

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**




**EVALUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVA ENTRE  
UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA  
Y LA COMPRA DE MAQUINARIA EMPACADORA**

**ING. RAFAEL LEONARDO MELGAR DORIGONI**

**GUATEMALA, JULIO DE 2010**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a person on a horse, surrounded by various symbols including a castle, a lion, and a cross. The Latin motto "ERAS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COXIMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

**EVALUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVA ENTRE  
UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA  
Y LA COMPRA DE MAQUINARIA EMPACADORA**

Informe Final de Tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias, con base en el "Normativo de Tesis para Optar al Grado de Maestro en Ciencias" aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas en el punto SEPTIMO inciso 7.2 del Acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero del 2005.

**Asesor de Tesis**

**Ing. Henry Daniel Cukier Alcahe**

**Autor:**

**Ing. Rafael Leonardo Melgar Dorigoni**

**Guatemala, julio de 2010**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA**

**Decano:** Lic. José Rolando Secaida Morales  
**Secretario:** Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales  
**Vocal Primero:** Lic. MSc. Albaro Joel Girón Barahona  
**Vocal Segundo:** Lic. Mario Leonel Perdomo Salguero  
**Vocal Tercero:** Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso  
**Vocal Cuarto:** P.C. Edgar Arnoldo Quiché Chiyal  
**Vocal Quinto:** P.C. José Antonio Vielman

**JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS  
SEGÚN EL ACTA CORRESPONDIENTE No. 40-2009**

**Presidente:** MSc. José Alberto Ramírez Crespín  
**Secretario:** MSc. Edgar Laureano Juárez Sepúlveda  
**Vocal I:** MSc. Juan de Dios Alvarado López  
**Asesor de Tesis:** MSc. Henry Daniel Cukier Alcahe



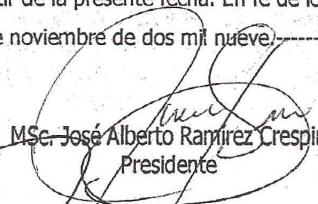
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

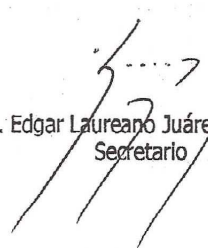
**ACTA No. 40-2009**

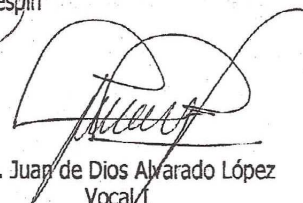
En el salón número 1 del Edificio S-11 de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, nos reunimos los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el trece de noviembre de dos mil nueve, a las 19:00 horas para practicar el EXAMEN GENERAL DE TESIS del ingeniero, **RAFAEL LEONARDO MELGAR DORIGONI**, carné **100015592**, estudiante de la Maestría en Administración Financiera, como requisito para optar al grado de Maestro en Ciencias de la Escuela de Estudios de Postgrado. El examen se realizó de acuerdo con el Normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas en el punto SÉPTIMO inciso 7.2 del Acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero de 2005. -----

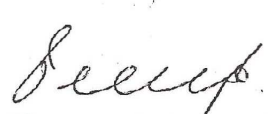
Se evaluaron de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico del informe final de la tesis elaborada por el postulante, denominada **EVALUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVA ENTRE UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y LA COMPRA DE MAQUINARIA EMPACADORA**. El examen fue APROBADO por UNANIMIDAD de votos CON ENMIENDAS por el Jurado.----


Previo a la aprobación final de tesis el postulante debe incorporar las recomendaciones emitidas en reunión del Jurado Examinador las cuales se le entregan por escrito y se presentará nuevamente la tesis en el plazo máximo de 60 días calendario, a partir de la presente fecha. En fe de lo cual firmamos la presente acta en la ciudad de Guatemala, a trece días de noviembre de dos mil nueve.-----

  
MSc. José Alberto Ramírez Crespin  
Presidente

  
MSc. Edgar Laureano Juárez Sepúlveda  
Secretario

  
MSc. Juan de Dios Alvarado López  
Vocal I

  
MSc. Henry Daniel Gukier Alcahe  
Profesor consejero

  
Ing. Rafael Leonardo Melgar Dorigoni  
Postulante



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ciencias Económicas**  
 Edificio S-8, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria Zona 12  
 Teléfono Planta 24439500 Ext. 1462



**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS.  
 GUATEMALA, CATORCE DE ABRIL DEL AÑO DOS MIL DIEZ.**

Con base en el Punto SEXTO, inciso 6.7, Subinciso 6.7.2 del Acta 05-2010 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 08 de abril de 2010, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 40-2009 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 13 de noviembre de 2009 y el trabajo de Tesis de Maestría en Administración Financiera denominado: **“EVALUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVA ENTRE UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y LA COMPRA DE MAQUINARIA EMPACADORA”**, que para su graduación profesional presentó el Ingeniero **RAFAEL LEONARDO MELGAR DORIGONI**, autorizándose su impresión.

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES  
**SECRETARIO**

LIC. JOSE ROLANDO SECAIDA MORALES  
**DECANO**



/Ingrid

## **ACTO QUE DEDICO**

- A DIOS:** Por su amor infinito y agradecimiento por su presencia y bendiciones en mi vida
- A MIS PADRES** Efraín Melgar Frener y Clara Luz Dorigoni de Melgar ambos en el reino del señor, que gracias a sus enseñanzas y consejos que me proporcionaron durante el tiempo que compartí con ellos he logrado alcanzar estos éxitos.
- A MIS HERMANOS** Dyna, Efraín e Ileana como muestra de aprecio y cariño
- A MIS SOBRINOS:** Igor, Nadia, Luz Ileana y Clarita, con mucho afecto y cariño.
- A MIS COMPAÑEROS DE GRUPO** Sergio, Francisco, Aldin, Carlos, Julio y Estuardo, por los buenos y malos momentos que pasamos durante nuestras reuniones de estudio.
- A MI ASESOR** Henry Cukier Alcahe, por su valiosa colaboración.
- A LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO** Con respeto y agradecimiento.
- A LOS CATEDRATICOS** Gracias por el conocimiento compartido

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>		i
<b>INTRODUCCIÓN</b>		iii
<b>1. ANTECEDENTES</b>		1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>		7
2.1 Descripción de una máquina empacadora		7
2.1.1 Descripción de operación de la maquinaria con tecnológica actual		7
2.1.2 Metodología para medir la eficiencia de operación de la maquinaria		9
2.1.2.1 Razón de disponibilidad		11
2.1.2.2 Razón de eficiencia operativa		12
2.1.2.3 Razón de eficiencia		13
2.1.2.4 Razón de calidad		13
2.1.2.5 ¿Cómo se puede mejorar el resultado del indicador OEE?		15
2.1.2.5.1 Averías		15
2.1.2.5.2 Arranques y paradas/otras paradas		15
2.1.2.5.3 Perdidas de velocidad		15
2.1.2.5.4 Pequeñas paradas		16
2.1.2.5.5 Mermas de calidad		16
2.1.2.5.6 Reproceso		16
2.2 Programación de los requerimientos de producción		16
2.3 Proceso de actualización tecnológica de la máquina empacadora actual		18
2.3.1 Dispositivos a utiliza en la actualización tecnológica		19
2.3.1.1 El encoder (Codificador de pulsos)		19
2.3.1.2 Foto celda para material de empaque		20
2.3.1.3 Cable para electricidad		21

2.3.1.4	Programador lógico de control (PLC)	21
2.3.1.5	Señal eléctrica	22
2.3.1.6	Relé electromagnético	22
2.3.1.7	Relé de estado sólido	23
2.3.1.8	Pantalla digital táctil (Human Machine Interface)	24
2.3.1.9	El componente temporizador	25
2.1.1.10	El servomotor (también llamado Servo)	25
2.4	Métodos de evaluación financiera	26
2.4.1	Análisis de sensibilidad	26
2.4.2	Costos de producción	26
2.4.3	Flujo de caja proyectado	27
2.4.4	Índice de rentabilidad	28
2.4.5	Proyecto de inversión incremental	29
2.4.6	Tasa interna de retorno	30
2.4.7	Tasa de descuento	30
2.4.8	Valor actual neto	31
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>33</b>
3.1	Hipótesis	33
3.2	Método	33
3.3	Técnicas	33
3.3.1	Técnicas de investigación documental	33
3.2.2	Técnicas de investigación de campo	34
<b>4.</b>	<b>ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA PROYECTADO</b>	<b>35</b>
4.1	Calculo de tiempo disponible de los requerimientos de producción	35
4.1.1	Determinación de los costos de producción, precio de venta y gastos administrativos de la elaboración y empaque de harina	37
4.2	Proyección de ventas	39
4.3	Funcionamiento de la tecnología actual de la maquinaria empacadora	41



4.3.1	Análisis del rendimiento de las máquinas emparadoras con tecnología actual	42
4.3.2	Proyección de horas por paros que afectan el proceso de producción utilizando la maquinaria con tecnología actual	46
4.3.3	Análisis de costos generados por la eficiencia de operación de la maquinaria con tecnología actual	48
4.3.3.1	Desperdicio de material de empaque utilizando la maquinaria con tecnología actual	48
4.3.3.2	Costo de producción de re-empaque de producto	49
4.3.3.3	Costo de mantenimiento de maquinaria actual	50
4.3.4	Proyección del flujo de caja neto utilizando la maquinaria con tecnología actual	52
4.4	Análisis de proceso de actualización tecnológica	55
4.4.1	Análisis incremental de la máquina empaadora con actualización tecnológica	55
4.4.2	Proyección de horas por paros que afectan el proceso de producción utilizando maquinaria con actualización tecnológica	59
4.4.3	Ahorro en costos con la utilización de la maquinaria con actualización tecnológica	60
4.4.3.1	Desperdicio de material de empaque utilizando maquinaria con actualización tecnológica	61
4.4.3.2	Costos de producción de re-empaque de producto	62
4.4.3.3	Costo de mantenimiento de maquinaria con actualización tecnológica	62
4.4.4	Inversión en compra de los dispositivos para la actualización tecnológica	63
4.4.4.1	Inversión en actualización tecnología de la maquinaria actual	63
4.4.4.2	Balance de equipos de actualización tecnológica	64
4.4.4.3	Recurso humano para el montaje e instalación	66
4.4.4.4	Inversión total de actualización tecnológica	68

