mantenimiento	-	No se realizaría trabajo de mantenimiento
Almacenamiento (bodega externa)	10 589,79	Costo Fijo: se mantiene arriendo de bodega
Seguro	3 169,76	Costo Fijo: se mantiene pago de seguro
Vigilancia	4 853,94	Costo Fijo: se mantiene pago de guardianía
Transporte	-	No se transportaría Materia prima
Otros	1 523,87	Optimización de costos
Venta subproducto	-	
Costo total	**120 580,16**	

Tomando en cuenta el consolidado de horas paradas del proceso productivo en el periodo Febrero a Noviembre de 2016, y el costo de pérdida definido en el

análisis de la tabla 3.13, se establece que la organización tenía un costo de pérdida por parada de proceso productivo de $ 5 480,92 promedio mensual.

3.1.4.5. Demanda de producto por línea

En la figura 3.12 se indica que de todos los pedidos ingresados al sistema LETRA por el personal del área comercial, el 56,3% corresponde a clientes industriales, el 20,4% a clientes artesanales y el resto a autoservicio, este porcentaje de ingreso, corresponde con el porcentaje total de producto a envasarse por mes para cada línea de envasado.

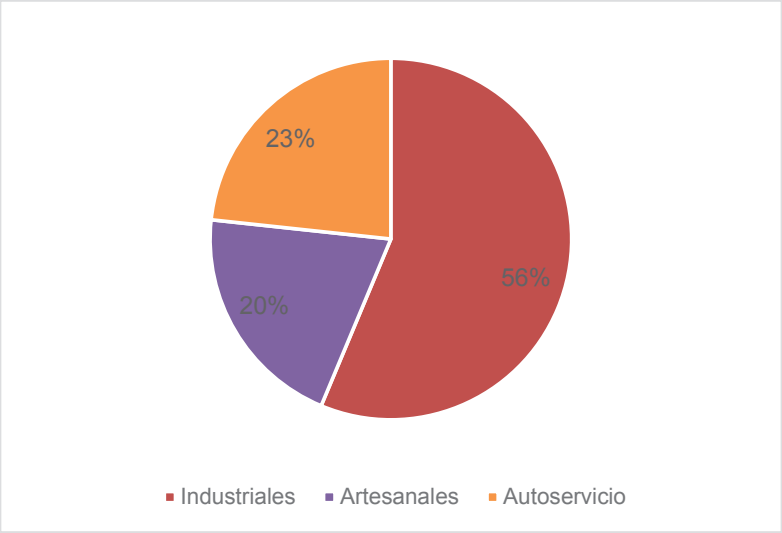


Figura 3.12 Porcentaje de distribución de la demanda por cliente de acuerdo a software de pedidos y logística LETRA

Se indica en la tabla 3.15 que de la demanda del cliente industrial, el 37,6% de las presentaciones corresponden a productos empacados en envase de papel y 42% a envase fraccionado, lo que representa un importante porcentaje de la producción.

Tabla 3.15 Porcentaje de Demanda de productos para clientes industriales por subproceso de envase

LÍNEA DE ENVASE	PORCENTAJE
Envasado convencional	20,4%
Envasado fracción 9 kg	17,5%
Envasado fracción 11,4 kg	11,9%
Envasado fracción 25 kg	12,6%
Envasado papel kg	37,6%
Total	100%

3.1.4.6. Productividad

En la tabla 3.16, se indica el conjunto de datos que se manejaron para la determinación de la productividad del proceso de envasado en el periodo 2016.

Tabla 3.16 Productividad del área de envasado en periodo 2016

Mes /2016	Número de personas	Unidades envasadas	Total horas-hombre	Productividad (u/hh)	Productividad Acumulada (u/hh)
Febrero	15	17 466	825	21,2	21,2
Marzo	15	17 965	812	22,1	21,6
Abril	15	19 052	845	22,5	22,1
Mayo	15	18 125	810	22,4	22,2
Junio	15	18 563	812	22,9	22,5
Julio	15	17 936	818	21,9	22,2
Agosto	15	18 963	827	22,9	22,6
Septiembre	15	17 765	834	21,3	21,9
Octubre	15	18 235	800	22,8	22,4
Noviembre	15	18 125	817	22,2	22,3

Para el mes de Noviembre de 2016, se establece una productividad acumulada de 22,3 u/hh. En análisis estadístico se determinó que el coeficiente de variación fue 2,77% indicando un bajo nivel de dispersión entre la productividad de cada mes, como se indica en la figura 3.13:

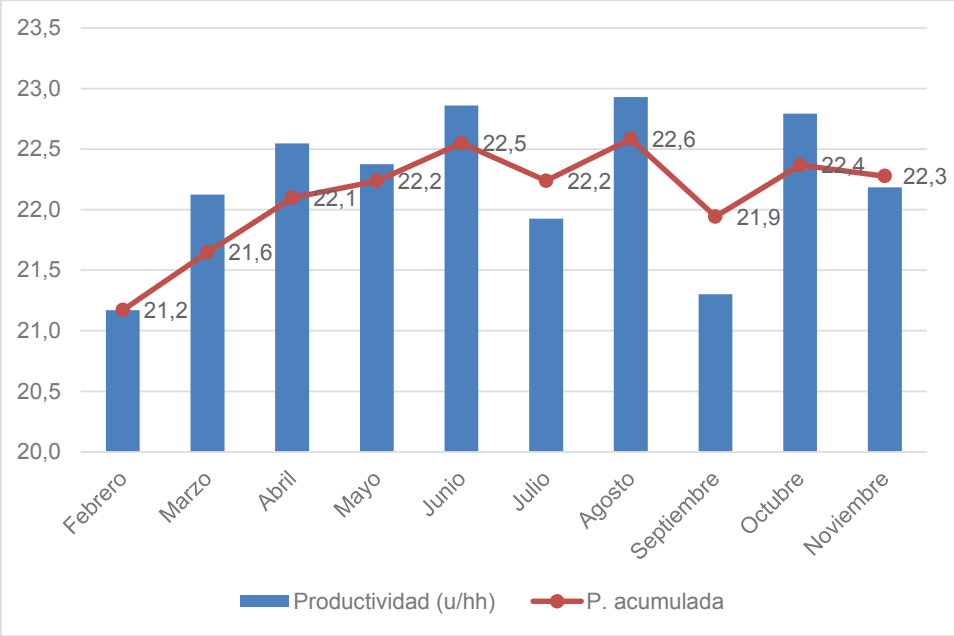


Figura 3.13 Productividad de área de envasado en periodo 2016

3.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN EL ÁREA DE ENVASADO

3.2.1. IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES

Para llevar a cabo la identificación de restricciones en el área de envasado, se consideró lo establecido a través del conjunto de resultados de la corrida del modelo de simulación, así como también el análisis efectuado mediante el diagrama Causa-Efecto y la evaluación de los componentes descritos en el área.

3.2.1.1. Resultados del Diagnóstico Inicial

De acuerdo a los resultados de la corrida del modelo de simulación y al análisis de los datos de los componentes del diagnóstico inicial, el cuello de botella que se

estableció en el proceso de envasado fue el subproceso de llenado de la línea de fraccionado en base a las descripciones siguientes:

- Según los resultados de la corrida del modelo, se estableció que para el subproceso de llenado en la línea de fraccionado se tenía 1 542 unidades de producto en cola en un periodo de 30 días de simulación. Para el envase en papel se tiene 696 unidades de producto en cola en el mismo periodo, este último subproceso puede considerarse como nueva restricción en el análisis de mejora continua.

- En la corrida del modelo según la proyección del departamento comercial para el periodo siguiente hasta 2018, se encuentra al subproceso de llenado como cuello de botella para todas las líneas del área de envasado.

- El 41% de producto que los trabajadores manejaban en el proceso de envasado durante las observaciones corresponde a la línea de envase de fraccionado.

- Un 53,5% del total de producto que se queda sin envasar correspondía a producto de la línea de fraccionados.

- En el periodo 2016 se tiene 191,3 horas de paradas no programadas de la planta productiva debido al producto en tránsito pendiente de envasar.

- En promedio mensual para el periodo 2016, se encontró un costo de pérdida de $5 480,92 por paradas no programadas de la planta productiva.

- El 42% de los ingresos de pedidos por parte del personal comercial a planta, se dirige como requerimiento de producto fraccionado.

3.2.1.2. Diagrama Causa-Efecto

Para la construcción del diagrama Causa-Efecto, se inició con una lluvia de ideas con la participación de los responsables del proceso de envase, supervisores y jefatura de producción. En el ANEXO VII se indica el diagrama Causa–Efecto con

la descripción de los factores principales y secundarios que permitió desarrollar la matriz junto con las actividades para trabajar sobre el origen de las desviaciones.

La evaluación realizada por el equipo de operación, junto con jefatura de producción, permitió confirmar el resultado del diagnóstico inicial, al establecer como causa raíz al subproceso de llenado de la línea de fraccionados como la restricción del área.

3.2.2. EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN

3.2.2.1. Plan de acción para restricciones

En la tabla 3.17 se establecen las principales causas identificadas en el diagrama Casa-Efecto así como las actividades del plan de acción correspondientes a cada limitación encontrada en el área y la numeración de tesis con la acción desarrollada.

Tabla 3.17 Plan de acción establecido para diagrama Causa- Efecto

CRITERIO	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN	NUMERAL TESIS
MÉTODO	No hay un procedimiento operativo estándar de organización en el área de envase.	Generar un programa con un horario estándar de trabajo para el personal del área.	3.2.2.2. Horario estándar de operación.
	Es necesaria la verificación manual de pesos del producto terminado.	Remplazar la báscula TUBEX descalibrada del área de envasado	3.2.4.2. Selección de la alternativa final.
	Instructivo de limpieza y registro del área desactualizado	Modificar el programa de limpieza y sanitización del área de envase de PT	3.2.3. Subordinar los procesos a la restricción.
	Existe stock en tránsito de producto fraccionado no envasado	Reemplazar el subproceso de llenado en la línea de envase de fraccionados.	3.2.4.2. Selección de la alternativa.

Tabla 3.17 Plan de acción establecido para diagrama Causa- Efecto **(continuación…)**

CRITERIO	CAUSA RAÍZ	ACCIÓN	NUMERAL TESIS
MANO DE OBRA	El supervisor delega la transición de turno a personal nuevo.	Definir mejores prácticas de entrega de turno en las reuniones mensuales del personal.	Sin detalle
	Existe tiempo improductivo por re-envase de sacos dañados.	Organizar re-inducción de personal sobre manejo adecuado de material.	Sin detalle
	No existe en el procedimiento del área un lugar designado para personal recolocado por HESS.	Definir en conjunto con HESS un lugar destino para personal que debe ser recolocado.	Mejoras relacionadas con la mano de obra
	Hay destreza variada por parte de los operadores	Organizar los grupos de trabajo alternando personal nuevo y con experiencia.	Mejoras relacionadas con la mano de obra
MÁQUINA	No hay suficiente capacidad para subproceso de llenado en línea de fraccionados.	Remplazar la envasadora de producto fraccionado.	3.2.4.2. Selección de la alternativa final.
	La báscula del área de envase reporta datos muy diferentes al conteo físico.	Adquirir pesas patrón certificadas para realizar la calibración de la báscula.	Sin detalle
	El subproceso de envasado se detiene durante el tiempo de almuerzo y limpieza.	Establecer un procedimiento estándar para evitar la parada del envasado durante los descansos.	3.2.3. Subordinar los procesos a la restricción.
MATERIA	Hay problemas de disponibilidad de sacos en el área.	Reducir de 4 a 2 los proveedores para disminuir la variabilidad del insumo.	Sin detalle

3.2.2.2. Horario estándar de operación

En la tabla 3.18 se indica el horario establecido para la toma de receso del almuerzo para el personal del área de envasado, no se presenta un horario anterior, dado que el grupo de trabajo tomaba el tiempo de almuerzo en una misma hora establecida.

Tabla 3.18 Horario estándar para almuerzo de personal de área de envase.

Persona / Hora	Trabaj. #1	Trabaj. #2	Trabaj. #3	Trabaj. #4	Trabaj. #5
6:10 - 8:30	✓	✓	✓	✓	✓
8:30 - 8:45	Break	Break	Break	✓	✓
08:45 - 10:00	✓	✓	✓	✓	✓
10:00 - 10:15	✓	✓	✓	Break	Break
10:15 -10:35	L	L	L	✓	✓
10:35 -12:15	✓	✓	✓	✓	✓
12:15 - 13:15	A	A	A	✓	✓
13:15 - 14:15	✓	✓	✓	A	A
14:15 - 15:00	✓	✓	✓	✓	✓

Posterior a la implementación de la jornada estándar para los descansos, el porcentaje de tiempos muertos del subproceso de llenado de la línea de fraccionados se redujo, lo que representó en promedio mensual obtener 920 unidades envasadas más, lo que se indica en la figura 3.14:

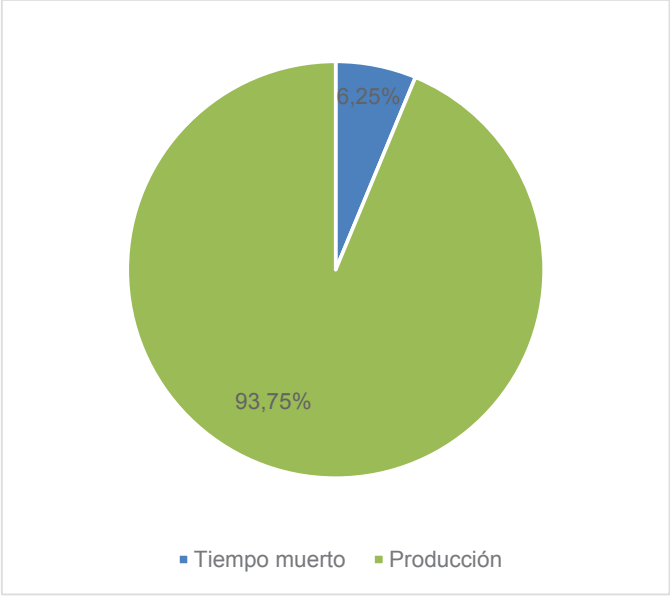


Figura 3.14 Porcentaje de tiempo muerto para línea de envase fraccionado

3.2.3. SUBORDINAR LOS PROCESOS A LA RESTRICCIÓN

Se implementaron las siguientes modificaciones a las actividades del área de envasado y a planta con el objetivo de organizar los procesos en función al cuello de botella detectado:

- Se actualizó el instructivo de producción para producto envasado. Originalmente el instructivo indicaba al trabajador configurar el flujo de trigo en 1 700 Kg/h, flujo que también se aplicaba para producto de envase convencional; con la reducción del flujo a 1 250 kg/h, disminuyó también la carga en planta productiva, por lo que 1 trabajador eventualmente es recolocado en el área de envasado, en la cual también se reducirá el stock en tránsito de unidades sin envasar.