4.4.4.4.1	Depreciación de: maquinaria, montaje e instalación	69
4.4.5	Proyección en ventas con base a la actualización tecnológica de la maquinaria	70
4.4.6	Análisis de sensibilidad del proceso de actualización tecnológica	73
4.4.6.1	Análisis de sensibilidad por cambio de variable de razón de disponibilidad	73
4.4.6.2	Análisis de sensibilidad por cambio de variables de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto	74
4.4.6.3	Análisis de sensibilidad por cambio de variables de razón de disponibilidad, de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto	76
4.5	Análisis incremental con inversión de compra maquinaria nueva	77
4.5.1	Costo de maquinaria empacadora nueva	79
4.5.1.1	Inversión de compra de maquinaria nueva utilizando 100% deuda	80
4.5.2	Ahorro en costos con la optimización de tiempos de producción con la utilización de la maquinaria nueva	81
4.5.2.1	Desperdicio de material de empaque con maquinaria nueva	82
4.5.2.2	Costo de producción de re-empaque de producto	82
4.5.2.3	Costo de mantenimiento de maquinaria nueva	83
4.5.3	Proyección de ventas con inversión de compra de maquinaria nueva utilizando 100% deuda	84
4.5.3.1	Depreciación de: maquinaria, montaje e instalación	85
4.5.3.2	Venta de activo y valor de desecho	86
4.6	Análisis incremental con inversión en maquinaria de empaque nueva utilizando 100% fondos propios	88

<b>5.</b>	<b>EVALUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVA ENTRE UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y LA COMPRA DE MAQUINARIA NUEVA</b>	<b>90</b>
5.1	Análisis de rendimiento del proceso incremental del flujo de caja por la inversión de compra de maquinaria nueva utilizando fondos propios	91
5.2	Análisis incremental de inversión utilizando 100% deuda para la Compra de maquinaria nueva	93
5.3	Análisis de rendimiento del proceso incremental del flujo de caja por la inversión de actualización tecnológica de la maquinaria actual	95
5.3.1	Análisis de sensibilidad de cambio en la variable de razón de disponibilidad para medir la rentabilidad de inversión en actualización tecnológica	97
5.3.2	Análisis de sensibilidad de cambio en porcentaje de las variables de producción por desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto para medir la rentabilidad de inversión en actualización tecnológica	99
5.3.3	Análisis de sensibilidad de cambio en porcentaje de las variables de razón de disponibilidad, desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto para medir la rentabilidad de inversión en actualización tecnológica	101
5.4	Selección de la mejor opción de inversión	103
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>106</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>107</b>

<b>APÉNDICES</b>	<b>109</b>
Índice de cuadros	109
Índice de dibujos	111
Índice de graficas	109
<b>GLOSARIO</b>	<b>112</b>

## RESUMEN

La presente tesis desarrolla el tema “Evaluación financiera comparativa entre un proceso de actualización tecnológica y la compra de maquinaria” el objetivo de este tema es brindar a la empresa un análisis comparativo de inversión entre las opciones de actualización tecnológica de la maquinaria de empaque actual y la compra de maquinaria de empaque nueva. La maquinaria es utilizada para empacar harina para el consumo humano. El análisis comparativo de inversión constituye la estrategia de la empresa para su crecimiento e incremento de la capacidad instalada de producción, además de la reducción de costos por desperdicio de material de empaque, re-empaque de harina y fallas por mantenimiento correctivo que provoca la tecnología de la maquinaria actual.

Se describe el método utilizado por el departamento de producción para medir el rendimiento de operación de los procesos productivos por medio del *OEE (Overall Equipment Effectiveness)* que su significado es *eficiencia general de los equipos* y se basa en cuatro razones: de calidad, de eficiencia, de eficiencia operativa y de disponibilidad.

El origen de esta investigación fue por el bajo rendimiento de operación de las máquinas empacadoras, de acuerdo con información relevante proporcionada por el departamento de producción. Dicha información fue el punto de partida para evaluar la conveniencia de compra de maquinaria nueva ó la actualización tecnológica de la maquinaria actual.

Para el estudio se consideró el precio de venta de la harina para el consumo humano así como los diferentes costos de producción para la elaboración de esta, proyecciones de ventas con la maquinaria en situación actual, con actualización tecnológica, con la compra de maquinaria utilizando deuda y con la compra de maquinaria utilizando fondos propios. El período evaluado fue 2010-2014,

incluyendo análisis incrementales de inversión de actualización tecnológica y compra de maquinaria nueva.

Asimismo, se realizaron proyecciones de ventas con base a cuatro criterios: con operación de maquinaria en situación actual, con inversión en actualización tecnológica de maquinaria actual, con inversión utilizando deuda para la compra de maquinaria nueva y con inversión utilizando fondos propios para la compra de maquinaria nueva. De las proyecciones con inversión en tecnología y compra de maquinaria nueva se realizó un análisis incremental utilizando como base la proyección de maquinaria en situación actual para determinar el rendimiento de cada una de ellas.

Es importante mencionar que el nombre presentado de la empresa en este trabajo es ficticio. Luego de la evaluación financiera comparativa realizada se concluyó que la mejor opción es la inversión para la actualización tecnológica de la maquinaria actual, en virtud de que refleja un mayor rendimiento en comparación con la inversión de reemplazar la maquinaria. Los resultados obtenidos con la actualización tecnológica fueron los siguientes: reducción de fallas por mantenimiento correctivo en un 80% en el primer año de operación de las fallas que se tenían con la tecnología anterior, reducción por desperdicio de material de empaque de 3.24% a 1.5%, reducción por re-empaque de producto de 2.05% a 1.3%, la optimización de tiempos de producción con el incremento de velocidad de la maquinaria de empaque.

De los resultados de la evaluación financiera en la opción de actualización tecnológica el rendimiento TIR fue del 62% con un valor actual neto positivo de Q952,145.00.

## INTRODUCCIÓN

El financiamiento de nuevas inversiones para el crecimiento, así como la ampliación de la capacidad de producción con nuevas líneas, sustitución de maquinaria con nuevas tecnologías o la actualización de tecnológica de la maquinaria actual son necesarias para hacer frente al crecimiento de la demanda de producción o el lanzamiento de nuevos productos alimenticios de la empresa Nutricereales localizada en el Km. 25 de la carretera al Atlántico.

La empresa productora de alimentos fue fundada con el propósito de producir alimentos para el consumo humano, siendo uno de sus principales productos la harina para preparar atol; sin embargo, a través de los años ha diversificado su línea de productos, los cuales han tenido éxito a nivel nacional.

El estudio evalúa la alternativa de compra de maquinaria empacadora nueva o del diseño e instalación de un sistema de actualización de tecnología eléctrica moderna en la maquinaria empacadora actual. El nuevo diseño sustituirá la tecnología actual de la máquina con el objeto de mejorar su operación y control, lo cual redundará en la reducción del desperdicio de material de empaque, desperdicio de harina, reproceso de re-empaque de harina y mantenimientos no programados por fallas frecuentes que aumenten los costos y reduzcan los niveles de producción.

La justificación de la presente investigación radica en la necesidad e importancia de actualización tecnológica constante que debe prevalecer en la industria. En efecto, la tecnología ha tenido avances importantes en el diseño de sistemas de comunicación cada vez más potentes, confiables y útiles, tales como el PLC por sus siglas en español (programador lógico de control), el cual es un dispositivo que se instala en la maquinaria de empaque para incrementar su eficiencia y velocidad de diseño nominal.

El objetivo general fue establecer la factibilidad y viabilidad técnica y financiera de la implementación de un sistema con tecnología eléctrica moderna utilizando PLC (programador lógico de control) para sustituir la tecnología actual de la maquinaria empacadora, con el fin de lograr incrementos de velocidad nominal y mejoras en la eficiencia, reduciendo costos de producción por, desperdicio de material de empaque y producto, re-empaque de producto, optimización de tiempos de producción y reducir la fallas por mantenimiento correctivo.

Para el efecto, es necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Identificar la tecnología que mejor se adapte para incrementar la productividad y eficiencia en la empacadora.
- Analizar y comparar las alternativas de inversión de actualización tecnología y compra de maquinaria nueva.
- Elaborar y comparar los flujos de caja incrementales para determinar la mejor alternativa de inversión.
- Estimar fallas por paros en horas por mantenimiento correctivo y la optimización de tiempo de producción.
- Reducir costos de producción por desperdicio de producto, de material de empaque y mantenimiento correctivo frecuente provocado por el sistema eléctrico actual obsoleto.
- Determinar la sensibilidad del proyecto en términos de rentabilidad ante cambios en las variables de producción.



Para la presente investigación la definición del problema se basa en la siguiente interrogante:

¿Permite la identificación y evaluación de opciones de actualización tecnológica propuestas viables para incrementar eficiencia de operación y velocidad nominal de diseño en la maquinaria de empaque actual?

En la hipótesis se planteó que, la actualización tecnológica para incrementar eficiencia de operación y velocidad de diseño en la maquinaria de empaque se puede lograr a través de dos pasos perfectamente diferenciados: un análisis de funcionamiento y aplicación de la tecnología eléctrica moderna, y la evaluación financiera comparativa de inversión entre la compra de maquinaria nueva y la actualización tecnológica de la maquinaria actual.

Es decir que con la presente investigación de tesis se pretende determinar la mejor alternativa, entre la compra de maquinaria nueva y la sustitución de la tecnología eléctrica de la maquinaria actual.

El contenido de esta investigación, está dividido en cinco partes, las cuales se describen a continuación:

En el capítulo uno, describe el funcionamiento actual de la maquinaria de empaque la cual fue adquirida por la empresa en el año 1985 y diseñada para empacar a 35 bolsas por minuto; además, se describe su rendimiento decreciente por su tecnología eléctrica que se ha tornado obsoleta. Ahora, debido a que con el paso de los años, la nueva tecnología ha traído consigo sistemas de comunicación cada vez más potentes que pueden ser instalados en cualquier tipo de maquinaria industrial con el objetivo de incrementar productividad y eficiencia.

El capítulo dos, presenta el marco teórico que sustenta la presente investigación, haciendo referencia al funcionamiento y operación de una máquina empacadora en las condiciones actuales. En este mismo apartado se hace referencia a la metodología utilizada por el departamento de producción, para la medición de la eficiencia de operación de la maquinaria para llevar un control de paros de producción por mantenimientos correctivos que afectan los requerimientos de mínimos establecidos.

En el marco teórico se explican los requerimientos de producción, el cálculo del tiempo disponible para producir los requerimientos de producción, los costos de producción, los costos generados por la baja eficiencia de operación de la maquinaria con la tecnológica actual. Se describe el proceso de actualización tecnológica y las características de funcionamiento de los dispositivos electrónicos que serán instalados en la maquinaria de empaque para la actualización tecnológica. También se presentan los métodos de evaluación financiera para determinar la rentabilidad de las inversiones.

El capítulo tres, describe la metodología utilizada para resolver el problema de la investigación, incluyendo hipótesis, diseño utilizado y resumen del procedimiento usado en el desarrollo de la investigación.

En el capítulo cuatro, se analizan tres opciones de inversión, uno, que es el proceso de actualización tecnológica de la maquinaria actual, dos la compra de maquinaria utilizando 100% deuda y tres la compra de maquinaria utilizando 100% fondos propios. Se desarrolla el flujo de caja proyectado de cada una de las opciones de inversión, además se presentan: el cálculo del tiempo en días para cumplir los requerimientos de producción, el precio de venta, los costos de producción, los costos de mantenimiento. Para el periodo de evaluación de los flujos 2010-2014, la proyección de ventas se analizó utilizando tendencias con base a datos históricos de ventas.

Además se realiza un análisis de sensibilidad considerando cambios en las variables de: razón de disponibilidad, porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto para determinar cómo afectan estos en los costos de producción.

En el capítulo cinco, se desarrolla el análisis comparativo de las tres inversiones para determinar la mejor opción de inversión. Además se realizan análisis de sensibilidad con cambio en algunas variables de producción para medir la rentabilidad del proceso de inversión de actualización tecnológica.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones que constituyen un extracto ideológico de cada capítulo de la investigación y el estímulo a continuar la investigación de este interesante tema.

## **1. ANTECEDENTES**

La empresa productora de alimentos NUTRICEREALES fue fundada en el año 1960 y se encontraba localizada en la zona 6 de la ciudad de Guatemala, posteriormente fue trasladada al kilómetro 25 de la carretera al atlántico en donde se encuentra actualmente. La empresa produce alimentos para el consumo humano, siendo uno de sus principales productos la harina para preparar atol.

Al Principio el proceso de empaque de harina en presentación de una libra se realizaba de forma manual, la harina se colocaba en su bolsa de empaque utilizando un cucharón que tenía un patrón de medida de una libra, las bolsas eran colocadas en una pesa mecánica para corroborar el peso, y por último se sellaba la bolsa utilizando pegamento en forma manual.

Este proceso se moderniza por el año 1970, cuando se adquieren máquinas envasadoras accionadas por medio de un pedal, la bolsa de "polipouch" era colocada en forma manual en la máquina y se presionaba el pedal llenando la bolsa con una libra de harina, luego en forma manual se utilizaba pegamento para sellarla.

Durante los años 1974 a 1983 se adquieren más máquinas envasadoras para cubrir la demanda, pero se requiere más personal para operar la maquinaria y a la vez se modifica el material de empaque actual por polipropileno de dos capas, el sellado de este material de empaque era por medio de calor utilizando un sistema eléctrico a base de resistencias por electricidad, pero el proceso continúa en forma manual.

Con objeto de reducir costos y tiempo por personal de operación y sellado de bolsas en forma manual, la empresa invierte en la compra de tres máquinas empacadoras de harina con la tecnología moderna de la época, para cubrir las necesidades de producción.

Las máquinas empacadoras fueron adquiridas en el año 1984 y diseñadas para empacar harina en presentación de una libra a una velocidad nominal de 35 unidades por minuto. Esta maquinaria redujo la mano de obra requerida para el llenado y sellado con el proceso manual. La nueva maquinaria realizaba el proceso de formado, llenado y sellado de forma automática.

El material de empaque polipropileno de dos capas que se utilizaba anteriormente fue sustituido en el año 2004 por polipropileno metalizado laminado, el cual proporciona mayor protección al producto empacado contra la luz, humedad y oxígeno.

La maquinaria nueva proporcionó una mejora en el proceso y optimización de tiempos de producción, reduciendo personal en el proceso de empaque y recursos que se utilizaban con el proceso anterior.

La misma maquinaria adquirida en 1984, es utilizada actualmente para el empaque de producto, pero considerando la tecnología disponible actualmente, se ha vuelto obsoleta; además ha bajado su eficiencia de operación a solo 30 bolsas empacadas por minuto, siendo su velocidad de diseño nominal de 35 bolsas por minuto.

La información proporcionada por el departamento de producción de los meses de agosto-septiembre del 2008, muestra el rendimiento de operación de la maquinaria con porcentajes de desperdicio de material del empaque y re-empaque de harina. La eficiencia de la maquinaria se mide en función de la producción diaria en comparación con lo planificado, tomando en consideración los desperdicios de material de empaque, re-empaque de producto y fallas por mantenimiento correctivo. En el gráfico 1, se muestra por máquina el rendimiento actual en un mes de producción.

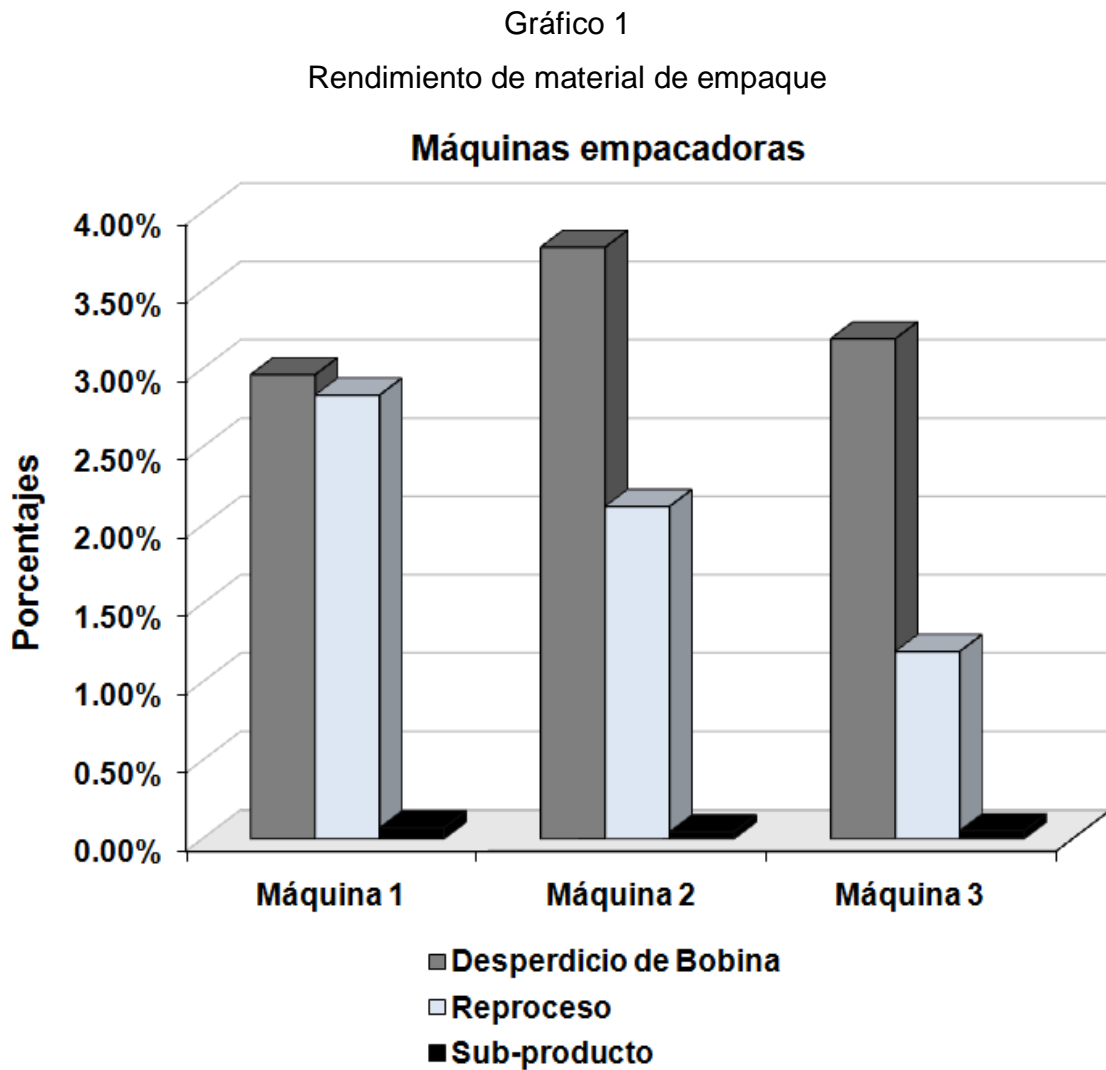


Tabla Resumen por mes de gráfico 1					
Máquinas	Material de empaque en Kg.	Desperdicio de material de empaque en %	Desperdicio de material de empaque en Kg.	Re-empaque de harina	Sub-producto
Máquina 1	4,703.00	2.96%	139.3	2.83%	0.071%
Máquina 2	4,256.60	3.78%	160.7	2.12%	0.045%
Máquina 3	3,928.00	3.19%	125.4	1.20%	0.052%

Fuente: Departamento de producción.

En el cuadro del gráfico 1, el material de empaque en Kg., es la cantidad utilizada en kilogramos en el mes para el empaque el producto. El desperdicio de material de empaque se da por razones de: puesta en punto de la máquina para su operación, mala operación de la máquina por parte del operador, señales eléctricas no estables de los dispositivos eléctricos que provocan un mal funcionamiento de la máquina empacando unidades que no llenan los requisitos de calidad, siendo necesario el reproceso de las unidades defectuosas. El subproducto se refiere a la pérdida de materia prima que es la harina, la cual es desechada y utilizada como subproducto de maíz.

Debido a la tecnología obsoleta de la maquinaria que provoca que su rendimiento de operación este por debajo de su diseño nominal de fábrica, el departamento de producción debe programar los requerimientos de producción con base en la velocidad real de empaque de la maquinaria.

Actualmente el departamento de producción requiere de maquinaria de empaque que esté en capacidad de empaque a una velocidad entre 40 a 45 bolsas por minuto, es decir, muy por encima de la velocidad nominal de diseño de la maquinaria actual (30 bolsas por minuto).

De la tecnología de la maquinaria actual, la mayoría de los dispositivos eléctricos son fabricados y distribuidos por el fabricante a costos muy elevados. Estos dispositivos consisten en tarjetas electrónicas con integrado tipo EEPROM, las cuales son reparadas exclusivamente por el distribuidor; sin embargo, el tiempo de entrega podría llevar semanas en el caso que pueda repararse.

Ante un aumento de la demanda, la empresa enfrenta la necesidad de realizar importantes incrementos en su producción, lo cual plantea la trascendental decisión de invertir en la compra de maquinaria nueva o bien invertir en la actualización tecnología de la maquinaria actual.

La necesidad de realizar la actualización tecnológica de la maquinaria de empaque actual, implica la realización de una evaluación financiera comparativa entre las opciones de inversión que se presentan.

A través de los años el avance tecnológico ha tenido logros importantes en el diseño de sistemas de comunicación cada vez más potentes, confiables y útiles, tal es el caso del PLC con sus siglas en español (programador lógico de control) que consiste en dispositivos utilizados para ser instalados en cualquier tipo de maquinaria industrial para que funcionen según las necesidades del cliente.

El mantenimiento correctivo de estos elementos es sumamente sencillo, ya que el cambio o sustitución de los elementos se realiza de forma rápida y fácil. También se ahorra tiempo en la instalación y puesta en marcha del sistema. La disponibilidad de suministros de los repuestos también se obtiene en un tiempo relativamente rápido.

La opción de inversión en la actualización tecnológica de la maquinaria actual consiste en sustituir toda la tecnología actual con la finalidad de incrementar la capacidad real de empaque de 30 unidades por minuto a 45, y a la vez mejorar su eficiencia de operación para reducir costos de producción por desperdicio de material de empaque, re-empaque de producto y reducir fallas por mantenimiento correctivo.

La opción de inversión en la compra de maquinaria empacadora nueva consiste en sustituir la maquinaria actual para cubrir la necesidad de producción para empacar el producto a una velocidad de 45 unidades por minuto, velocidad de empaque que está determinada por el fabricante de la maquinaria con base al tipo de material de empaque y producto a empacar.