- Se modificó el programa de limpieza y desinfección del área. Inicialmente en el término del turno el personal limpiaba el área y luego desinfectaba con agentes químicos, lo que representaba casi 20 minutos; con la modificación del programa, el personal ejecuta la limpieza al final del turno y la sanitización una sola vez por día en lugar de 3. De esta manera el proceso de envase se detiene menos tiempo y se reduce el stock en tránsito de unidades sin envasar. El nuevo programa de limpieza y desinfección fue validado por el personal de laboratorio en el periodo del 03 al 17 de Abril de 2017, el informe se presenta en el ANEXO VII.

- Se modificó el plan de abasto nacional de producto fraccionado, originalmente se producía el 100% de producto fraccionado en planta Cajabamba, lugar donde se desarrolla el presente proyecto; con el cambio del programa, 1000 unidades de un cliente especifico que significa el 5 % se transfirió al programa de la planta Cayambe con aceptación previa del cliente. De esta forma, el área de envasado disminuye el stock en tránsito y se reducen las horas de paradas no programadas del proceso productivo.

3.3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

3.3.1. ELEVAR LA RESTRICCIÓN

Las alternativas de mejora se diseñaron dentro la metodología de Teoría de Restricciones como parte de la etapa de elevar la capacidad de la restricción identificada.

3.3.1.1. Alternativas para aumentar la capacidad del área

Se presentan los resultados de las alternativas planteadas para el incremento de productividad del área de envase de harina de trigo, para la alternativa seleccionada se indica la corrida del modelo de simulación mediante el software SIMUL8, se consideró los datos provistos por el fabricante para las variaciones propuestas y los tiempos cronometrados durante el diagnóstico del área en el subcapítulo 3.1.2 Simulación del área de envasado del presente trabajo.

a. Evaluación y presentación de "Primera Alternativa"

Se consideró los meses de mayor demanda en el periodo 2016 con el objetivo de calcular la demanda máxima de los productos fraccionados. Se estableció que durante Marzo se envasaron 8 128 unidades fraccionadas y en Octubre 9 350 unidades que en total suma 18 575 unidades, considerando que para el año 2018, se proyectan un incremento del 3,3 %, se tiene que la demanda sería 18 002,25 unidades de forma mensual. Considerando los datos del fabricante de la envasadora automática simple marca BUHLER modelo MWPD, cuya capacidad sería de 185 u/h, y con jornada de un turno de 8 horas, se esperaría tener 31 080 unidades al mes, cubriéndose sin ningún problema la demanda en este producto.

En la tabla 3.19 se indica el cuadro de análisis de la implementación de la alternativa primera para el área de envasado:

Tabla 3.19 Análisis de capacidad de envase de primera alternativa para elevar restricción del área de envase

LÍNEA	PERSONAL	CAPACIDAD MENSUAL
Envase fraccionado	5	9 780 u
Envase automático	4	31 080 u

El reemplazo por un envasado automático simple incrementa la capacidad de la restricción, pero no reduce el stock en tránsito del producto envasado en papel que se considera un cuello de botella en la proyección futura de producción en la planta.

b. Evaluación y presentación de "Segunda Alternativa"

Se llevó a cabo la misma consideración que en el análisis anterior para establecer la demanda máxima para el producto fraccionado, para esta segunda alternativa se evaluó el reemplazo de la línea de fraccionado y convencional, por una sola envasadora automática de carrusel marca BUHLER modelo MWPM-4 con capacidad de 624 u/h, donde se tendría según la jornada laboral de un solo turno 104 832 unidades por mes, cubriendo la demanda total para el producto fraccionado y convencional.

En la tabla 3.20 se indica el análisis para la alternativa segunda en el área de envasado considerando las líneas que serían reemplazadas:

Tabla 3.20 Análisis de capacidad de envase de segunda alternativa para elevar restricción del área de envase

LÍNEA	PERSONAL	CAPACIDAD MENSUAL
Envase automático	3	104 832 u
Envase fraccionado	1	18 002 u
Envase convencional	3	58 076 u

En el ANEXO VIII, se muestran los procesos del método de trabajo inicial y propuesto para el remplazo con la envasadora automática de carrusel que fue presentado a la empresa.

c. Evaluación y presentación de "Tercera Alternativa"

Se presentó la tercera alternativa como una ampliación de la propuesta anterior, es decir el reemplazo de la línea de envase de producto fraccionado y convencional por una sola envasadora automática de carrusel marca BUHLER modelo MWPM-4 con capacidad de 624 u/h, en esta alternativa se integra la propuesta de incrementar la capacidad del silo de almacenamiento del área de 25 Tm por 2 silos de 60 Tm con el objetivo de reducir las unidades en tránsito de papel y las horas de paradas no programadas.

En la tabla 3.21 se indican los resultados obtenidos de la simulación para 30 días, en un solo turno. Las unidades en cola para la restricción se reducen de forma completa y el cumplimiento de la programación de producción podría llegar al 97%, esto se establece teniendo en cuenta que en la jornada laboral de un solo turno se tendría 104 832 unidades por mes, cubriendo la demanda total para el producto fraccionado y convencional

Tabla 3.21 Cuadro de resultados de la corrida de simulación para tercera alternativa

Indicador	Unidad	% Espera por trabajo	% Tiempo de trabajo	En cola
Env_automático	Unidades	13,7	86,4	6
Trans_automático	Unidades	12,7	87,3	1
Cosido_automático	Unidades	13,8	86,2	0
Palletizado	Unidades	8,2	91,8	1
Env_papel	Unidades	7,6	92,4	4
Trans_papel	Unidades	14,7	85,3	0
Imp_papel	Unidades	13,5	86,5	0
Sellado_papel	Unidades	4,8	85,2	1
Pallet_papel	Unidades	9,2	90,8	2

Los resultados de cada work center se presentan para indicar la proporción de espera y de trabajo, sobre todo las unidades en cola para evaluar la presencia de restricciones.

El tiempo de molienda en el proceso productivo está en función directa con la capacidad de almacenamiento en el área de envasado. En la figura 3.15 se indica que la capacidad de los 2 silos propuestos cubriría 16 horas continuas de molienda sin necesidad de envase, considerando: una demanda actual en el área de 76 078 unidades de producto convencional y fraccionado por mes, un incremento de producción proyectado en 2,8% para el año 2018 y una capacidad instalada de 104 832 unidades mensuales de envase.

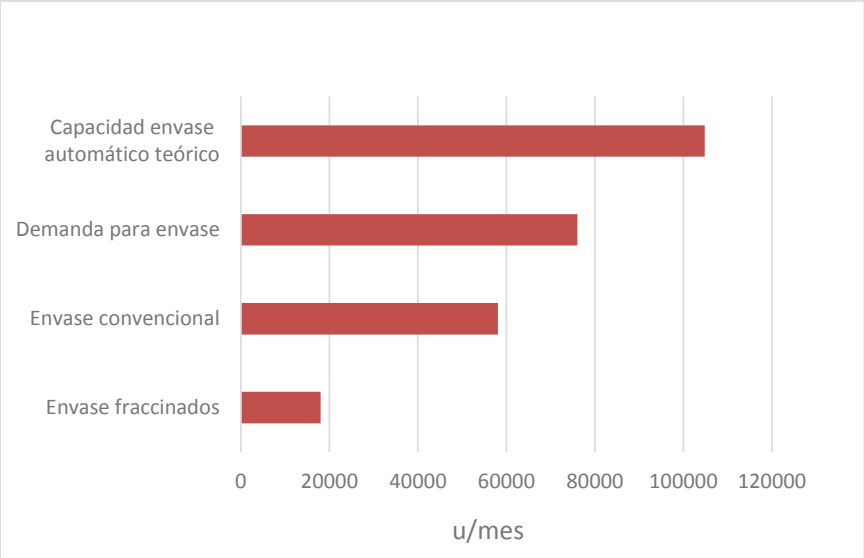


Figura 3.15 Análisis de capacidad de envase para tercera alternativa

En el presente proyecto no se consideró el reemplazo de la envasadora de papel, puesto que se trata de una compra reciente de la empresa, razón por lo cual se integró la opción de incrementar la capacidad de almacenamiento, esta medida permitiría elevar la capacidad del área para cumplir con la planificación de la organización.

En la figura 3.16 se indica el modelo de simulación para la alternativa tercera en SIMUL8. El número de trabajadores se reduciría de 5 a 3 personas inicialmente, para luego continuar en una planificación de trabajo de un solo turno.

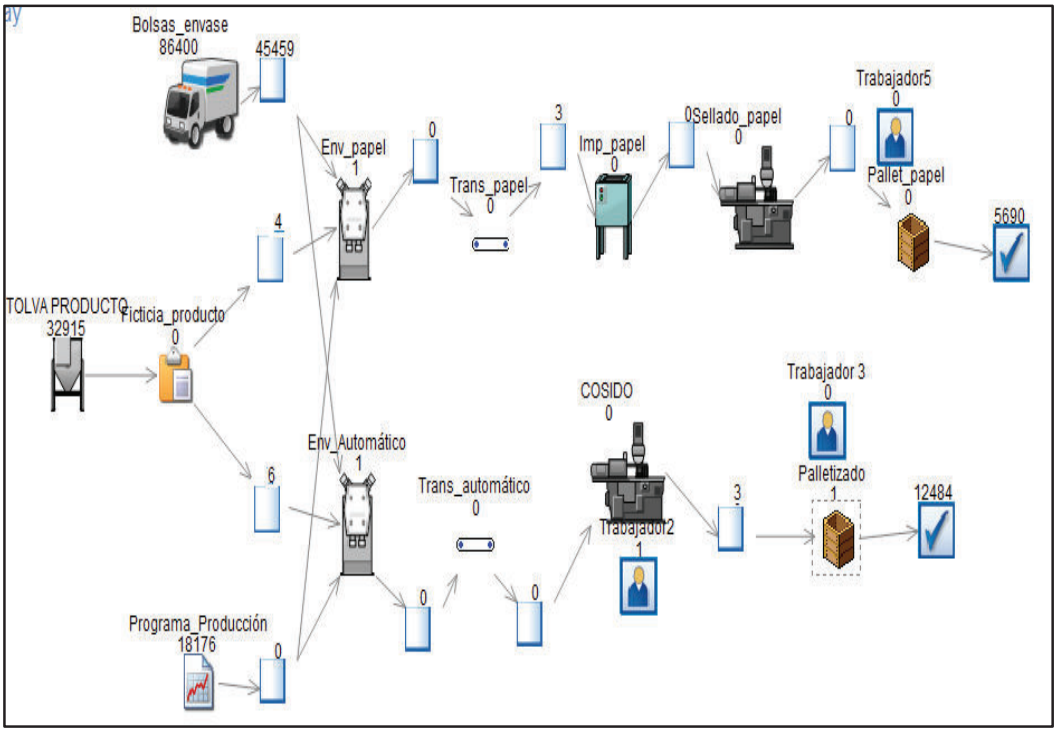


Figura 3.16 Modelo de simulación de la tercera alternativa

3.3.1.2. Selección de alternativa final

Para establecer la selección de la alternativa final se consideró los resultados de cada análisis, evaluando la capacidad de envase por cada línea y del área en conjunto, así como el cuello de botella identificado.

La alternativa considerada para su desarrollo fue la tercera opción diseñada y estudiada, esta decisión se confirma con la planificación estratégica a largo plazo que la corporación maneja para sus proyectos de inversión sumada al crecimiento proyectado para la línea industrial de cereales en el país y el estudio logístico de la empresa que ha establecido a la región donde se sitúa la planta objeto de estudio, como la localidad con mayor ventaja logística a nivel nacional. Se consideraron también los siguientes parámetros:

- Con la implementación de la envasadora carrusel se espera alcanzar en términos de capacidad 104 832 unidades por mes que cubre la demanda de 76 078 unidades mensuales.

- Fue necesario considerar un nuevo Layout del área de envasado para la implementación de alternativa. Lo que implica obra civil y repotenciación de sistema neumático, factores a tomar en cuenta para finalizar el presente proyecto.

- Se calculó en base a la capacidad de la envasadora de carrusel que la capacidad de envase de 4,48 Tm/h de harinas fraccionadas se incrementa a 6,8 Tm/h superando la capacidad instalada de producción en harinas fraccionadas de 5,2 Tm/h que fue descrito en el diagnóstico inicial como el cuello de botella considerando el subproceso de llenado.

- En la línea de papel a través del modelo de simulación en el diagnóstico inicial, se estableció también el subproceso se llenado como una restricción potencial, con el incremento de la capacidad de almacenamiento se calcula que se podría llegar a 16 horas de molienda continua sin envase de producto lo que significa no tener producto en tránsito y evitar paradas del proceso.

- Se calculó que las horas de paradas no programadas de la planta productiva por falta de capacidad en área de envase se reducen en teoría en el 95%, lo que representa aproximadamente 193 horas más de producción y la producción de 862 Tm de harina que se habían estado dejando de producir en el periodo 2016.

- La cantidad de personal se reduce inicialmente de 5 a 3 personas en cada turno, dando un total de reducción inicial de mano de obra de 15 a 9 personas, sin embargo este ahorro puede incrementarse si se trabaja en un solo turno con 5 personas cuando la programación de producción se ajuste a la proyección del área comercial y se atiendan las nuevas oportunidades de mercado con clientes industriales a finales del segundo semestre de 2017.

Con la implementación de la alternativa de reemplazar dos envasadoras por una sola envasadora automática de carrusel, también se distribuiría el trabajo con 5 personas: el primer trabajador responsable del manejo y control de envasado de papel; el segundo trabajador para el manejo de la nueva envasadora automática de carrusel y los 3 trabajadores restantes para la paletización del producto y traslado a bodega. Con la implementación de la envasadora de carrusel automática, se implica el reemplazo de la báscula Tubex, por la báscula integrada a la nueva máquina, con lo que se eliminaría la problemática de verificar el peso de los productos de forma manual.

En la figura 3.17, se presenta el flujograma del proceso de trabajo, con los cambios establecidos con la implementación de la alternativa seleccionada, para el área de envasado con la envasadora automática de carrusel que fue analizado y presentado para la evaluación en la empresa:

MODERNA ALIMENTOS — FLUJOGRAMA		Versión	HACCP N° 02
		Aprobación	Pendiente
PROCESO: ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO		**SUBPROCESO:** ALTERNATIVA PROPUESTA	
CÓDIGO EN MANUAL	POPP D-05	**AÑO**	2017
OBJETIVO DEL PROCESO		**ACTIVIDADES**	

N°	Descripción de las actividades	Jefe Producción	Supervisor(es)	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 4	Montacargusita
1	Revisa la programación semanal de producción y preparar orden respectiva.							
2	Recibe orden de producción y se ingresa insumos y MP a sistema SAP.							
3	Coordina con equipo: producción y envasado de PT.							
4	Calibración de equipos y molienda de trigo.							
	Organización de personal para envase de PT							
5	Programación de envasadora según presentación de PT.							
6	Colocar sacos en bastidor de envase y registro de consumo de insumos.							
7	Colocar saco en boquilla de máquina envasadora. Manejo de registros de limpieza							
8	Enfunde de producto terminado.							
9	Colocar saco en banda de transporte.							
10	Verificación manual de peso bruto.							
11	No cumple: Enviar saco a corregir peso neto, registro y archivo de producto no conforme.							
12	Cumple: Coser saco e impresión de información para trazabilidad.							
	Colocación de producto terminado en pallet de almacén.							
13	Embalaje de producto terminado.							
14	Almacenamiento en bodega de PT, y registro de MP, insumos en sistema SAP.							
15								

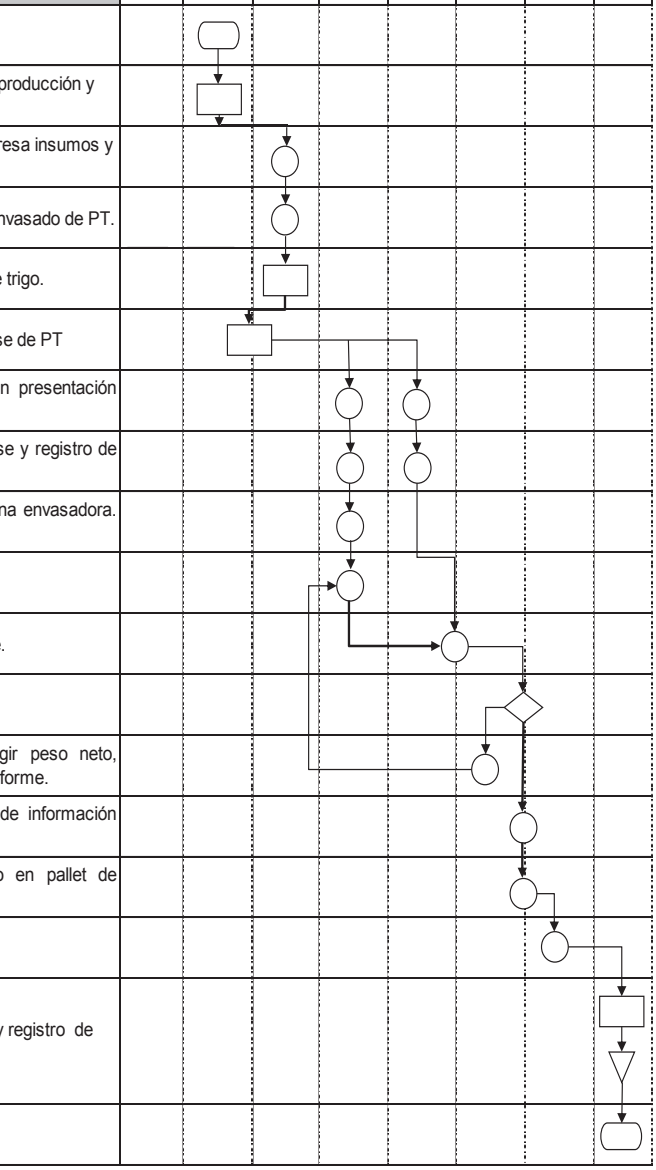


Figura 3.17 Flujograma de trabajo propuesto mediante alternativa seleccionada

Se indica a continuación en la figura 3.18 el esquema general de los procesos del área de envase con la propuesta establecida para el área de envasado.

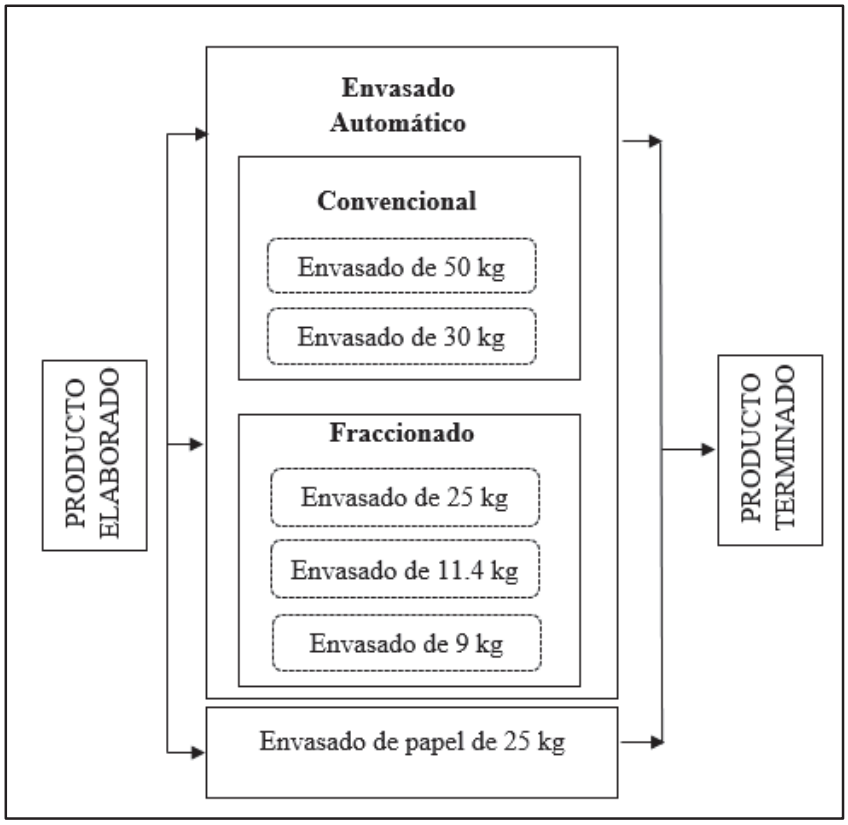


Figura 3.18 Esquema general de envasado mediante alternativa seleccionada

Con la implementación de la propuesta, se manejaría una sola línea para el envase de fraccionados y convencional con lo cual se eliminaría los subprocesos de llenado y cosido, de modo que considerando el incremento de capacidad de almacenamiento se puede describir el equipo final de trabajo de la siguiente forma:

- Línea de envase de carrusel: trabajaran tres personas (3 hombres), un trabajador para la colocación de sacos en bastidor de máquina y la programación de esta, un segundo trabajador para la paletización del producto y un tercer trabajador para trasladar el producto bodega de los 2 tipos de envasado (papel y carrusel).

- Línea de envase de papel: trabajaran dos personas (2 hombres), un trabajador para colocar los sacos en el bastidor y control de la envasadora, el segundo trabajador para la paletización del producto, este último apoyaría en la paletización de la línea de carrusel cuando se envase presentaciones de 10 kg.

Al término de la implementación se pretende reducir de tres equipos de 15 personas en total para el área de envase, a un solo equipo de 5 personas en horario administrativo de 8 a 17:00 para los dos tipos de envase, reduciendo completamente la generación de horas extras y horas complementarias. Las horas extras esporádicas, en condiciones normales que se pueden generar se podrán deber a operaciones de limpieza y no de operación.

En base a la capacidad de la envasadora automática de carrusel y a la implementación de los nuevos silos se eliminará el déficit de 0,78 Tm/h permitiendo el incremento de la productividad en 1,37 veces en relación al envasado original que se indica en la tabla 3.22:

Tabla 3.22 Capacidad de envase de alternativa seleccionada del área de envase

LÍNEA	PERSONAL	CAPACIDAD MENSUAL
Envase automático	5	104 832 u
Envasado original	15	76 078 u

3.3.1.3. Evaluación financiera de la alternativa seleccionada

Con la implementación de la envasadora automática y los nuevos silos de almacenamiento, se reduciría 10 personas del equipo de trabajo, esto representa un importante ahorro para la empresa no solo por concepto de sueldos y horas extras, sino también se reduce de forma importante la probabilidad de tener trabajadores con enfermedad ocupacional por los movimientos repetitivos propios de este trabajo en el área.

En la tabla 3.23, se indica el ahorro por la reducción de mano de obra con la implementación del proyecto que se presentó para la aprobación del proyecto, los

valores considerados para el análisis corresponden al periodo 2016, y se establece un ahorro de $ 91 756,04:

Tabla 3.23 Cálculo de ahorro para aprobación de proyecto en área de envasado

Concepto (periodo 2016)	**Valor ($)**
Sueldo básico	415,00
Horas Extras	83,00
Décimo Cuarto	34,58
Décimo Tercero	34,58
Vacaciones	17,29
Fondos de Reserva	34,57
Aporte al I.E.S.S.	46,27
Alimentación	47,25
Seguro médico privado	11,00
Seguridad Industrial (EPP/ropa trabajo)	29,17
Salud Ocupacional	5,00
Gastos administrativos	6,92
Total mensual por empleado	**764,63**
Ahorro anual por 10 trabajadores	**91 756,04**

En la tabla 3.24, se indica el análisis del retorno de la inversión considerando: los costos de implementación por concepto de maquinaria, obra civil, repotenciación del sistema neumático en el área y los ahorros que representaría la ejecución del proyecto, se presentan también los conceptos necesarios para el análisis como el valor actual neto y la tasa interna de retorno; como resultado del proceso analítico se estableció el periodo de recuperación en 4 años y 9 meses:

Tabla 3.24 Análisis de retorno de inversión para aprobación de proyecto en área de envasado

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Equipos BÜHLER	461 700	-	-	-	-	-
Equipos OFISNA	191 400	-	-	-	-	-
Obra eléctrica	35 000	-	-	-	-	-
Aire comprimido	5 000	-	-	-	-	-
Obra civil	42 000	-	-	-	-	-
Varios	6 000	-	-	-	-	-
IVA 14%	39 116	-	-	-	-	-
Subtotal costos	**780 216**	-	-	-	-	-
Costos Acumulados	-	780 216	780 216	780 216	780 216	780 216
AHORRO						
Mano de obra	91 756	91 756	91 756	91 756	91 756	91 756
Paradas de molino	37 366	37 366	37 366	37 366	37 366	37 366
Utilidad no recibida	84 270	84 270	84 270	84 270	84 270	84 270
Pérdida en envase	2 279	2 279	2 279	2 279	2 279	2 279
Subtotal ahorros	215 671	215 671	215 671	215 671	215 671	215 671
Ahorro acumulado		431 343	647 014	862 685	1 078 356	1 294 028
FLUJO DE CAJA	564 545	215 671	215 671	215 671	215 671	215 671
Valor actual neto	564 545	196 065	178 241	162 037	147 306	133 915
VAN acumulado	374 760	-	-	-	-	-
TIR (Retorno)	28%	55%	83%	111%	138%	166%
Costo del capital	10%	-	-	-	-	-
VAN diferencias	368 480	190 239	28 202	119 04	253 019	374 760
Periodos en meses	12	12	12	12	12	12
Periodo de recuperación del proyecto: 4 años y 9 meses.						

Se presentó tanto el cálculo del ahorro y el periodo de recuperación de la inversión como un importante soporte y justificación para la ejecución del proyecto.

En el ANEXO IX se presentan las proformas de los proveedores de equipamiento y obra civil que se analizaron para determinar los costos de la ejecución del proyecto, información que se utilizó también para establecer el periodo de retorno de la inversión.

3.3.2. MEJORA CONTINUA

Se propone continuar con las mejoras en el área de envasado, debido a que aún persisten restricciones en algunos subprocesos, se propuso entonces lo siguiente:

En el primer punto de la propuesta se recomendó la actualización del manual de sistemas de gestión en especial, para el área de envase, donde se manejan actualmente 7 registros diarios, esto representaría la disminución de unidades en tránsito y mayor tiempo para realizar actividades de limpieza.

Para el segundo punto de mejora, se consideraron los datos de la tabla 3.25, donde se indica un resumen de las unidades totales que se han quedado sin paletizar durante las mediciones del área de envasado tanto en el diagnóstico inicial, en la demanda proyectada a 2018 y en la simulación de la alternativa seleccionada. Estas unidades en tránsito significan producto con alto riesgo a contaminarse debido a que van acumulándose sobre el piso y el riesgo ergonómico para los trabajadores por el trabajo bajo presión necesario para manejar el producto que ha quedado en cola.

Tabla 3.25 Unidades en tránsito en el subproceso de paletizado

Etapa de medición	Unidades en tránsito
Área Original	23
Proyectada	78
Alternativa seleccionada	5

En la figura 3.19 se muestra, una modulación del área de envasado, donde se indican las unidades en tránsito que conforman la cola antes del subproceso de

paletizado como una restricción potencial, que se consideró desde el diagnóstico inicial.