La evaluación financiera de la presente investigación consiste en la comparación entre las dos opciones de inversión: compra de maquinaria nueva o actualización tecnológica de la maquinaria actual. Para la evaluación de estas dos opciones de inversión se elaboran flujos de caja incrementales de proyecciones de ventas y costos, se calcula el VAN y la tasa interna de retorno.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Descripción de una máquina empacadora**

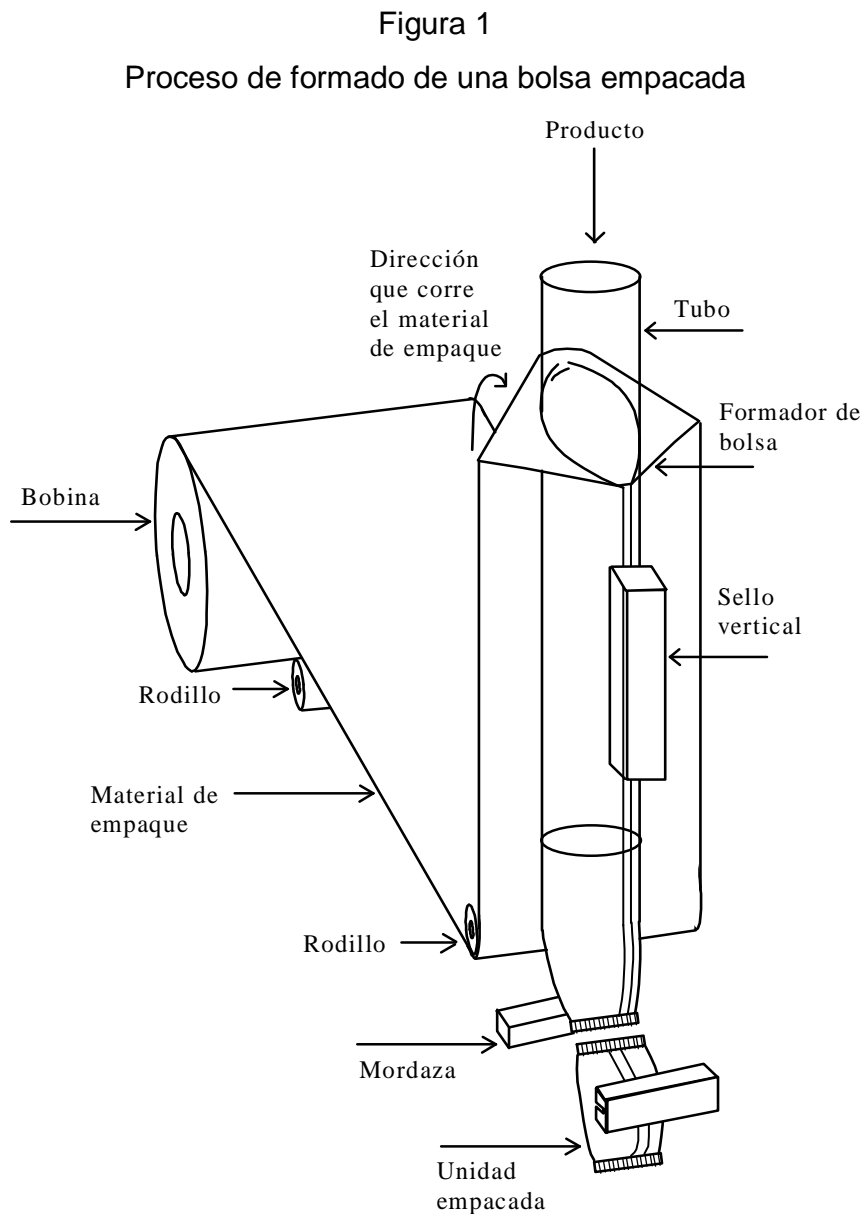
Las máquinas empacadoras son equipos que se instalan al final de las líneas de producción y se encargan de formar, llenar y sellar unidades con producto para el consumo humano. Existen diversos tipos de máquinas dependiendo de las aplicaciones, el tipo de producto, la velocidad requerida y el tipo de material de empaque.

La eficiencia de una máquina empacadora se mide por el número de unidades empacadas por minuto (velocidad de diseño), porcentaje de desperdicio de material de empaque, subproducto generado por un mal empaque y fallas por mantenimientos correctivos.

#### **2.1.1 Descripción de operación de la maquinaria con tecnología actual**

La operación de la empacadora consiste primero en colocar el material de empaque en la máquina y enhebrarla a través de una serie de rodillos que lo guían para que se deslice libremente llegando al elemento formador que se encarga de formar la bolsa que contiene el producto, ver figura 1.

Para hacer funcionar la máquina empacadora es necesario ajustar primero los dispositivos eléctricos necesarios en el panel de control, estos dispositivos son ajustados por el operador para luego hacer pruebas de ciclos de operación. El ciclo de operación de una máquina empacadora se refiere al proceso de formado y sellado por temperatura de una bolsa sin producto, este paso se realiza con el objeto de verificar la calidad del formado y sellado de la bolsa, que es el proceso de la puesta a punto y ajustes. Cuando el formado y sellado de la bolsa cumple con los requisitos de calidad se realiza el ciclo de operación ahora con producto, que es el proceso de formar el material de empaque, llenarla con producto y sellarla con calor.



Fuente: Elaboración propia

Los dispositivos eléctricos que contiene el panel de control consisten en: controles de temperatura que son utilizados para el ajuste de la temperatura de los sellos de la bolsa, controles de ajuste de tiempo para el ciclo de operación, control de ajuste de velocidad del motor para aumentar o disminuir la velocidad de la máquina empacadora, esta velocidad se refiere a la cantidad de unidades por minuto que puede empacar.

El panel de control se refiere a un gabinete montado en la máquina empacadora que contiene todos los dispositivos eléctricos que hace funcionar la máquina, parte de estos dispositivos son ajustados por el operador para la operación de la misma.

### **2.1.2 Metodología para medir la eficiencia de operación de la maquinaria**

La reducción de costes asociados a los procesos de empaque son objetivos asumidos por la alta dirección. Para alcanzar estos objetivos, se necesita conocer a fondo el estado de la maquinaria (paradas no programadas (fallas), tiempos de inactividad u ociosos, etc.), a través de una medición estándar. Esta medición estándar conocida como *OEE (Overall Equipment Effectiveness)* que su significado es *eficiencia general de los equipos*. Esta medición debe ser exacta, en tiempo real y debe diagnosticar las causas por las que una máquina no es totalmente efectiva, y a la vez recojan las causas que hacen que una máquina no sea totalmente efectiva.

El OEE es una forma estándar de medir la efectividad de máquinas y líneas a través de un índice, que es calculado combinando cuatro elementos asociados a cualquier proceso de producción. A la vez es una medida que representa el porcentaje del tiempo en que una máquina produce realmente unidades empacadas de calidad, comparadas con el tiempo que fue planeado hacerlo.

El OEE proporciona una medida de productividad real de la maquinaria y equipos, comparada a la productividad ideal, durante un periodo de tiempo específico. Para determinar los diferentes coeficientes que integran el reporte de OEE se deben de considerar las siguientes condiciones.

- Disponibilidad: tiempo real de la máquina produciendo
- Eficiencia: producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- Eficiencia operativa: paros inherentes al proceso

- Calidad: producción sin defectos generada

La efectividad se refiere a la formula siguiente:

$$\text{Efectividad} = (\text{Disponibilidad. \%} \times \text{Eficiencia. \%} \times \text{Eficiencia operativa. \%} \times \text{Calidad. \%}) = \text{porcentaje de efectividad}$$

Por ejemplo, tener un OEE del 40%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber producido, sólo ha producido 40. El valor de la OEE permite clasificar una máquina o varias líneas de producción.

OEE < 65% Inaceptable. Suelen aparecer en instalaciones donde no se han realizado esfuerzos sistemáticos de mejora de la eficiencia.

65% < OEE < 75% Regular. Son las más habituales en procesos de una cierta complejidad.

75% < OEE < 85% Aceptable. Son valores poco frecuentes, que pueden ser síntoma de líneas bien gestionadas y muy sencillas o errores en el cálculo.

85% < OEE < 95% Buena. Son resultados de un esfuerzo sostenido de medida y mejora del OEE o, simplemente, errores de cálculo.

OEE > 95% Excelencia. Excelente competitividad.

La OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación. La métrica OEE informa sobre las pérdidas y cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Además, las previsiones anuales de mejora del índice OEE permiten estimar las necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc. de la planificación anual.

Finalmente, la OEE es la métrica para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua.

Como se mencionó anteriormente para medir la eficiencia se utiliza la siguiente fórmula:

Efectividad = (Disponibilidad. % x Eficiencia. % x Eficiencia operativa. % x de Calidad. %) = porcentaje de efectividad.

A continuación se detalla cada componente de la formula:

### 2.1.2.1 Razón de disponibilidad

La disponibilidad permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

Se consideran las horas disponibles y se restan las horas que son utilizadas por mantenimiento para corregir las fallas eléctricas, mecánicas o neumáticas.

Razón de disponibilidad =

$$\frac{\text{Horas Disponibles (-) Horas por mantenimiento correctivos (-) Paros externos}}{\text{Horas disponibles (-) Paros externos}}$$

Paros por mantenimiento correctivo:

- Falla eléctrica
- Falla mecánica, neumática, aire.

Paros externos:

- Falta de electricidad (apagón, bajo voltaje)
- Falta de gas propano (LPG), falla externo de combustible
- Falta de bunker, falta externo de combustible

### 2.1.2.2 Razón de eficiencia operativa

Esta razón determina las horas disponibles resultantes de la razón de disponibilidad menos los paros inherentes al proceso, la fórmula es la siguiente:

Razón de eficiencia operativa =

$$\frac{\text{Horas Disponibles} - \text{Paros proceso} - \text{Paro mantenimiento} - \text{Paros externos}}{\text{Horas Disponibles} - \text{Paros mantenimiento} - \text{Paros externos}}$$

Paros por mantenimiento:

- Falla eléctrica
- Falla mecánica, agua, neumática, aire.

Paros externos:

- Falta de electricidad (apagón, bajo voltaje)
- Falta de gas, falla externo de combustible
- Falta de bunker propano (LPG), falta externo de combustible
- Fin de producción, se terminó la producción
- Paro programado

Paros de proceso:

- Limpieza general, limpieza de la máquina, por cambio de producto o al terminar una producción.
- Limpieza en proceso, limpieza de la máquina en proceso: transportadores, vasos, balanzas, cuchillas, moldes y cambio de aceite de freidores.
- Arranque, tiempo para alcanzar las condiciones óptimas del proceso, ajuste y aprobación de producto terminado por parte de CC.
- Relevo de personal, relevos de personal para el tiempo de comida, y cumpleaños

- Ausencias y permisos, falta de personal por ausencias y permisos.
- Enfermedad, falta de personal por enfermedad y accidentes
- Capacitación actividades del personal.
- Cambio de bobina, tiempo utilizado para cambiar las bobinas
- Espacio en Bodega, limitaciones de espacio en bodega para producto terminado
- Falla Operativa, mala operación del equipo

### 2.1.2.3 Razón de eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Total de artículos producidos.}}{\text{Total de artículos esperados.}}$$

Esta razón se refiere a los artículos reales producidos entre los artículos esperados a producir según los planes de producción, si por alguna razón el coeficiente no da 100%, significa que no se produjo lo que se esperaba producir y al analizar el reporte del OEE identificara las razones por la cuales no se cumplió el 100% de producción.