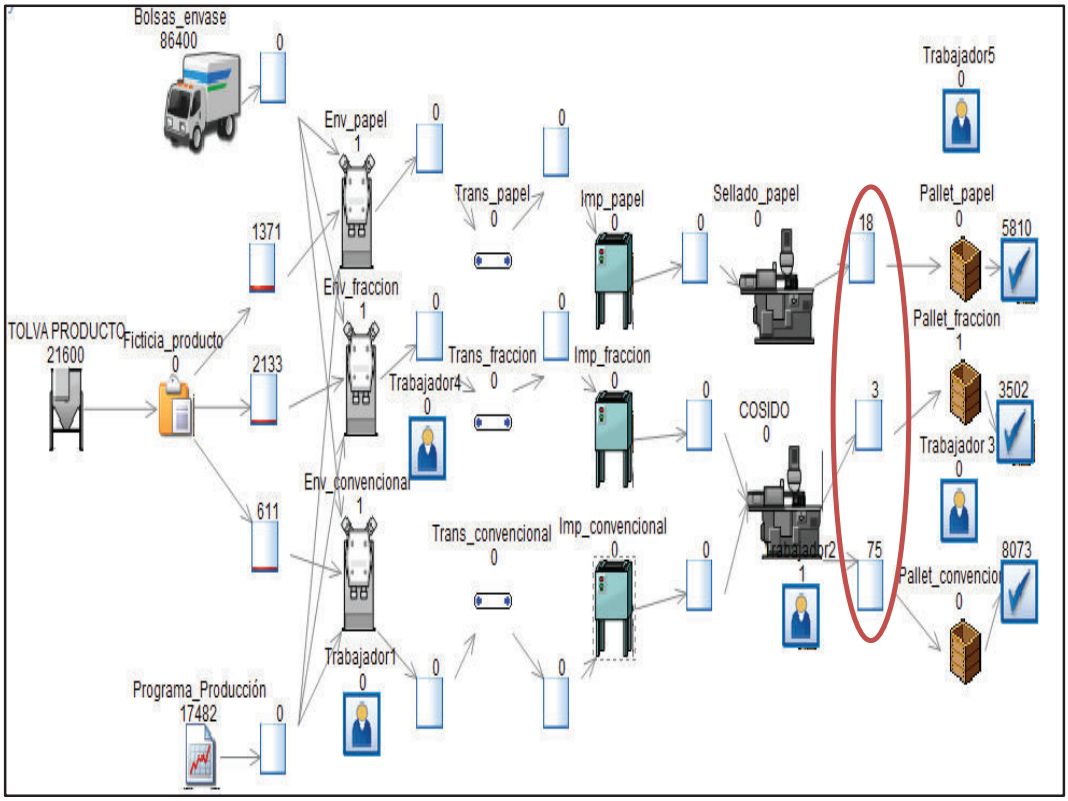


Figura 3.19 Unidades en tránsito en el subproceso de paletizado

Se propone entonces incluir en el área de envase, una máquina de paletizado automático que se acoplaría a la nueva envasadora de carrusel con el fin de disminuir el inventario en tránsito, y reducir el riesgo ergonómico del personal por el levantamiento de carga y movimientos repetitivos. Con esta propuesta de mejora continua, el proyecto se complementaría, proyectándose a la automatización de nivel intermedio del área.

3.4. DISEÑO DE LAYOUT DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el análisis conjunto con gerencia y el departamento de producción, respecto a la implementación, se estableció el rediseño del 12% de área total de envasado,

por concepto de obra civil, con el objetivo de que los nuevos silos puedan tener espacio suficiente no solo para la instalación, sino para su mantenimiento y sanitización interna que se considera crítico en una planta de alimentos. Las nuevas maquinarias y equipos corresponderán al 20% de activos fijos del total existentes en el área de envase.

En el ANEXO X se indica a manera de ejemplo, el plano preliminar propuesto y revisado para la implementación del proyecto considerando el adecuado espacio para la movilidad del trabajador y las nuevas capacidades en energía y sistema de aire requeridas por la repotenciación. Adicional se visualiza la instalación de dos silos y la proyección para la instalación de 6 silos más en los próximos años, considerando el cumplimiento de objetivos estratégicos de la organización y la diagramación de la implementación requerida por el proyecto, aquí se consideró la futura colocación del anclaje de la paletizadora propuesta en la mejora continua para evitar mayores gastos en obra civil.

La implementación del proyecto se organizó en un cronograma de trabajo con responsables y fechas para controlar el avance del mismo. En el ANEXO XI se indica el cronograma de trabajo de implementación con fechas y responsables en Microsoft Project.

Según el cronograma de trabajo, la adecuación de las instalaciones, finalizan el mes de Septiembre y las pruebas de la maquinaria instalada se ejecutan en Noviembre. Algunas evidencias del trabajo de implementación del proyecto se muestran como ejemplo en el ANEXO XII.

3.5. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

3.5.1. EVALUACIÓN DE STOCK EN TRÁNSITO

En el periodo 2016 se establece un promedio por mes de 3 306 unidades que se quedaban sin envasar de producto terminado, del total de las unidades en

tránsito, 53,5% correspondía a presentación de fraccionados; con el reemplazo de las líneas de envase convencional y fraccionado por la envasadora automática de carrusel se establece una capacidad global nueva de envase de 6,8 Tm/h, lo que permite calcular la reducción del stock en tránsito y significaría una reducción de 96% de unidades en tránsito como se muestra en la tabla 3.26:

Tabla 3.26 Promedio mensual de unidades antes y después de proyecto de automatización

Año	Promedio stock en tránsito (unidades)	Envase fraccionado (%)	Envase convencional (%)	Capacidad envase (Tm/h)
Periodo 2016	3 306	53,5	21,7	4,48
Cálculo estimado	132	60,2	17,3	6,8

3.5.2. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE OPERACIÓN

Durante el periodo 2016, el tiempo que el proceso de molienda sufrió paradas no programadas fue de 191,3 horas, con esta información se calculó un valor de eficiencia de 90,1% en función al cumplimiento del programa de producción. Con la implementación del proyecto, se calcula la posibilidad de envasar 104 832 unidades con la envasadora de carrusel y se proyecta también la capacidad de producción continua de 16 horas sin la necesidad de envase, esto permite estimar un promedio de 94,5% de eficiencia de operación, y un incremento del 87,5% de disponibilidad de la planta de producción sin proceso de envasado, esto se indica en la tabla 3.27:

Tabla 3.27 Eficiencia de operación con envasadora automática de carrusel

Año	Tiempo de producción sin envase (h)	Tiempo de parada de planta (h)	Promedio eficiencia operación (%)
Periodo 2016	2,5	191,3	90,10
Cálculo estimado	16	4.5	94,5

Al lograr evitar que el proceso de molienda se detenga, significa que la organización tiene mejor capacidad de respuesta al incremento de la demanda y el personal de envase mayor disponibilidad para tareas obligatorias de limpieza.

3.5.3. EVALUACIÓN DE COSTOS DE PROCESOS

El costo promedio de producción de harina de trigo, que generaría la planta productiva con la implementación total de la propuesta podría tener un ahorro de $91 756,04 por concepto de reducción de mano de obra en el área de envase, es decir un ahorro mensual en promedio de $9 175,60; adicional se debe considerar el ahorro por la reducción de paradas de planta en un promedio mensual de $5 480,92; esto se indica en la tabla 3.28:

Tabla 3.28 Ahorro económico generado por la implementación de la envasadora automática de carrusel en área de envase

Ítem	Periodo 2016	Calculado a 2017(mensual)
Costo de producción mensual	1 086 952,00	1 213 145,00
Ahorro en mano de obra	-	9 175,60
Ahorro de parada de planta	-	5 480,92
Amortización e interés	-	798,56
Total ahorro mensual	-	13 857,96

Esto permite estimar un ahorro anual de $175 878,24; el costo mensual de $1 213 145 es un valor estimado del área comercial y se debe considerar su variación de un mes a otro por el valor cambiante de la tonelada de trigo a lo largo de todo el año.

3.5.4. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

La productividad calculada para el periodo de implementación fue de 74,8 u/hh, que al compararla con la productividad acumulada del periodo 2016 que fue 22,3

u/hh; se establece poder incrementar la productividad en 29,8%, tal como se indica en la tabla 3.29:

Tabla 3.29 Productividad calculada en el área de envasado con la implementación

Periodo	Número de personas	Unidades envasadas/mes	Total horas-hombre	Productividad (u/hh)
2016	15	18 219	820	22,3
Cálculo de la propuesta	5	17 965	240	74,8

La estimación de la productividad acumulada en los primeros meses, se presenta en la tabla 3.30, considerando el número de unidades envasadas en el periodo 2016 y el recurso utilizado para el periodo de implementación.

Tabla 3.30 Estimado de productividad calculado para periodo de implementación

Periodo 2018	Número de personas	Unidades envasadas	Total horas-hombre	Productividad (u/hh)	Productividad Acumulada (u/hh)
Febrero	5	17466	240	72,8	72,8
Marzo	5	17965	240	74,9	73,8
Abril	5	19052	240	79,4	76,6
Mayo	5	18125	240	75,5	76,1
Junio	5	18563	240	77,3	76,7
Julio	5	17936	240	74,7	75,7
Agosto	5	18963	240	79,0	77,4
Septiembre	5	17765	240	74,0	75,7
Octubre	5	18235	240	76,0	75,8
Noviembre	5	18125	240	75,5	75,7

Los datos de las unidades envasadas en cada mes son una proyección del área comercial en función de registros históricos y datos de campo.

En la figura 3.17 se observa la estabilidad por mes del proceso, que se estima conseguir con la implementación del proyecto. El coeficiente de variación

calculado fue de 1,81% indicando un bajo nivel de dispersión entre la productividad de cada mes.

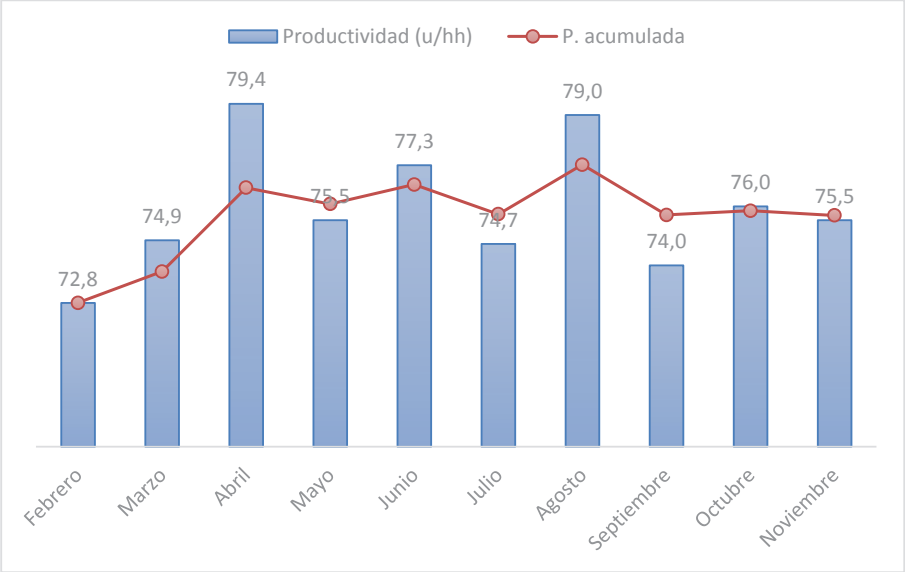


Figura 3.20 Estimación de productividad acumulada con la implementación de proyecto

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de un modelo de simulación en el programa Simul8, se definió en el área de envase, al subproceso de llenado de la línea de fraccionado como la restricción del área, lo que permitió establecer un déficit de 0,78 Tm/h entre el área de envase y el proceso de molienda, así como la necesidad de evaluar el reemplazo de la máquina envasadora.

- Se establecieron las principales limitantes del área a través del diagrama Causa-Efecto, así como las actividades del plan de acción ejecutadas en un 78% correspondientes a cada limitación establecida, en dicho diagrama se define la respectiva numeración de tesis con el trabajo desarrollado.

- Se definieron tres alternativas de mejora, y se seleccionó como la opción de mejora adecuada a la implementación de la envasadora automática de carrusel, lo que permitirá que la capacidad instalada de envase se incremente de 4,5 Tm/h a 6,8 Tm/h; lo que representará un ahorro anual de $91 756,04 en el primer año de implementación del proyecto.

- La implementación de las mejoras en el área de envase, logrará incrementar la productividad acumulada en un 29,8%; de 22,3 u/hh a 74,8 u/hh en el proceso de envase de producto terminado y un periodo de producción normal sin necesidad de envase de 16,1 horas continuas, con un flujo de producción promedio de 4,9 Tm/h, y un incremento de la eficiencia operacional de 90,1% a 94,5%.

- La inversión total requerida para la implementación del proyecto es de $780 216, el periodo de recuperación de dicha inversión se estableció en el cálculo, en 4 años y 9 meses posteriores a la ejecución del proyecto.

4.2. RECOMENDACIONES

- Levantar la información necesaria para desarrollar modelos de simulación para el área de molienda y logística de despacho, con el objetivo de identificar limitantes de cada área y permitir la mejora de dichos procesos.

- Planificar el desarrollo de una metodología de mejora continua en cada área, donde los equipos puedan desarrollar una lluvia de ideas que permita establecer los orígenes de posibles desviaciones y permita incrementar el porcentaje de cumplimiento de objetivos en cada área.

- Desarrollar una reunión de trabajo con el departamento de proyectos para evaluar un plan master futuro, que permita elevar la capacidad de molienda para aprovechar la nueva capacidad de envase y direccionar un nuevo programa de producción para reducir costos por manufactura y logística, teniendo en cuenta el concepto de economía a escala.

- Trabajar con clientes industriales que utilizan producto en presentación de 50 Kg para que puedan comprar la idea de migrar a presentaciones de 25 Kg, con el fin de estandarizar la presentación del producto y seguir reduciendo el riesgo de lesión en el personal de envase y logística.

- Considerar la mejora continua propuesta en este proyecto, para el área de envase con el fin de elevar el nivel de la automatización del área a través de la implementación del paletizado automático.

- Desarrollar lo antes posible el plan de requerimiento financiero para los directivos empresariales, que permita el desarrollo programado del proyecto, resaltando el importante ahorro de costos, el periodo de recuperación y la oportunidad de una mejora continua para la organización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilera, C. (2000). *Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones*. Estudios Gerenciales, 0(77), 61-68. Recuperado de: https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/230 (Noviembre 2016).

2. Baca, G. (2007). *Fundamentos de Ingeniería Económica.* (4ta. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

3. Blank, L. y Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica.* (7ma. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

4. Calderón, J. y Lario, F. (2007). *Simulación de cadenas de suministro: nuevas aplicaciones y áreas de desarrollo*. Recuperado de: http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v18n1/art18.pdf (Noviembre 2016).

5. Chase, R. y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de suministros*. (12va. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

6. Chapman, N. (2006). *Planificación y control de la producción*. (1era. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

7. Concannon, K. (2007). *Simulation model with Simul8*. Canada, Visual Thinking International.

8. Corporation Simul8. (2003). *SIMUL8 Manual for user*. Boston, USA: Corporation Simul8.

9. Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial*. (8va. ed.). México DF, México: Alfaomega Grupo Editor.

10. Evans, J. y Lindsay W. (2008). *Administración y control de la calidad.* (7ma. ed.). México, DF, México: Cengage Learning.

11. García, R. (2005). *Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Recuperado de: http://www.ingenieriaindustrialonline.com (Noviembre, 2016).

12. García, E. y García, H. (2006) *Simulación y análisis de sistemas con ProModel®.* (1era. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

13. Goldratt, E. (2004). *La Meta, un proceso de mejora continua.* (2da.ed.). Monterrey, México: Ediciones Regiomontanas.

14. Gutiérrez H. (2010). Calidad Total y Productividad. Recuperado de: http://www.institutoindustrial.es (Noviembre, 2016).

15. Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. (3era. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

16. Heizer, J. y Render B. (2004). *Principios de administración de operaciones.* (5ta. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

17. Heizer, J. Render, B. (2007). *Dirección de la Producción y de Operaciones: Decisiones estratégicas.* (8va. ed.). Madrid, España: Prentice Hall.

18. Hutchin, T. (1994). *The application of the Theory of Constraints to improving manufacturing performance*. Factory 2000 - Advanced Factory Automation, Fourth International Conference on (Conf. Publ. No. 398), 53-58. doi: 10.1049/cp:19940839 (Enero, 2017).

19. Jiménez, F. y Espinoza, C. (2006). *Costes Industriales*. (1era. ed.). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

20. Johnson, R. (2012). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. (8va. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

21. Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. (5ta. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

22. Krajewski, L. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadena de valor*. (8va. ed.). México DF, México: Prentice Hall.

23. Kofman, F. (2007). *Metamanagement: La nueva conciencia de los negocios.* (1era. ed.). Buenos Aires, Argentina: Granica.

24. Kuo, B. (1998). *Sistemas de control automático*. (7ma. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

25. Maynard, H. (2006). *Manual del Ingeniero Industrial.* (5ta. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

26. Meyers, F. y Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. (3era ed.). México DF, México: Pearson Educación.

27. Monsó, J. (1993). *Sistemas de identificación y control automáticos.* (2da. ed.). Barcelona, España: Marcombo.

28. Niebel, B. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (12va. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

29. Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna.* (5ta. ed.). Madrid, España: Pearson Educación.

30. Trujillo, J. (1992). *Elementos de ingeniería industrial.* México DF, México DF, México: Limusa.

31. Sipper, D. y Bulfin R. (1998). *Planeación y control de la producción*. (1era ed.). México DF, México: McGraw Hill.

32. Schroeder, R. (2011). *Administración de operaciones: conceptos y casos contemporáneos.* (5ta. ed.). México DF, México: McGraw Hill.

33. Sullivan, W. y Wicks, E. (2004). *Ingeniería Económica.* (12va. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

34. Velásquez, M. (1998). *Administración de los sistemas de producción*. Recuperado de: http://www.academia.edu (Enero, 2017).

35. Walpole, R. y Myers, R. (1998). *Probabilidad y Estadística para ingenieros*. (6ta. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

36. Walpole, R. y Myers, R. (2007). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y ciencias.* (8va. ed.). México DF, México: Pearson Educación.

ANEXOS

ANEXO I

DIGRAMAS DE FLUJO DE SUBPROCESOS

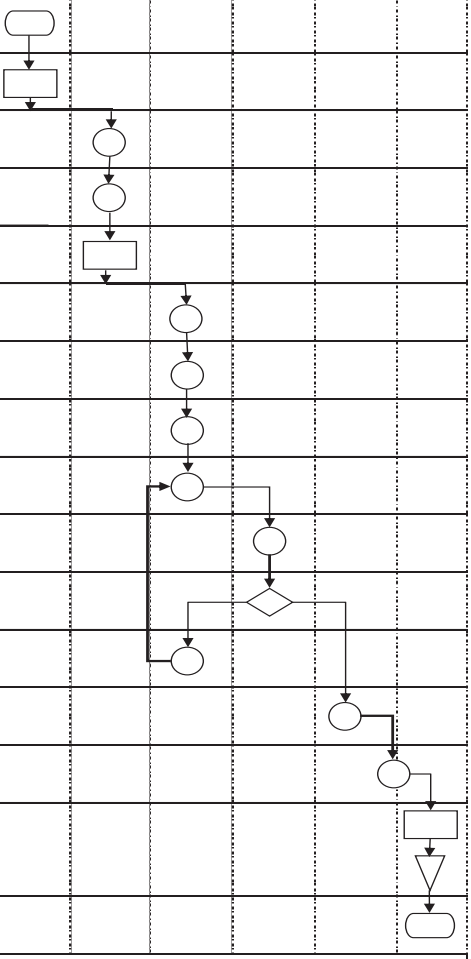
MODERNA ALIMENTOS **FLUJOGRAMA**		**Versión**	HACCP N° 02
		Aprobación	2012
PROCESO: ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO		**SUBPROCESO:** LÍNEA CONVENCIONAL	
CÓDIGO EN MANUAL	POPP D-05	**AÑO**	2016
OBJETIVO DEL PROCESO		**ACTIVIDADES**	

N°	Descripción de las actividades	Jefe Producción	Supervisor(es)	Operario 1	Operario 2	Montacargusita
1	Revisa la programación semanal de producción y preparar orden respectiva.					
2	Recibe orden de producción y se ingresa insumos y MP a sistema SAP.					
3	Coordina con equipo: producción y envasado de Producto terminado					
4	Calibración de equipos y molienda de trigo.					
5	Programación de envasadora según presentación de PT.					
6	Colocar sacos en bastidor de envase y registro de consumo de insumos					
7	Colocar saco en boquilla de máquina envasadora					
8	Enfunde de producto terminado y manejo de registros de limpieza					
9	Verificación manual de peso bruto					
10	No cumple: Enviar saco a corregir peso neto, registras producto no conforme.					
11	Cumple: Coser saco e imprimir leyenda para trazabilidad					
12	Paletizado y almacenamiento en bodega y registro de consumo de MP, insumos y subproductos en sistema SAP.					
13						

Figura A I.1 Diagrama de flujo de subproceso envasado convencional

MODERNA ALIMENTOS	FLUJOGRAMA	Versión	HACCP N° 02
		Aprobación	2012
PROCESO: ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO		**SUBPROCESO:** LÍNEA DE FRACCIONADOS	
CÓDIGO EN MANUAL	POPP D-05	**AÑO**	2016
OBJETIVO DEL PROCESO		**ACTIVIDADES**	

N°	Descripción de las actividades	Digitador	Jefe Producción	Supervisor(es)	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Montacargusita
1	Revisa la programación semanal de producción y preparar orden respectiva.							
2	Recibe orden de producción y se ingresa insumos y MP a sistema SAP.							
3	Coordina con equipo: producción y envasado de PT.							
4	Calibración de equipos y molienda de trigo.							
5	Programación de envasadora según presentación de PT.							
6	Colocar sacos en bastidor de envase y registro de consumo de insumos.							
7	Colocar saco en boquilla de máquina envasadora.							
8	Enfunde de producto terminado.							
9	Colocar saco en banda de transporte hacia cosido de línea convecional.							
10	Verificación manual de peso bruto.							
11	No cumple: Enviar saco a corregir peso neto. Registrar producto no conforme							
12	Cumple: Coser saco e impresión de información, registro de consumo de MP, insumos en SAP.							
13	Colocación de PT en palet de almacén y embalaje.							
14	Almacenamiento en bodega de Producto terminado y archivo de registro y reporte.							
15								



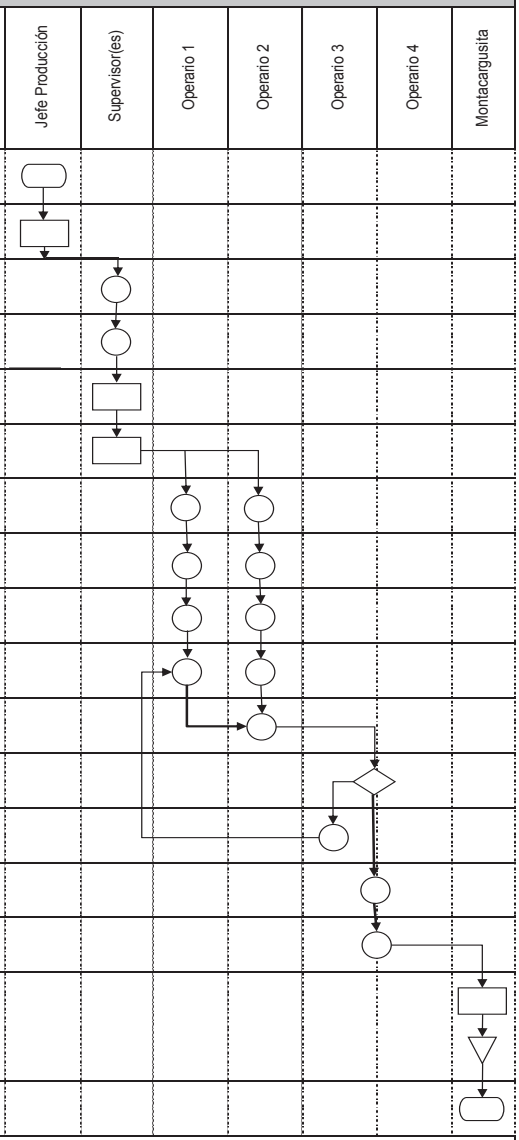
Simbología

Descripción	Símbolo
Inicio y fin	
Decisión	
Proceso	
Actividad	
Archivo	

Figura A I.2 Diagrama de flujo de subproceso envasado fraccionado

MODERNA ALIMENTOS	FLUJOGRAMA	Versión	HACCP N° 02
		Aprobación	NA
PROCESO: ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO		**SUBPROCESO:** LÍNEA ENVASE INTEGRADO	
CÓDIGO EN MANUAL	POPP D-05	**AÑO**	2017
OBJETIVO DEL PROCESO		**ACTIVIDADES**	

N°	Descripción de las actividades
1	Revisa la programación semanal de producción y preparar orden respectiva.
2	Recibe orden de producción y se ingresa insumos y MP a sistema SAP.
3	Coordina con equipo: producción y envasado de PT.
4	Calibración de equipos y molienda de trigo. Inspección, preparación de palet y bodega
5	Organización de personal para envase integrado
6	Programación de envasadora según presentación de PT.
7	Colocar sacos en bastidor de envase y registro de consumo de insumos.
8	Colocar saco en boquilla de máquina envasadora.
9	Enfunde de producto terminado y manejo de registros de limpieza
10	Colocar saco en banda de transporte.
11	Verificación manual de peso bruto.
12	No cumple: Enviar saco a corregir peso neto, registro y archivo de producto no conforme.
13	Cumple: Coser saco e impresión de leyenda para trazabilidad.
14	Colocación de producto terminado en pallet de almacén.
15	Almacenamiento en bodega de Producto terminado y registro de MP, insumos en SAP.
16	



Simbología

Descripción	Símbolo
Inicio y fin	
Decisión	
Proceso	
Actividad	
Archivo	

Figura A I.3 Diagrama de flujo de subproceso envasado integrado

MODERNA ALIMENTOS **FLUJOGRAMA**		**Versión**	HACCP N° 02
		Aprobación	2012
PROCESO: ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO		**SUBPROCESO:** LÍNEA ENVASE PAPEL	
CÓDIGO EN MANUAL	POPP D-05	**AÑO**	2016

OBJETIVO DEL PROCESO		**ACTIVIDADES**				
N°	**Descripción de las actividades**		Jefe Producción	Supervisor(es)	Operario 1	Montacargusita
1	Revisa la programación semanal de producción y preparar orden respectiva					
2	Recibe orden de producción y se ingresa insumos y MP a sistema SAP					
3	Coordina con equipo: producción y envasado de PT;registro de consumo de MP, insumos y subproductos en sistema SAP.					
4	Calibración de equipos y molienda de trigo					
5	Programación de envasadora de papel con datos de lote y fecha.					
6	Colocar sacos en bastidor de envase y registro de consumo de insumos					
7	Verificación aleatoria manual de peso bruto de PT					
8	No cumple: Enviar saco a producto no conforme, registro de producto no conforme.					
9	Cumple: paletizado y embalaje de PT en pallet.					
10	Almacenamiento en bodega y registro de consumo de MP, insumos en sistema SAP.					
11						