### 2.1.2.4 Razón de calidad

$$\text{Porcentaje de calidad} = \frac{\text{Producción aprobada.}}{\text{Producción total.}}$$

Donde:

Producción aprobada = Total de producción aprobada, no incluye defectos en el proceso, rechazo, defectos de calidad a reparación, etc.

Producción total = Producción total programada.



## RESUMEN DE RAZONES:

### Tiempo perdido. (*Disponibilidad*)

1. Fallas de equipos. Se debe a fallas ya sea eléctricas, mecánicas o neumáticas que mantienen la empacadora parada hasta que se solucione el problema.
2. Fallas externas. Se debe a fallas energía eléctrica comercial, falta de gas, bunker, agua.

### Pérdida de velocidad. (*Eficiencia*)

1. Tiempos ociosos y paros menores. Se puede definir cuando la línea de producción esta produciendo a una capacidad menor que la velocidad de la máquina empacadora.
2. Reducción de velocidad. La reducción de la velocidad se puede dar a factores a que la máquina no esta operando a su máxima capacidad de diseño, debido a los elementos eléctricos obsoletos que es imposible operarla a su velocidad nominal.

### Eficiencia operativa:

En la eficiencia operativa se da razones de paro por diversos factores, mala operación de la maquinaria, falta de personal, capacitaciones, limpiezas, etc.

### Calidad:

Esta razón se refiere al cumplimiento de calidad de todos los productos producidos, si por alguna razón en el proceso el producto que se empacó no llenó los requisitos de calidad, parte de esta producción es rechazada lo cual genera que no se haya cumplido en 100% la calidad de producción.

### **2.1.2.5 ¿Cómo se puede mejorar el resultado del indicador OEE?**

Para mejorar el OEE es necesario buscar las principales fuentes de pérdida de producción, las cuales se suelen agrupar en seis grandes tipos. Para mejorar el OEE será necesario establecer indicadores de cada una de estas seis grandes pérdidas. Para ello debe conocerse exactamente el significado de cada una:

#### **2.1.2.5.1 Averías**

Dentro de este numeral se deben recoger las pérdidas debidas a paradas por averías, entendiendo que una avería es cualquier pérdida significativa de las prestaciones de la máquina; es decir, no sólo se debe considerar como avería la falla de máquina, sino también cualquier pérdida de su función, como, por ejemplo, una cerradora que no sella correctamente, aunque luego se sellen manualmente los paquetes. Cada avería (descrita en detalle) junto con su tiempo de reparación debe anotarse en una hoja de recogida de datos.

#### **2.1.2.5.2 Arranques y paradas/otras paradas**

Aspectos como el inicio y fin de turno, las paradas para descanso del personal etc. Si una parada tuviese una magnitud significativa, puede ser necesario desglosarla en un indicador individual.

#### **2.1.2.5.3 Pérdidas de velocidad**

Suelen ser difíciles de medir ya que son las causadas por reducción del funcionamiento de la velocidad de máquina debido a todo tipo de causas. En la mayor parte de los casos se pueden recoger de los sistemas de información de las máquinas.

#### **2.1.2.5.4 Pequeñas paradas**

Se trata de micro paradas o atranques que ocurren con frecuencia y que son imposibles de registrar en un papel. La fuente de la información es el sistema de información de la máquina o un contador montado a pie de máquina.

#### **2.1.2.5.5 Merms de Calidad**

Un producto defectuoso supone en la mayor parte de los casos una pérdida de materia prima, pero, además de esto, supone un tiempo de máquina que se ha desperdiciado en procesar un producto inútil. Es imprescindible traducir las merms en los minutos de máquina que se han perdido por este motivo.

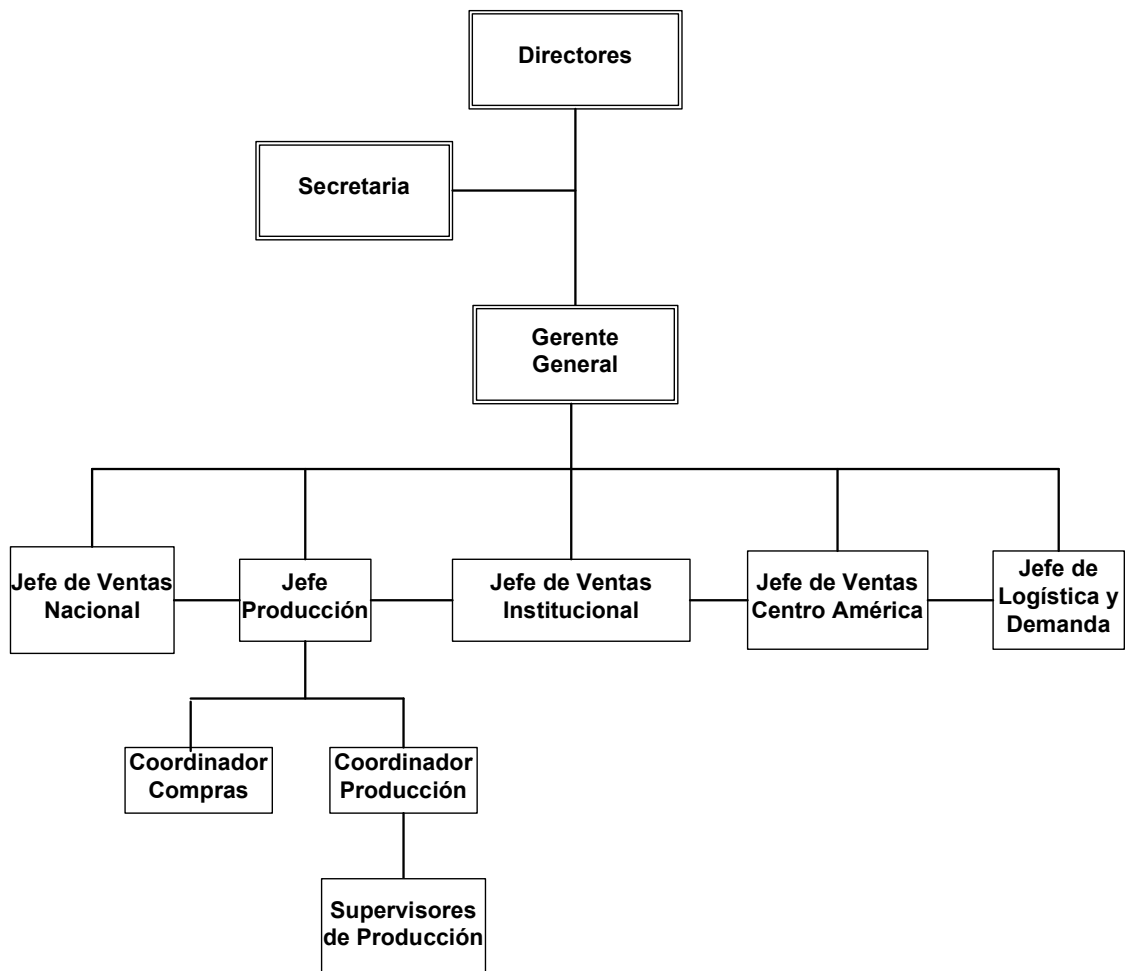
#### **2.1.2.5.6 Reproceso**

En muchos casos, además de la pérdida anterior, el reproceso del producto (para evitar la pérdida de materia prima) se debe reprocesar en la misma máquina. Esto se refiere al proceso de re-empaque de producto que no lleno los requisitos de calidad en el empaque, este reproceso requiere de tiempo aparte para su nuevo proceso, material de empaque, mano de obra más otros costos directos.

### **2.2 Programación de los requerimientos de producción**

El coordinador del departamento de producción programa la producción mensual con base a los requerimientos que son coordinados por el jefe de producción, jefe de logística y demanda, jefe de ventas, jefe de ventas institucional, jefe de ventas nacional, coordinador de compras e importaciones. Estas personas se encargan de llevar un control de las necesidades de producción, a continuación se presenta parte del organigrama de la organización involucrada en el control de los requerimientos.

Figura 2  
Diagrama organizacional.



Fuente: Elaboración propia

Según el diagrama organizacional, figura 2, la comunicación horizontal se lleva a cabo a través de las diferentes jefaturas para analizar las principales necesidades de los requerimientos de producción, luego el jefe de producción traslada esta información en forma vertical al coordinador de compras para llevar un control de inventarios de las necesidades de materia prima, al coordinador de producción traslada los requerimientos de producción para que planifique todas las necesidades requeridas como; materia prima a utilizar, personal de operación y ayudantes y tiempo disponible necesario para producir los requerimientos.

### **2.3 Proceso de actualización tecnológica de la máquina empacadora actual**

La máquina empacadora fue diseñada por el fabricante para empacar a una velocidad nominal de 35 unidades por minuto, pero actualmente su capacidad real de empaque es de 30 unidades por minuto.

¿En que consiste la actualización tecnológica?, En sustituir todos los componentes eléctricos actuales de la máquina por tecnología moderna.

¿Cuál es la finalidad de hacer esta actualización?, Se plantea el objetivo de disminuir los mantenimientos correctivos que se tenían con la tecnología anterior en un 80% el primer año de funcionamiento y mantenerlo en 60% el resto de los años debido a la depreciación de la tecnología y a la vez incrementar su capacidad de empaque real de 30 unidades por minuto a 45 unidades empacadas por minuto, o sea incrementar su capacidad real en un 50%.

¿Cómo se puede lograr este incremento de la velocidad nominal?, Con el avance tecnológico se puede disponer de dispositivos eléctricos capaces de operar con señales eléctricas estables a mayores velocidades de operación, con estos dispositivos colocados en la máquina empacadora estaría en capacidad de poder incrementar su velocidad de empaque y operarla de manera eficiente.

¿Cómo se puede reducir el tiempo por fallas eléctricas?, El departamento de mantenimiento de la empresa estará a cargo del diseño y actualización tecnológica de la maquinaria, siendo una ventaja para el departamento de mantenimiento para la solución de fallas de forma efectiva.

### **2.3.1 Dispositivos a utilizar en la actualización tecnológica**

A través de los años el avance tecnológico ha tenido avances importantes en el diseño de sistemas de comunicación cada vez más potentes, confiables y útiles, el PLC con sus siglas en español (programador lógico de control) son dispositivos utilizados para ser instalados en cualquier tipo de maquinaria industrial para que funcionen según las necesidades del cliente.

El mantenimiento correctivo de estos elementos es sumamente sencillo, el cambio o sustitución de los elementos dañados se realiza de forma rápida y fácil. También se ahorra tiempo en la instalación y puesta en marcha del sistema. La disponibilidad de suministros de los repuestos también se obtiene en un tiempo relativamente rápido.

La actualización tecnológica para ser instalada en la maquinaria actual tendrá la finalidad de incrementar la capacidad real de empaque de 30 unidades por minuto a 45, y a la vez mejorar su eficiencia de operación para reducir costos de producción por desperdicio de material de empaque, re-empaque de producto y reducir fallas por mantenimiento correctivo.

En el siguiente numeral se detallaran cada uno de los elementos a utilizar para la actualización tecnológica.

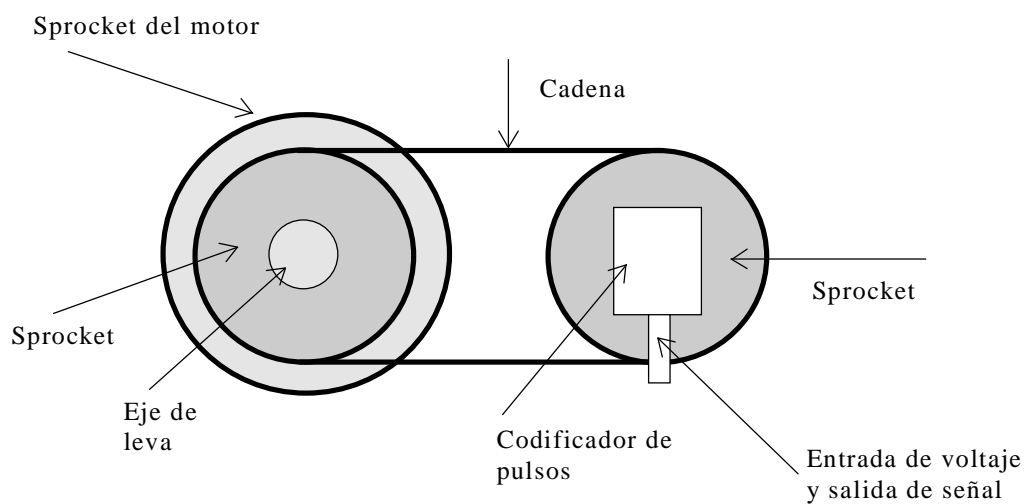
#### **2.3.1.1 El encoder (Codificador de pulsos)**

El encoder o codificador de pulsos es un dispositivo electromecánico que es utilizado para llevar el control del ciclo de operación de la maquinaria de empaque, este dispositivo consiste en transmitir 360 pulsos por revolución, esto significa que por cada ciclo de la máquina con el llenado, embolsado y sellado, este dispositivo transmite 360 pulsos o señales eléctricas al PLC indicando que la máquina ya realizó un ciclo completo, este dispositivo se coloca en el eje del motor de la

máquina y empieza a contar de 1 que es el inicio de ciclo de operación y consecutivamente va contando hasta el final del ciclo de 360, el PLC interpreta estas señales como la posición del ciclo en que se encuentra operando la máquina. En figura 3, se indica cómo se coloca el encoder.

Figura 3

El encoder

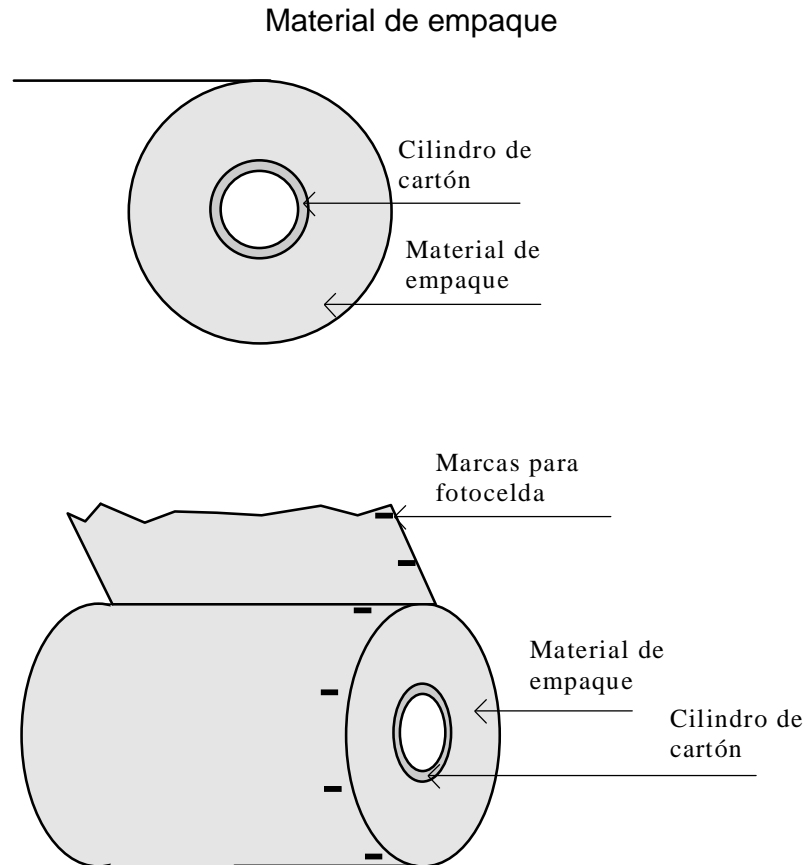


Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.1.2 Foto celda para material de empaque

El material de empaque se diseña por los fabricantes dependiendo el tipo de producto a empaquetar, en la orilla del material se imprimen varias marcas con forma de cuadrado separadas la misma distancia. La función de la foto celda es detectar cada marca del material de empaque y transmitir la señal eléctrica al PLC con el objeto de ajustar el tamaño de cada bolsa, ver figura 4.

Figura 4



Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.1.3 Cable para electricidad

El cable para electricidad es utilizado para el transporte de corriente eléctrica de un punto a otro, existen diferentes tipos de cables para electricidad y dependerá del uso específico que se le de.

### 2.3.1.4 Programador lógico de control (PLC)

El componente electrónico PLC (programador lógico digital) es utilizado por sus características técnicas de funcionamiento el cual es programado por medio de un



computador, el programa del PLC será diseñado conforme a las características de funcionamiento de la maquinaria.

Es un aparato digital electrónico con una memoria programable, permitiendo la implementación de funciones específicas como: secuencias, temporizado, conteo, etc., con el objeto de controlar máquinas y procesos.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera, preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

#### **2.3.1.5 Señal eléctrica**

Es el medio por el cual se transmite información, entre un emisor y un receptor, que es capaz de interpretar el mismo código.

#### **2.3.1.6 Relé electromagnético**

Al relé electromagnético se puede definir como un componente con contactos, los cuales son accionados mediante un sistema de placas, actuando bajo la fuerza de un circuito electromagnético, el cual provoca su apertura o cierre. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un

electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

- Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto normalmente abierto y uno normalmente cerrado con una terminal común.

#### **2.3.1.7 Relé de estado sólido**

Es un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optó acoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico. A diferencia de un relé electromecánico, en este no hay desgaste físico de los elementos en funcionamiento.

Para los relés de estado sólido se pueden añadir:

- Gran número de conmutaciones y larga vida útil.
- Conexión en el paso de tensión por cero, desconexión en el paso de intensidad por cero.
- Ausencia de ruido mecánico de conmutación.
- Insensibilidad a las sacudidas y a los golpes.
- Cerrado a las influencias exteriores por un recubrimiento plástico.

### **2.3.1.8 Pantalla digital táctil (Human Machine Interface)**

Es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática. Históricamente los PLC no tienen una manera estándar de presentar la información al operador.

La obtención de los datos desde el PLC o desde otros controladores se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada. Un PLC puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas. Desde cerca de 1998, virtualmente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, muchos de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLC, incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, eléctricos y técnicos para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software.

### **2.3.1.9 El componente temporizador**

En numerosas aplicaciones se necesita medir el tiempo que transcurre desde que se cumple una determinada condición lógica y cuando ese tiempo predeterminado se cumple, esperamos que se devuelva una señal para informar del hecho. La señal que devuelve un temporizador es una variable, porque a partir de ella se pueden tomar decisiones.

### **2.3.1.10 El servomotor (también llamado Servo)**

Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

## **2.4 Métodos de evaluación financiera**

En este numeral se definirán los métodos o técnicas utilizadas para la evaluación financiera del plan de tesis.

### **2.4.1 Análisis de sensibilidad**

Para evaluar un proceso de inversión es necesario evaluar su viabilidad desde varias perspectivas, de mercado, técnica, financiera y un análisis del entorno donde se desarrolla la inversión. Como herramienta de decisión, es posible utilizar el análisis de sensibilidad como herramienta de evaluación del proceso de inversión.

Para el presente plan de tesis el proceso de inversión se enfocará en la parte técnica, donde se especifican las diferentes alternativas de variación que pueden afectar el proceso de producción en la reducción de costos.

Una herramienta que facilitará la toma de decisiones es el análisis de sensibilidad, el cual permite diseñar escenarios en los cuales se podrá analizar posibles resultados del proceso de inversión, cambiando valores de las variables y determinar cómo afectan el resultado.

### **2.4.2 Costos de producción**

La determinación de los costos de producción y la estimación del costo unitario de la producción es importante para poder evaluar el grado de eficacia con que se desenvuelve la actividad productiva de la empresa, además es necesario para la fijación de políticas de precio, conocer la estructura de producción, la demanda de los insumos de producción, distribución de la fuerza de trabajo y el equipo necesario para la transformación de los insumos en producto terminado.

La estructura del costo de producción muestra las actividades y labores realizadas, sus unidades de medida, así como el nivel de participación porcentual de cada actividad en relación con el costo total y costo variable.

### **2.4.3 Flujo de caja proyectado**

Es la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos, descontados a la fecha de aprobación de un proyecto de inversión con la técnica de "valor presente", esto significa tomar en cuenta el valor del dinero en función del tiempo.

El flujo de caja muestra el resultado real en dinero resultante de cada período en que se evalúa el proyecto.

El flujo de caja proyectado se compone de cuatro elementos básicos: inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto, ingresos y egresos de operación, el momento en que ocurren estos ingresos y egresos y el valor residual del proyecto.

Se considera un horizonte de evaluación de 5 períodos, donde cada período representa un año. Se adopta el período de un año por ser el más usado en la evaluación de proyectos industriales, por suponerse que en dicho lapso las cuentas mensuales devengadas se hacen efectivas.

#### 2.4.4 Índice de rentabilidad<sup>1</sup>

El índice de rentabilidad IR o razón de costo-beneficio, es la razón del valor presente de los flujos con actualización tecnológica menos los flujos netos sin inversión en relación con la inversión neta.

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{VP}{(1+i)^t}}{INVN}$$

Analizando la fórmula del índice de rentabilidad (IR) el signo sigma ( $\Sigma$ ) de sumatoria se refiere al periodo de evaluación de los flujos, (VP) se refiere al valor presente de los flujos netos proyectado traídos al presente, la letra (i) se refiere al costo de capital de la empresa y por ultimo (INVN) se refiere a la inversión neta del proyecto de evaluación.