Simbología

Descripción	Símbolo
Inicio y fin	
Decisión	
Proceso	
Actividad	
Archivo	

Figura A I.4 Diagrama de flujo de subproceso envasado de papel

ANEXO II

DISTRIBUCIÓN FÍSICA INICIAL DEL ÁREA DE ENVASADO

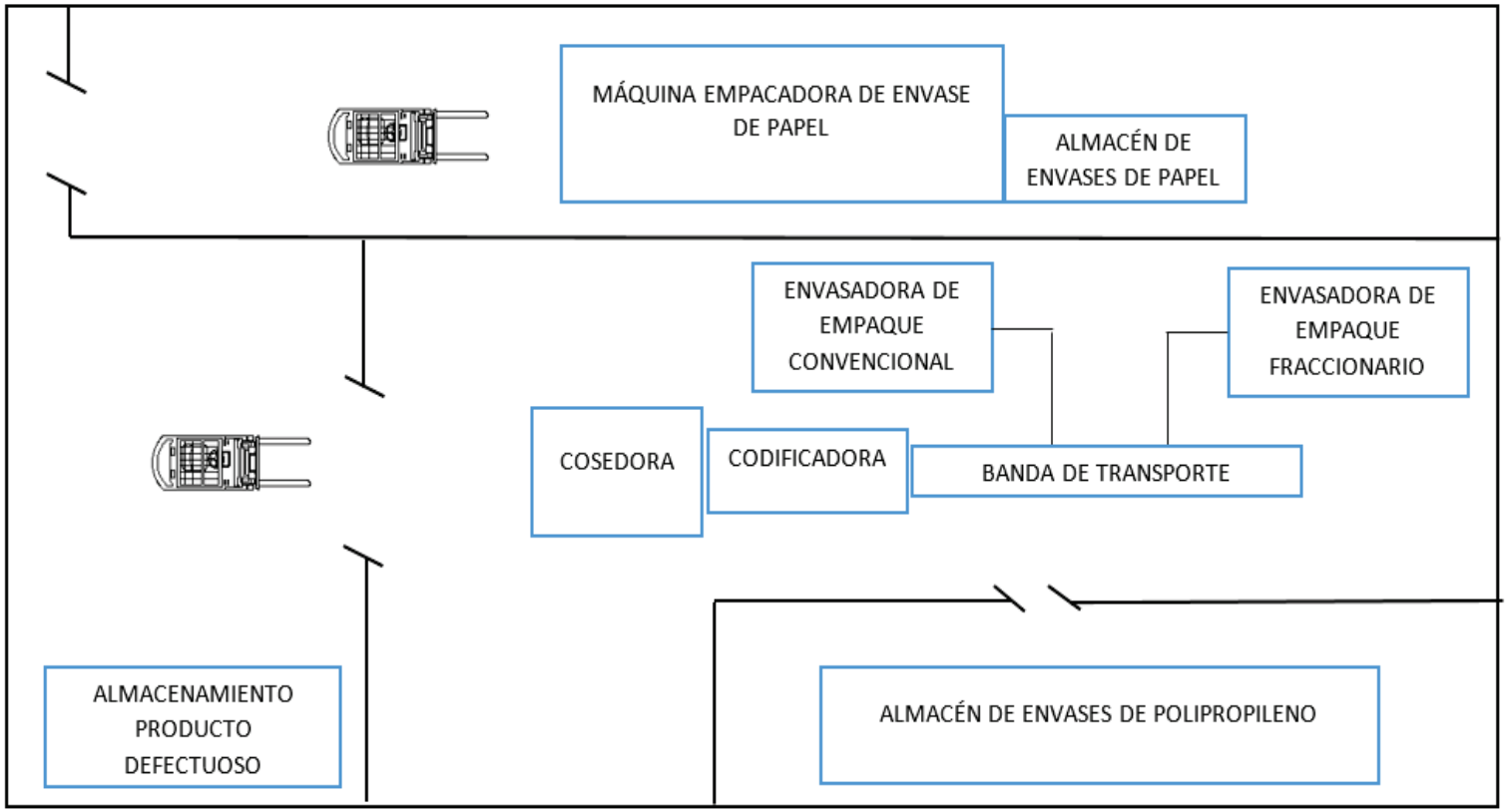


Figura A II.1 Distribución física inicial del área de envasado – Vista Planta

ANEXO III

PLAN HORARIO DE MUESTREO

Tabla A III.1 Programa de plan horario de muestreo

Hora	**Día** / **N° Observación**	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	1	8:12	8:16	8:02	8:13	8:19	8:12	8:12	8:25	8:14
8	2	8:49	8:49	8:42	8:36	8:36	8:43	8:32	8:53	8:43
9	3	9:22	9:14	9:03	9:10	9:25	9:12	9:18	9:13	9:15
9	4	9:52	9:31	9:33	9:51	9:57	9:37	9:55	9:47	9:37
10	5	10:05	10:08	10:28	10:28	10:26	10:07	10:06	10:15	10:03
10	6	10:41	10:41	10:31	10:40	10:35	10:42	10:56	10:47	10:33
11	7	11:21	11:15	11:09	11:00	11:22	11:25	11:14	11:03	11:24
11	8	11:34	11:54	11:56	11:52	11:50	11:56	11:34	11:41	11:33
12	9	12:25	12:19	12:03	12:01	12:05	12:18	12:13	12:05	12:10
12	10	12:33	12:45	12:53	12:40	12:31	12:30	12:54	12:51	12:31
13	11	13:12	13:05	13:06	13:28	13:21	13:29	13:19	13:10	13:15
13	12	13:30	13:58	13:45	13:52	13:55	13:34	13:59	13:45	13:50
14	13	14:18	14:15	14:06	14:00	14:12	14:08	14:22	14:07	14:17
14	14	14:39	14:59	14:46	14:52	14:40	14:55	14:58	14:55	14:35
15	15	15:19	15:24	15:03	15:20	15:24	15:19	15:25	15:22	15:13
15	16	15:41	15:47	15:41	15:59	15:49	15:35	15:37	15:56	15:36

ANEXO IV

REGISTRO DE DATOS DEL DÍA 1

Tabla A IV.1 Registro de datos del día 1

Hora	N° Observación	1-E	1-T	2-I	2-C	3-P	4-E	4-T	2-I	2-C	3-P
8	1	9,8	5,4	4,0	6,5	8,3	59,6	30,3	14	27,5	42,1
8	2	9,5	5,7	2,1	5,5	6,8	66,6	31,8	16,6	30,7	40,1
9	3	10,4	6,1	4,9	6,7	8,3	62,8	33,6	16,1	31	37,1
9	4	11,9	6,8	4,5	5,1	9	55,7	33,5	19,8	32,6	41,7
10	5	9,7	6,5	3,7	5,7	8,7	65,6	33,4	17,2	32,4	38,6
10	6	R	R	R	R	R	64,3	29,6	11,6	28,4	42
11	7	11,8	5,7	4,6	6,8	6,2	61,2	31,7	11,1	29,7	44,5
11	8	9,8	6,0	4,6	5	9	61,1	35	14,6	27,5	38,6
12	9	11,5	5,8	4,0	5,7	6	64,4	34,5	11,3	30,4	44,4
12	10	8,4	6,8	4,6	5,4	8	64	29,1	11,7	34,7	36,2
13	11	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
13	12	8,8	6,0	4,1	7	8,4	66,2	28,3	15,7	27,6	42,4
14	13	9,1	5,9	2,0	6,8	7,7	61	31,9	13,6	31,4	36,3
14	14	8,0	6,6	4,4	6	6,7	L	L	L	L	L
15	15	9,1	5,5	2,0	7	6,6	54,8	27,2	12,5	33,2	38
15	16	10,6	5,7	2,2	5,9	8,8	54,4	32,4	19,8	27,2	38,9

ANEXO V

GRÁFICAS DE PROBABILIDAD DEL ÁREA DE ENVASADO

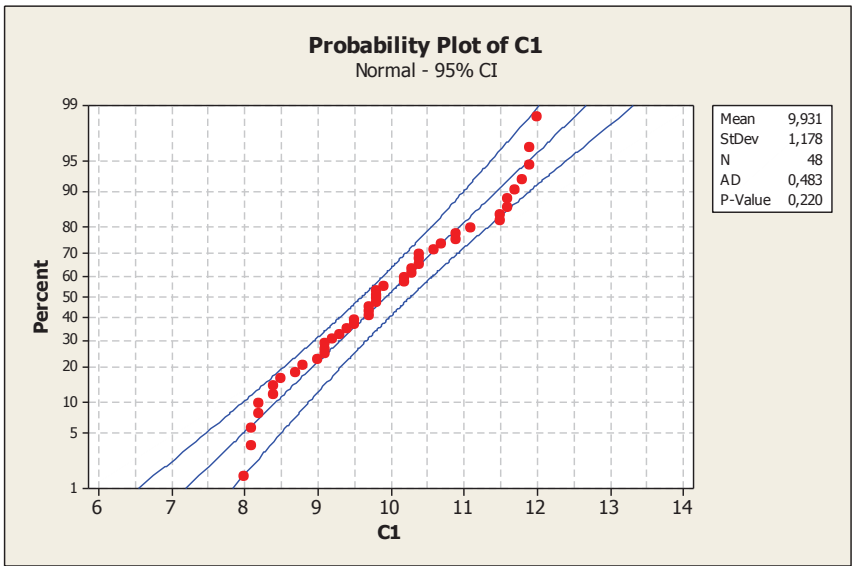


Figura A V.1 Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de envase en presentación 50 kg (Descripción Minitab) estudio inicial
(Estudio en área de envasado (Minitab), 2016, p.1)

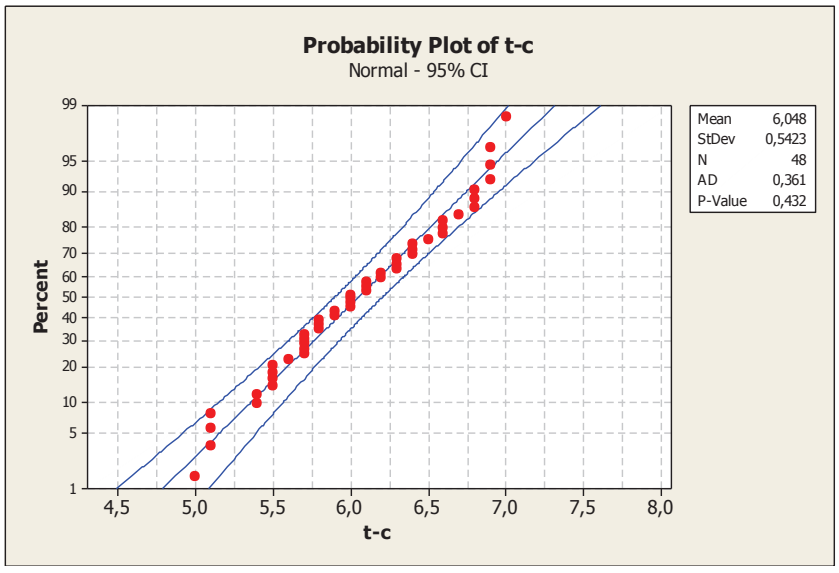


Figura A V.2 Gráfica de probabilidad para distribución normal para transporte de empaletado en presentación 50 kg (Descripción Minitab) estudio inicial.
(Estudio en área de envasado (Minitab), 2016, p.1)

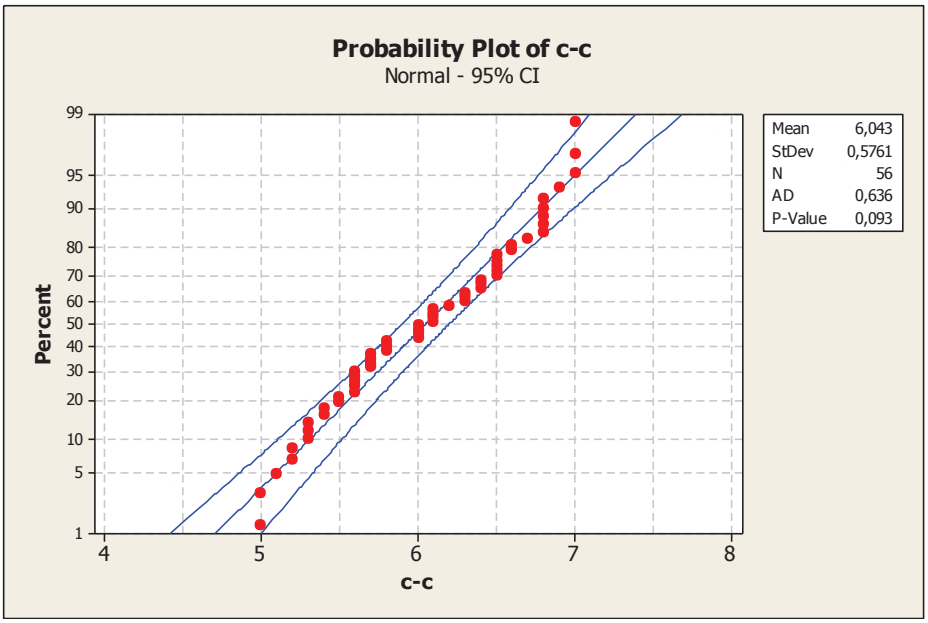


Figura A V.3 Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de cosido en presentación 50 kg (Descripción Minitab) estudio inicial
(Estudio en área de envasado (Minitab), 2016, p.1)

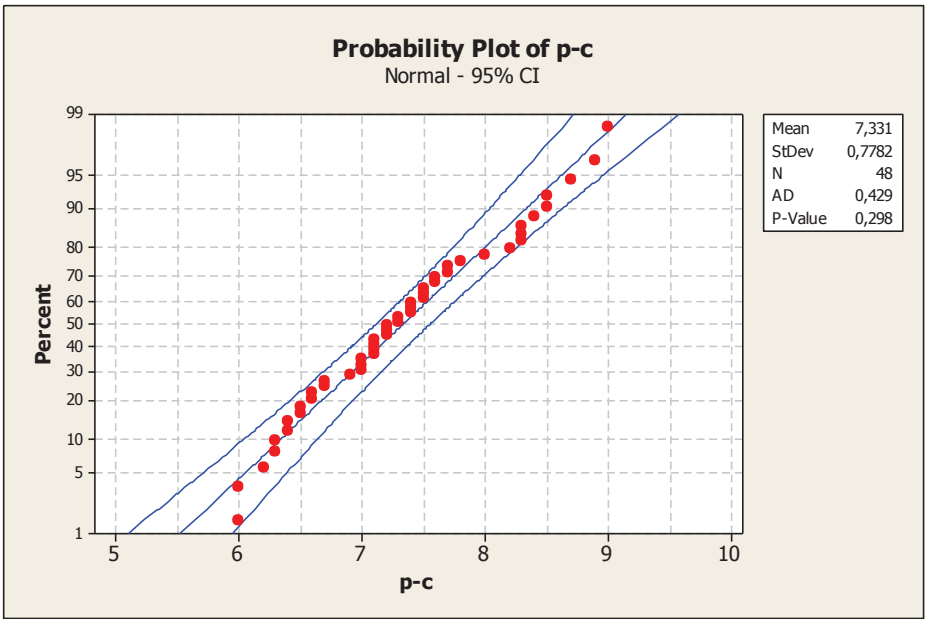


Figura A V.4 Gráfica de probabilidad para distribución normal para subproceso de empaletado en presentación 50 kg (Descripción Minitab) estudio inicial
(Estudio en área de envasado (Minitab), 2016, p.1)

ANEXO VI

ANÁLISIS DE CAUSA - EFECTO

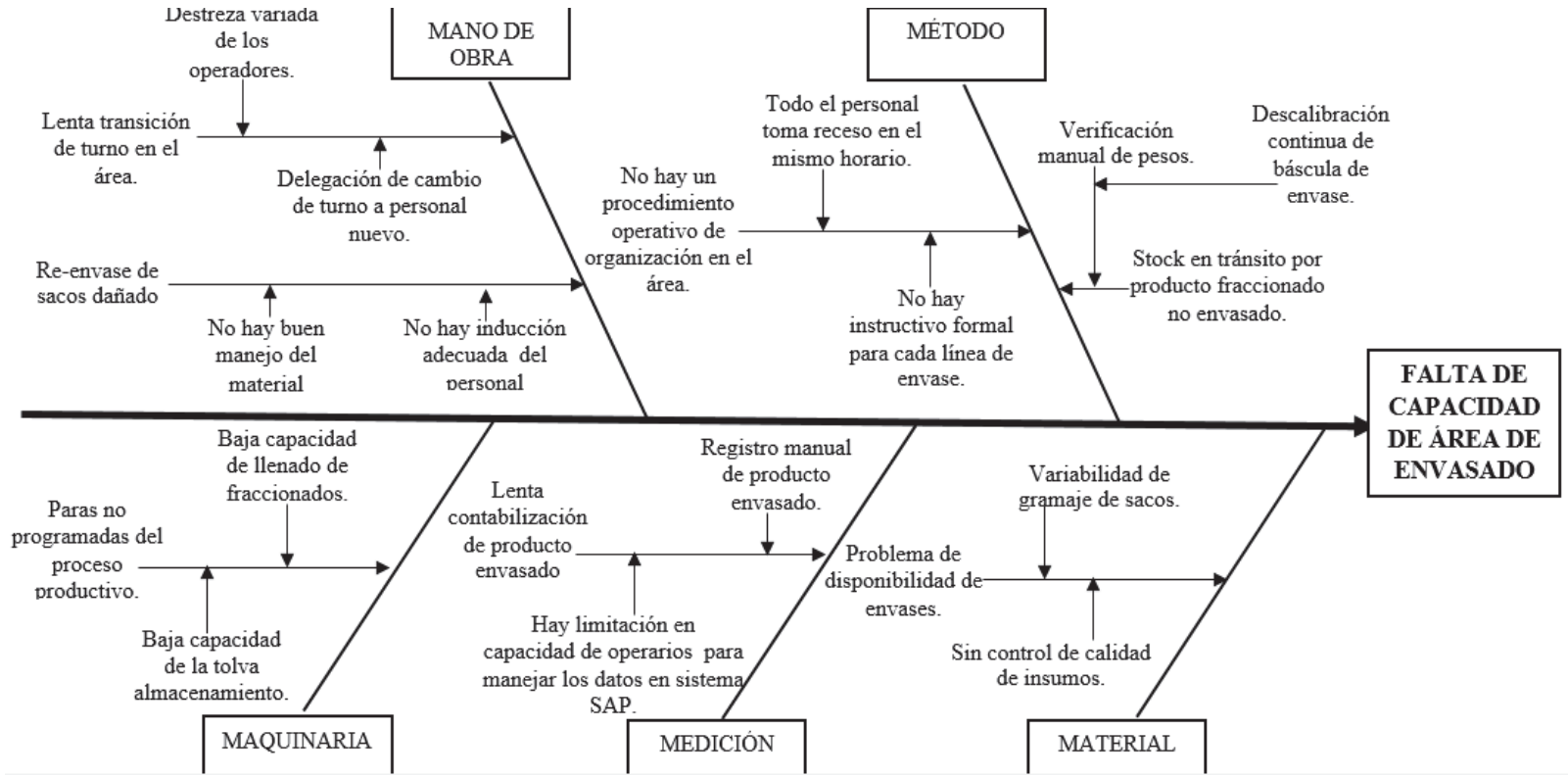


Figura A VI.1 Diagrama de pescado Causa- Efecto

ANEXO VII

MODIFICACIÓN DE PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

MODERNA ALIMENTOS

ANALISIS MICROBIOLOGICO - SUPERFICIES – AMBIENTE Y PERSONAL

Fecha de análisis: MARZO 2017
ÁREA DE ANÁLISIS: EMPAQUE

ANÁLISIS SUPERFICIES

	PROCESO ANTERIOR			PROCESO ACTUAL		
SUPERFICIE	E.COLI (UFC/g)	COLIFORMES TOTALES UFC/g)	MOHOS Y LEVADURAS UFC/g)	E.COLI (UFC/g)	COLIFORMES TOTALES UFC/g)	MOHOS Y LEVADURAS UFC/g)
BOQUILLA DE EMPAQUE	0	10	50	0	0	20
AGUJA DE COSEDORA	0	0	120	0	0	50
MANILLA	0	20	150	0	0	0
BANDA TRANSPORTADORA	0	0	250	0	0	100

Fuente: ensayos internos
*Unidades formadoras de colonia por centímetro cuadrado. (Ufc/cm2)

CONCLUSIONES:

- Se observa que hay ausencia de microorganismos de origen fecal, pues no existe crecimiento de E.coli. Existe un crecimiento mínimo de Coliformes.
- Comparando los dos períodos de limpieza se evidencia que con el actual Proceso de Limpieza (3 veces al día) y Sanitización del área (1 vez al día) utilizando como agente químico AC10 DIQUAT al 5% de concentración, ha disminuido el conteo microbiano, dando muy buenos resultados para la calidad microbiológica del producto final.

RECOMENDACIONES:

- Con los resultados obtenidos, se recomienda que se disminuyan las limpiezas a 1 vez por día y se mantenga la sanitización diaria, para asegurar la inocuidad del área y del producto empacado.

Atentamente,

MODERNA ALIMENTOS

Ing. Ximena Romero

Figura A VII.1 Informe de validación de nuevo programa de limpieza y desinfección

ANEXO VIII

METODO DE TRABAJO INICIAL Y SEGUNDA ALTERNATIVA

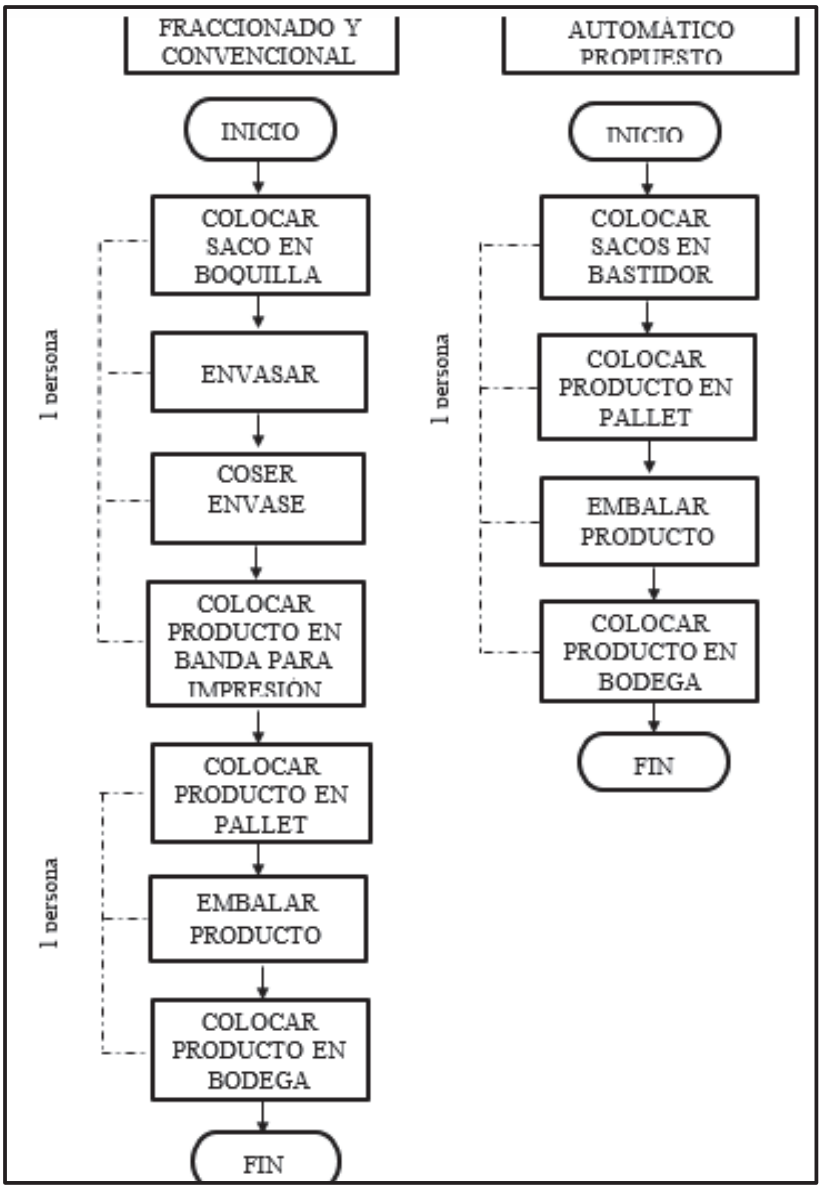


Figura A VIII.1 Método de trabajo inicial y propuesto mediante segunda alternativa

ANEXO IX

PROFORMAS DE TRABAJO PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO

OFISNA CIA. LTDA.

Pos.	Cant.	Descripción	Valor Total USD.
001	1	**SILO DE HARINA (Embolse para sustituir el existente)** Diámetro: 2.300 m Altura total: 8 m Contenido útil: 15 Ton De dimensiones y características constructivas similares al existente, fabricado íntegramente en acero inoxidable AISI 304. Los elementos exteriores estructurales para apoyo a la estructura serán fabricados en acero al carbono. Se incluye el tubo de descarga y conexiones a ensacadoras.	22.800,00
002	2	**SILOS DE HARINA** Diámetro: 3.8 m Altura total: 16.57 m Contenido útil: 60 Ton Construcción soldada en acero al carbono. Incluye: - Tapa con pasamano, entrada de hombre, entrada de producto, boca de aireación y conexión bridada para el filtro. - Cuerpo cilíndrico - Cono con brida para el cono vibratorio. - Estructura soportante conformada de perfiles tipo H y vigas tipo C o I. Todas las superficies exteriores serán recubiertas con fondo anticorrosivo y esmalte de acabado en obra. Superficies interiores recubiertas con pintura epóxica grado alimenticio.	75.280,00
003	-	**TUBERIA DE ASPIRACIÓN** Fabricada en plancha galvanizada uniones grapadas. Incluye todos los accesorios como: codos, pantalones, conos, entradas de aire falso, válvulas, etc.	9.750,00

Figura A IX.1 Proforma de empresa OFISNA para implementación

OFISNA CIA. LTDA.

Pos.	Cant.	Descripción	Valor Total USD.
004	1	**CASETA METALICA PARA RECUBRIMIENTO DE LOS NUEVOS SILOS** Similar a la existente para silos de afrecho y semita, a la cual estará adosada. Elementos estructurales recubiertos con fondo anticorrosivo y esmalte de acabado. Recubrimiento con panel metálico galvalume tipo sandwich, paredes y cubierta.	24.450,00
005	-	**PLATAFORMA PARA LA BÁSCULA DEL CARRUSEL** Fabricada en perfiles de acero al carbono, uniones soldadas, superficies recubiertas con fondo anticorrosivo y esmalte de acabado. - Piso en plancha antideslizante. - Pasamano perimetral en tubo redondo. - Escalera con peldaños en plancha antideslizante y pasamano.	4.120,00
006	-	**MONTAJE** Incluye: - Desmontaje de existente inclusive las máquinas involucradas. - Montaje del nuevo silo inoxidable. - Montaje de los nuevos silos de 60 Ton. - Montaje de todas las máquinas Buhler. - Reconexiones a máquinas ensacadoras, existentes (2x) ➢ Dirección técnica. ➢ Mano de Obra. ➢ Gastos de movilización. ➢ Alquiler de herramientas y equipos.	3.500,00 34.200,00 11.900,00 1.600,00
007	-	**MATERIALES DE MONTAJE**	3.800,00
		Precios: (Pos. 1 - 7)	**191.400,00**
		14% IVA	26.796,00
		TOTAL:	**218.196,00**

Figura A IX.2 Proforma de empresa OFISNA para implementación (continuación)

BÜHLER

Price Summary

Item	Qty.	Description	Price	
Delivery by Buhler				
A		MECHANICAL EQUIPMENT	USD	94'822,-
1	2	PLUG DIVERTER MAYK-100 GG-N PL	USD	3'424,-
2	1	PRESSURE PNEUMATIC CONVEYING LINE	USD	3'059,-
3	2	LEVEL PROBES	USD	656,-
4	2	LEVEL PROBES	USD	234,-
5	2	VIBRO-DISCHARGER MFVK-125	USD	11'574,-
6	2	TUBULAR SCREW CONVEYOR AHSG-160	USD	5'726,-
7	1	BLOWER	USD	18'463,-
8	1	BLOW-THROUGH AIRLOCK MPSH-45/45 PL	USD	9'343,-
9	1	PRESSURE PNEUMATIC CONVEYING LINE	USD	2'405,-
12	1	CYCLONE SEPARATOR MGXE-S-60/135	USD	2'568,-
13	1	DISCHARGE AIRLOCK MPSJ-36/38 PL	USD	6'165,-
14	1	CYCLONE SEPARATOR MGXH-41	USD	622,-
15	1	AIRLOCK MPSN-28/30 PL	USD	2'703,-
16	1	SIEVING MACHINE MKZF-40/90 D PL	USD	13'472,-
17	2	DRAWER-TYPE MAGNET MMUJ-75/32	USD	13'372,-
18	1	FALSE AIR DN100 UXN -93074-675	USD	1'035,-
19	1	LARGE HIGH-PRESSURE FILTER MVTC-32/24	USD	11'677,-
20	1	AIRLOCK MPSN-25/23 PL	USD	1'531,-
21	1	LOW PRESSURE RADIAL-FAN MHTP	USD	4'090,-
II		BAGGING	USD	222'174,-
22	1	SPOUTING PARTS	USD	3'693,-
23	1	TWIN SCREW FEEDER MWSQ-200/100	USD	14'677,-
24	1	AUTOMATIC BAGGING SCALE MSDD-120 PL	USD	15'588,-
25	1	PACKING CAROUSEL MWPM-4	USD	51'682,-
26	1	BAG CLOSING CONVEYOR BELT MWTD	USD	10'604,-
27	1	PACKING CONTROL UNIT MEAG-P	USD	24'595,-
28	1	AUTOMATIC BAG ATTACHER MWAP	USD	51'802,-
29	1	AUTOMATIC BAG CLOSING STATION MWTV	USD	49'533,-
III		SERVICE	USD	21'060,-
		TOTAL PRICE	USD	351'726,-

For delivery of item(s) 1 - 9, 12 - 31
FOB Puerto de Origen
according to Incoterms 2010

Figura A IX.513 Proforma de empresa BUHLER para maquinaria

OFISNA CIA. LTDA.