---

<sup>1</sup> R. CHARLES MOYER, JAMES R. McGUIGAN, WILLIAM J. KRETLOW, Administración financiera contemporánea, Editorial Thomson. Novena edición 2005

### **2.4.5 Proyecto de inversión incremental**

Cuando se realiza un proyecto de inversión que bien puede ser ampliación de la construcción, de la maquinaria, lanzamiento de otras líneas, renovación tecnológica, reemplazos, etc. es cuando se tiene interés en conocer la viabilidad del nuevo proyecto dentro de la empresa existente (proyecto incremental). La gran mayoría de proyectos pertenecen a esta situación.

Para la realización del análisis del proyecto es necesario preparar tres series de datos en vez de una como sucede con el proyecto nuevo que parte de cero. Por tanto es necesario proyectar resultados futuros teniendo en cuenta tres puntos de vista:

- Proyección de la empresa existente sin nueva inversión, utilizar la maquinaria de empaque con la tecnología actual.
- Proyección de la empresa existente incluyendo el proyecto (con la nueva inversión), utilizar la maquinaria con inversión en actualización tecnológica y con inversión de maquinaria nueva de empaque.
- El proyecto aisladamente, la proyección de flujos de caja utilizando la maquinaria con actualización tecnológica menos la proyección de flujos de caja con la maquinaria con tecnología actual para obtener el flujo incremental. También la proyección de flujo de caja utilizando maquinaria nueva menos la proyección de flujos de caja con la maquinaria con tecnología actual para obtener el flujo incremental.



#### **2.4.6 Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno - TIR -, es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. También es conocida como tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida (tasa de descuento) para un proyecto de inversión específico.

La evaluación de los proyectos de inversión cuando se hace con base en la tasa interna de retorno, toman como referencia la tasa de descuento. Si la tasa interna de retorno es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se debe aceptar pues estima un rendimiento mayor al mínimo requerido, siempre y cuando se reinviertan los flujos netos de efectivo. Por el contrario, si la tasa interna de retorno es menor que la tasa de descuento, el proyecto se debe rechazar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido.

#### **2.4.7 Tasa de descuento<sup>2</sup>**

La tasa de descuento es la tasa de retorno requerida sobre una inversión. La tasa de descuento refleja la oportunidad perdida de gastar o invertir en el presente por lo que también se le conoce como costo o tasa de oportunidad. Su operación consiste en aplicar en forma contraria el concepto de tasa compuesta. Es decir, si a futuro la tasa de interés compuesto capitaliza el monto de intereses de una inversión presente, la tasa de descuento revierte dicha operación. En el presente plan de tesis la tasa de descuento a utilizar será del 12%.

---

<sup>2</sup> Por políticas de la empresa no se puede mostrar la forma de cálculo de la tasa de descuento.

### 2.4.8 Valor actual neto<sup>3</sup>

El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  es el número de períodos considerado.

$K$  es la tasa de descuento

A continuación se describe como se interpreta el resultado de la ecuación:

$VAN > 0$ , la inversión produce ganancias por encima de la rentabilidad exigida, el proyecto puede aceptarse

$VAN = 0$ , la inversión no produce ni ganancias ni pérdidas, dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

<sup>3</sup> (En Red) Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_netto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto)

$VAN < 0$ , la inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida, el proyecto debería rechazarse

El valor actual neto es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, a pesar de sus limitaciones en considerar circunstancias imprevistas o excepcionales de mercado. Si su valor es mayor a cero, el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

Una empresa suele comparar diferentes alternativas para comprobar si un proyecto le conviene o no. Normalmente la alternativa con el VAN más alto suele ser la mejor para la entidad; pero no siempre tiene que ser así. Hay ocasiones en las que una empresa elige un proyecto con un VAN más bajo debido a diversas razones como podrían ser la imagen que le aportará a la empresa, por motivos estratégicos u otros motivos que en ese momento interesen a dicha entidad.

### **3 METODOLOGÍA**

#### **3.1 Hipótesis**

Se plantea que, la actualización tecnológica para incrementar eficiencia de operación y velocidad de diseño en la maquinaria de empaque se puede lograr a través de dos pasos perfectamente diferenciados: un análisis de funcionamiento y aplicación de la tecnología eléctrica moderna, y la evaluación financiera comparativa de inversión entre la compra de maquinaria nueva y la actualización tecnológica de la maquinaria actual.

#### **3.2 Método**

Para el desarrollo del plan de tesis se utilizó el método deductivo como base fundamental.

#### **3.3 Técnicas**

Para la recolección y ordenamiento de información se utilizaron las técnicas siguientes:

##### **3.3.1 Técnicas de investigación documental**

Los sujetos que conforman la población del plan de tesis están constituidas por: El jefe de mantenimiento, jefe de producción, coordinador de producción, supervisores de producción, electricistas y mecánicos de mantenimiento.

- a. Se desarrolla una reunión con el jefe de producción, coordinador de producción y supervisores de producción, con base a la reunión se discuten temas relacionados con la eficiencia de operación de la maquinaria con tecnología actual

- b. El departamento de producción proporciona información sobre reportes de producción y se analiza esta información
- c. Se selecciona y delimita un tema de investigación
- d. Se elabora el plan de investigación
- e. Se inicia el proceso de captación de material de información referente a plan de tesis
- f. Se analiza y organiza la información
- g. En el proceso final se redacta y se presenta el informe

### **3.3.2 Técnicas de investigación de campo**

La investigación se llevó a cabo en la planta productora de alimentos Nutricereales localizada en el kilómetro 25, carretera al Atlántico, con base a la información proporcionada por el departamento de producción referente a datos históricos de reportes de producción de los meses de marzo-diciembre 2008 y enero-mayo 2009. La investigación de campo se desarrolló a través de los siguientes pasos:

- a. Reportes con base a tiempos acumulados en horas por fallas de la maquinaria
- b. Análisis de reporte de producción referente a la eficiencia de operación de la maquinaria
- c. Observación
- d. Análisis de funcionamiento de la tecnología actual de la maquinaria y estudio de planos eléctricos
- e. Análisis de funcionamiento y aplicación de tecnología eléctrica moderna

## **4 ELABORACIÓN DEL FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

En el presente capítulo se desarrolla el flujo de caja proyectado de cada una de las siguientes situaciones: con maquinaria actual, con inversión en actualización tecnológica, con inversión 100% deuda de compra de maquinaria nueva y con inversión 100% fondos propios de compra de maquinaria nueva.

El flujo de caja es la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos, descontados a la fecha de aprobación de un proyecto de inversión con la técnica de "valor presente neto", esto significa tomar en cuenta el valor del dinero en función del tiempo.

El flujo de caja muestra el resultado real en dinero resultante de cada período en que se evalúa el proyecto.

El flujo de caja proyectado se compone de cuatro elementos básicos: inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto, ingresos y egresos de operación, el momento en que ocurren estos ingresos y egresos y el valor residual del proyecto.

Para la presente investigación se considera un horizonte de evaluación de 5 períodos, donde cada período representa un año. Se adopta el período de un año por ser el más usado en la evaluación de proyectos industriales, por suponerse que en dicho lapso las cuentas mensuales devengadas se hacen efectivas.

### **4.1 Cálculo de tiempo disponible de los requerimientos de producción**

El departamento de producción calcula el tiempo disponible para el desarrollo de los planes de producción con base a los requerimientos, por ejemplo, analizando el cuadro 4, el mes de agosto del 2008, los requerimientos de producción que se refieren al total de artículos esperados fueron un total de 30,000 sacos, cada saco contiene un total de 50 unidades empacadas con una libra de harina lo que

equivale a un total de 1,500,000 unidades de requerimiento. El departamento de producción planifica los requerimientos con base a la velocidad de operación real de la maquinaria que es de 30 unidades por minuto, con esta velocidad real la maquinaria empaca en una hora 5,400 unidades utilizando las tres empacadoras.

El horario de producción es de lunes a viernes de 6:00a.m. a 18:00 p.m. turno diurno y de 18:00 p.m. a 6:00a.m. turno nocturno, dos horas extras laborales de lunes a jueves y tres horas extras el día viernes, el mismo horario se utiliza para el fin de semana sábado y domingo, se dispone de una hora de almuerzo en ambos turnos y 20 minutos de refacción en ambos turnos. Esto significa que hay un total de 21.33 horas disponibles de producción por día.

Para la planificación del tiempo disponible en días para producir los requerimientos de producción se toma como base las horas disponibles diarias de producción por día de 21.33 horas, y dependiendo de los requerimientos de producción se calculan los días. Con la formula siguiente se calculan los días de producción:

Tiempo disponible en días =

$(\# \text{ Unidades de requerimiento}) / (\# \text{ Ciclo estándar por hora}) / (\text{horas disponibles de producción por día}).$

Los elementos que conforman la formula son los siguientes:

# Unidades de requerimiento: se refiere a los requerimientos de producción en unidades en presentación de una libra.

# Ciclo estándar por hora: se refiere a la cantidad de unidades empacadas por hora utilizando las tres máquinas empacadoras.

Horas disponibles de producción por día: se refiere al total de horas disponibles por día de producción que tiene un valor de 21.33 horas.

Para el análisis de la formula se calculará el tiempo disponible en días del mes de agosto del 2008, ver cuadro 4:

# de unidades de requerimiento = 1,500,000 unidades.

# ciclo estándar por hora = 5,400.

Horas disponibles de producción por día = 21.33

Tiempo disponible en días =  $(1,500,000) / (5,400) / (21.33) = 13$  días

Según el resultado de la formula, se requieren aproximadamente 13 días para producir el requerimiento de 1,500,000 unidades en presentación de una libra, que equivalen a 30,000 sacos conteniendo 50 unidades cada uno. El coordinador del departamento de producción tiene que contemplar las necesidades de materias primas, personal y otros recursos necesarios para la producción.

#### **4.1.1 Determinación de los costos de producción, precio de venta y gastos administrativos de la elaboración y empaque de harina**

Para las proyecciones de los requerimientos de producción para la elaboración del flujo de caja respectivo se deben determinar primero los costos de producción y gastos administrativos necesarios para la venta y distribución del producto.

La determinación de los costos de producción y la estimación del costo unitario de la producción de un saco con 50 unidades de una libra es importante para poder evaluar el grado de eficacia con que se desenvuelve la actividad productiva de la empresa, además es necesario para la fijación de políticas de precio, conocer la estructura de producción, la demanda de los insumos de producción, distribución de la fuerza de trabajo y el equipo necesario para la transformación de los insumos en producto terminado. La estructura del costo de producción muestra las actividades y labores realizadas, sus unidades de medida, así como el nivel de participación porcentual de cada actividad en relación con el costo total y costo variable.