ESTIMACION DE NACIONALIZACION EQUIPOS PARA ALMACENAMIENTO DE HARINA

OFERTA BUHLER IM-16-02053-04 DEL 14-06-16-

CLIENTE: MODERNA ALIMENTOS S. A. / CAJABAMBA

VALOR EX FABRICA	**USD.**	334.293,00	CIF	
FLETE MARITIMO Aprox.		7.700,00	343.684,00	
SEGURO 0,50% DEL C&F		1.691,00		
VERIFICACION		0,00	C&F	
AD VALOREM		23.298,98	341.993,00	
TASA MODERNIZACION		171,84		
FODINFA		1.718,42		
IVA		52.046,99		
DESCONSOLIDACION		600,00		
THC		300,00		
TASA CORPEI		0,00		
TRANSPORTE INTERNO		800,00	(Gye - Planta Cajab.)	
TRAMITE HONORARIOS AGENTE		300,00		
ALMACENAJE		300,00		
TRANSFERENCIAS BANC.		120,00		
5% SALIDA DIVISAS		17.099,65		
IMPREVISTOS		200,00		
Suman:	**USD.**	**440.639,89**		
Servicios Buhler	**USD.**	**21.060,00**		
TOTAL	**USD.**	**461.699,89**		

Para el flete se estima 1 contenedor de 40 pies y 1 de 20 pies
Valor del flete aprox.

Figura A IX.4 Proforma de nacionalización de maquinaria para proyecto

ANEXO X

PLANO PRELIMINAR PARA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO

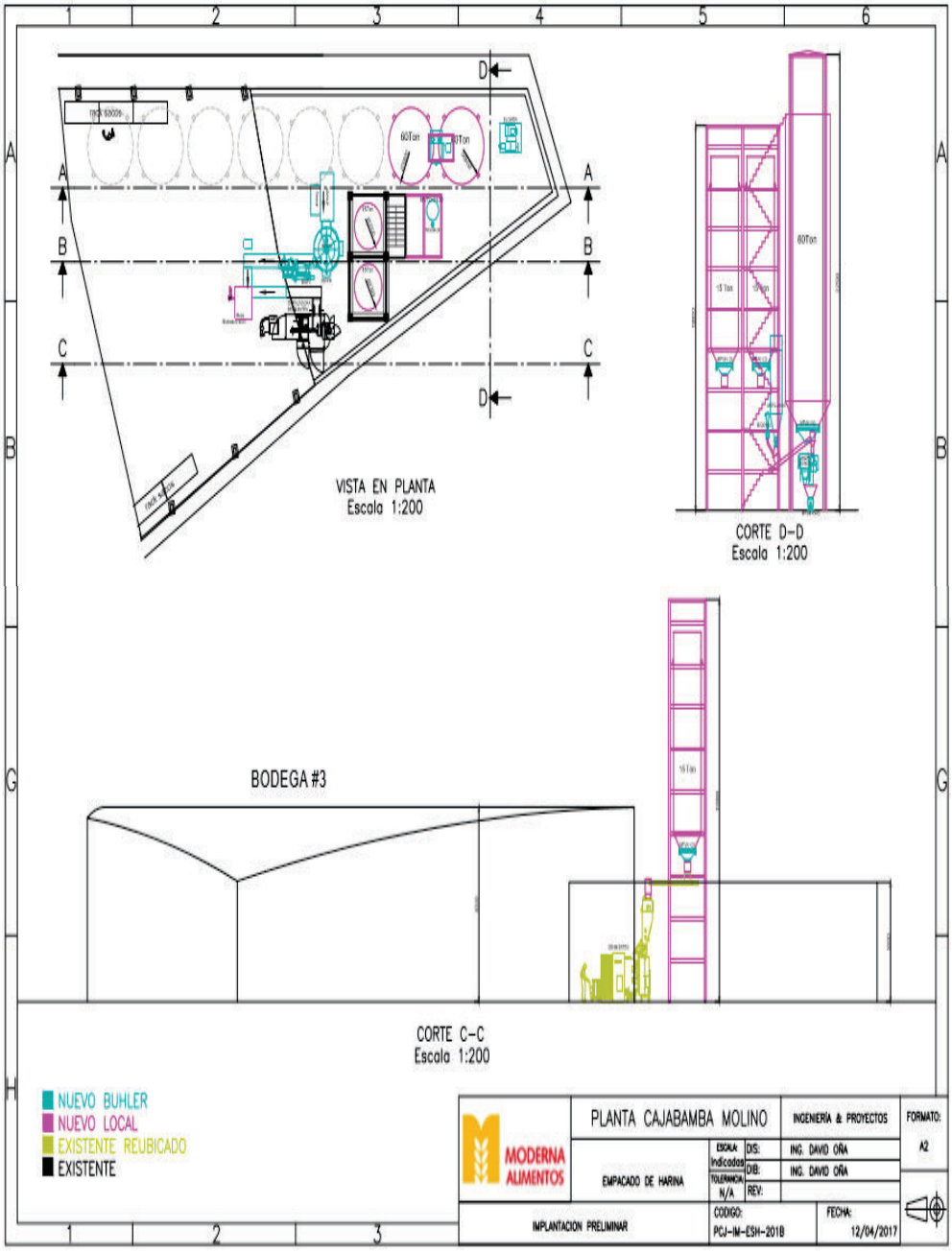


Figura A X.1 Plano de implantación preliminar de envasadora automática

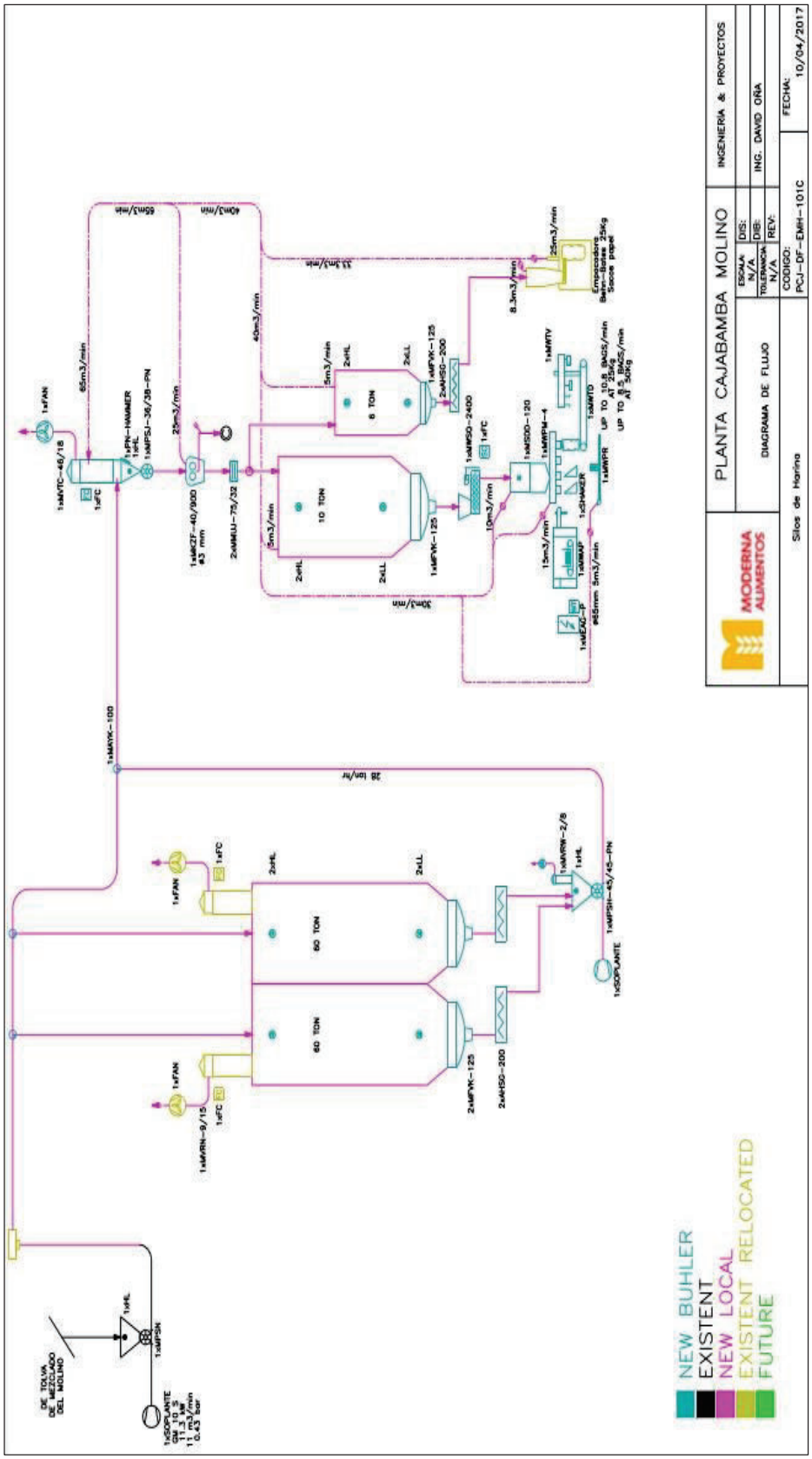


Figura A X.2 Diagramación de instalaciones requeridas para el proyecto.

ANEXO XI

CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

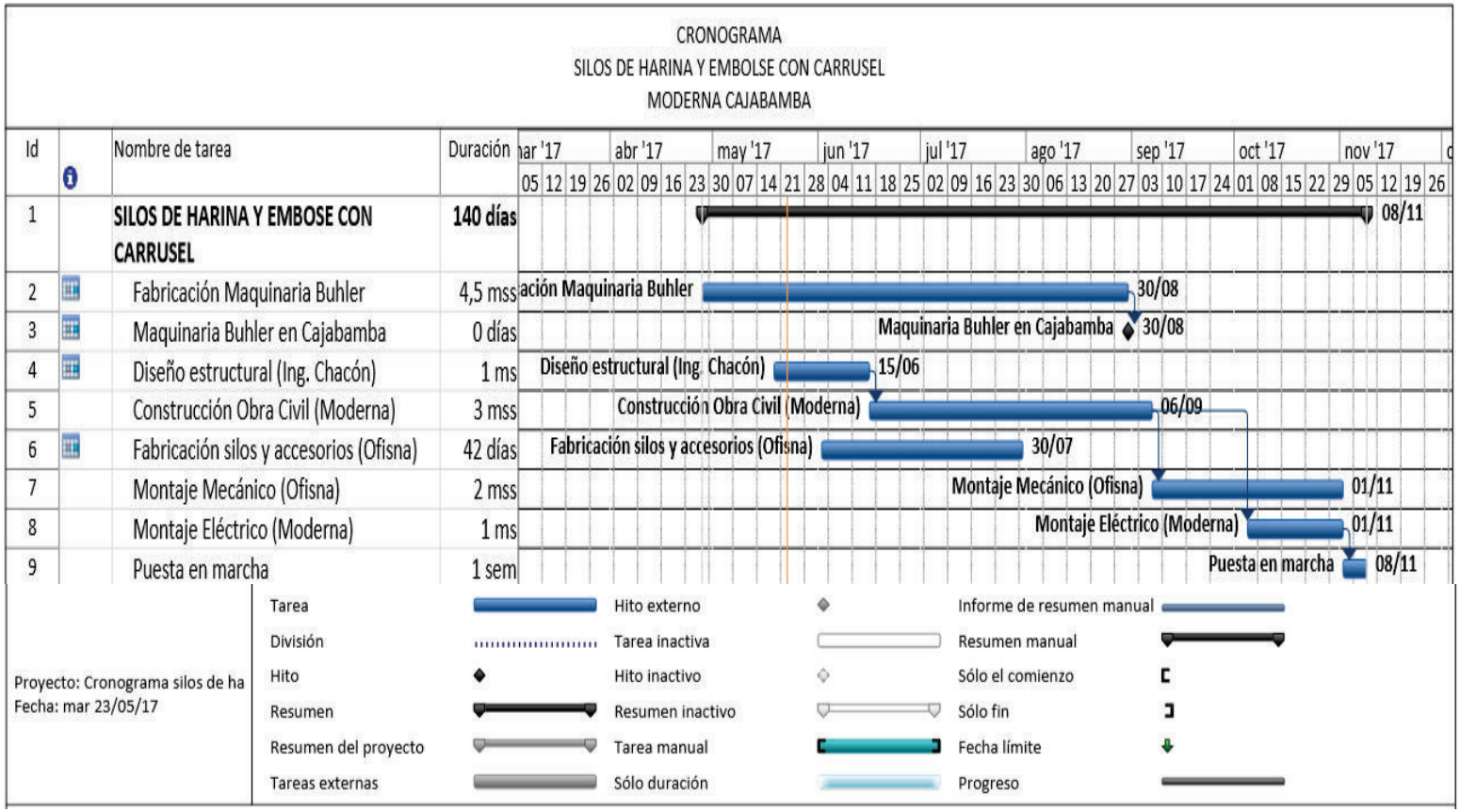


Figura A XI.1 Cronograma de implementación de proyecto en Microsoft Project

ANEXO XII

FOTOS DE TRABAJO DE IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTO

Figura A XII.1 Envasadora automática tipo carrusel Bühler MWPM-4

Figura A XII.2 Trabajo de obra civil para instalación de silos