Cuadro 1

Costo variable del proceso de producción y empaque de harina

<b>COSTO VARIABLE DEL PROCESO DE PRODUCCION Y EMPAQUE DE HARINA PARA EL CONSUMO HUMANO</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Costo para moler, coser, agregar vitaminas y mezcla para un libra de harina	Q1.87
Costo de empaque y ensacado de 50 libras de harina	Q170.37
<b>Total de costo variable</b>	<b>Q170.37</b>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 1, el costo necesario para procesar una libra de harina con sus ingredientes es de Q1.87. El costo total para el empaque y ensacado de 50 libras de harina es de Q170.37, este costo incluye la materia prima, material de empaque, consumo de energía eléctrica de todos los componentes eléctricos del proceso, mano de obra directa e indirecta, servicios de agua, bunker necesario para el calentamiento del agua de la caldera, aire comprimido y otros recursos necesarios para la elaboración final del producto la harina.

En resumen, el costo total del proceso de producción y manufactura para llenar un saco con 50 unidades empacadas con una libra de harina para el consumo humano es de Q170.37.

Los gastos de distribución son de 21% del total de ventas. El impuesto sobre la renta tiene un valor del 31%, los gastos administrativos representan el costo fijo. Para la proyección de las ventas la unidad a utilizar será por saco, conteniendo 50 unidades empacadas de una libra cada uno, el precio de venta por saco es de Q305.00.

## 4.2 Proyección de ventas

Las proyecciones de ventas de la empresa son utilizadas por el departamento de compras para planificar la compra de insumos para el desarrollo del producto, el departamento de logística planifica también el proceso de distribución y almacenamiento de producto terminado en base a los planes de ventas.

El departamento de producción tiene que programar su producción según el plan realizado por la jefatura de producción y el departamento de compras deberá determinar los recursos necesarios como materia prima para cubrir las necesidades de producción.

Para el cálculo de la proyección de ventas del flujo de caja que será utilizado para el presente plan de tesis se utilizará como base los datos históricos de las ventas de los años 2004-2008, para desarrollar un análisis de tendencia de crecimiento.

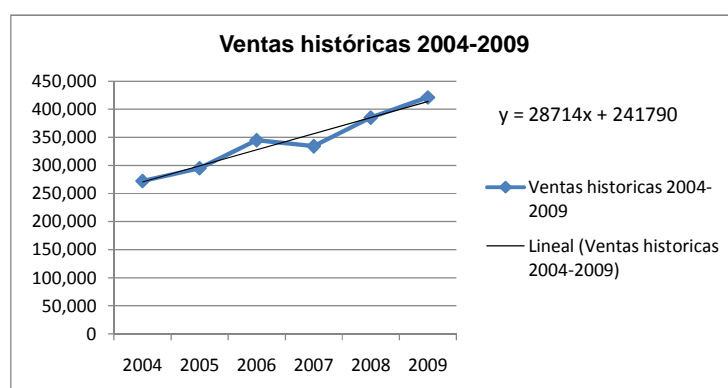
En el cuadro 2, se presenta las ventas anuales históricas en cantidad de sacos desde el año 2004 al 2009, con base a estos datos históricos se analizó la tendencia del crecimiento de las ventas para el periodo 2010-2014 utilizando la ecuación lineal  $y = 28714x + 241790$  generada por la línea de tendencia del gráfico 2.

Cuadro 2  
Datos históricos de ventas del 2004-2009

Sacos vendidos por año					
2004	2005	2006	2007	2008	2009
272,300	295,233	345,125	334,373	385,323	421,392

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2  
Ventas históricas 2004-2009



Fuente: Elaboración propia

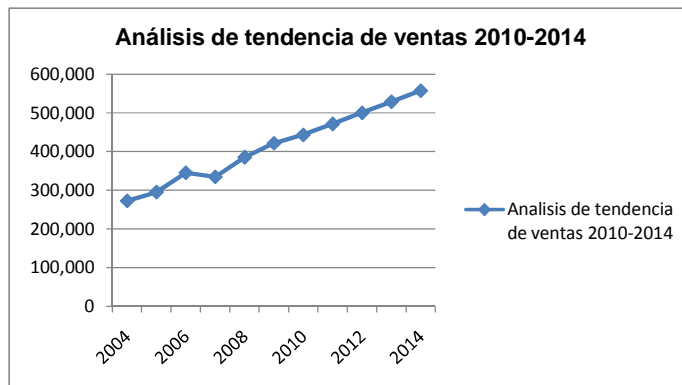
En el cuadro 3, se detalla el crecimiento en ventas para los años 2010 al 2014, esta tendencia se utilizará como base para la proyección de los flujos de caja y tiene un crecimiento promedio de 5.94%, en el gráfico 3, se muestra la tendencia de crecimiento con base a la ecuación lineal utilizada del gráfico 2.

Cuadro 3  
Cálculo de la proyección de ventas

Descripción	Análisis de tendencia de ventas 2010-2014					
	Años	2010	2011	2012	2013	2014
Sacos		442,788	471,502	500,216	528,930	557,644
Crecimiento			6.48%	6.09%	5.74%	5.43%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 3  
Análisis tendencia de ventas 2010-2014



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3 Funcionamiento de la tecnología actual de la maquinaria empacadora

La maquinaria de empaque se diseñó para operar a una capacidad nominal de 35 bolsas por minuto, debido a la obsolescencia de su tecnología actual provoca que la maquinaria opere a una velocidad de empaque real de 30 bolsas por minuto.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Velocidad de operación}}{\text{Velocidad de diseño}} = \frac{30}{35} = 85.71\%$$

Esta relación indica que la eficiencia actual de la máquina es de 85.71%.

Si se incrementa la velocidad real para empacar por encima de las 30 unidades por minuto, la maquinaria no opera eficientemente generando problemas tales como: que algunas unidades empacadas tengan variación en el peso seleccionado o que el sello de la bolsa no sea de calidad siendo necesario el uso de recursos por mano de obra, material de empaque y otros para volver a re-empacar el producto. La razón por la cual la máquina no opera eficientemente a

mayor velocidad de la real es debido a que algunos dispositivos eléctricos no generan señales eléctricas estables lo que provoca que la operación de la empacadora sea inestable.

El ciclo de operación de una máquina empacadora se lleva a cabo por las señales eléctricas proporcionadas por los dispositivos eléctricos instalados en la maquinaria, el ciclo de operación se refiere al formado, llenado y sellado de una unidad empacada con harina, si alguna señal eléctrica falla durante el ciclo de operación, algunas unidades empacadas pueden tener defectos en su empaque y estas deben ser rechazadas.

Las señales eléctricas de los dispositivos eléctricos no son constantes con el incremento de la velocidad real de empaque de la maquinaria empacadora lo que provoca: variaciones porcentuales en el tamaño de la bolsa empacada, variación porcentual en el peso empacado, el sello de la bolsa empacada no llene los requisitos de calidad y por último se incrementa el mantenimiento correctivo.

#### **4.3.1 Análisis del rendimiento de las máquinas empacadoras con tecnología actual**

La eficiencia de operación de la maquinaria empacadora se mide por la razón de disponibilidad, como se explicó en el párrafo 2.1.2.1, se refiere a la disponibilidad de tiempo en horas esperado en que la maquinaria estaría disponible para su operación, si la maquinaria no presentara ningún problema eléctrico o mecánico durante el proceso de producción ésta sería el 100%.

En el cuadro 4, se muestra el reporte de rendimiento y OEE del proceso de producción, analizando la parte de mantenimiento correctivo, por ejemplo, el mes de agosto del 2008, debido a una falla eléctrica se tuvo una acumulación de 7.00 horas provocando que la maquinaria no estuviera disponible durante ese periodo.

Por el total de horas por fallas del mes de agosto del 2008 se dejaron de producir 756 sacos, con respecto al mes de septiembre del 2008, las fallas eléctricas fueron de 18.00 horas por lo que se dejaron de producir un total de 1,944 sacos, que es una de las razones en el incumplimiento de los requerimientos del mes, el cual fue de un 75.28%, a diferencia de agosto se tuvo un 81.75%.

Cuadro 4

## Reporte de rendimiento de producción agosto-diciembre 2008

REPORTE DE RENDIMIENTO Y OEE CON MAQUINARIA CON TECNOLOGÍA ACTUAL					
Capacidad de empaque 90 unidades por minuto por las tres máquinas					
Descripción					
Del Proceso	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08
Total en horas	38.70	30.08	33.18	38.87	40.50
<b>Mantenimiento</b>					
Falla eléctrica	7.00	18.00	6.00	8.00	7.00
Falla mecánica	3.00	0.00	1.00	7.50	5.50
Falla hidráulica					
Falla neumática		2.00			
<b>Total en horas</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>	<b>7.00</b>	<b>15.50</b>	<b>12.50</b>
<b>Servicios</b>					
Falta de aire	1.50				
Falta de agua					6.00
Falta de gas, fuente interna					
Falta de vapor, fuente interna					
Falta de electricidad, fuente interna					
Total en horas	1.50	0.00	0.00	0.00	6.00
<b>Externos</b>					
Falta de electricidad, fuente externa		8.00			8.33
Falta de gas, fuente externa					
Falta de bunker, externa					1.50
Fallas en las líneas de producción	5.00	2.00	7.00	3.00	1.50
Falta de espacio en bodega					
Total en horas	5.00	10.00	7.00	3.00	11.33
<b>Total horas perdidas</b>					
Horas paros mantenimiento	10.00	20.00	7.00	15.50	12.50
Horas paros externos	5.00	10.00	7.00	3.00	11.33
Horas paros del proceso	38.70	30.08	33.18	38.87	40.50
<b>Total en horas</b>	<b>53.70</b>	<b>60.08</b>	<b>47.18</b>	<b>57.37</b>	<b>64.33</b>
Horas disponible de producción diaria	21.33	21.33	21.33	21.33	21.33
Ciclo estándar por hora	5400	5400	5400	5400	5400
Tiempo disponible en días esperado	13	12	13	15	16
Tiempo disponible horas esperado	278	259	287	315	340
Tiempo real disponible horas	224	199	240	257	275
Toneladas métricas de harina	675	630	698	765	826
Total de unidades de una libra	1,500,000	1,400,000	1,550,000	1,700,000	1,835,000
Total artículos esperados (sacos 50 unidades)	30,000	28,000	31,000	34,000	36,700
Artículos buenos (sacos)	24,201	21,511	25,905	27,804	29,753
Artículos defectuosos (sacos)	40	0	0	0	0
Razón de disponibilidad	96.33%	91.98%	97.50%	95.03%	96.19%
Razón de eficiencia operativa	85.27%	86.88%	87.85%	86.88%	87.18%
Razón de calidad	99.83%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Razón eficiencia del proceso (cumplimiento de requerimientos)	80.67%	76.83%	83.56%	81.78%	81.07%
<b>OEE</b>	<b>66%</b>	<b>61%</b>	<b>72%</b>	<b>68%</b>	<b>68%</b>

Fuente: Departamento de producción.

Los planes de producción se programan con base a los requerimientos, en el cuadro 5, se describe la producción esperada en comparación con la producción real de los meses de agosto del 2008 a marzo del 2009. En la descripción “Total de artículos esperados” se refiere al requerimiento de producción en cantidad de sacos, “Tiempo en días necesario de producción” se refiere a los días necesarios para la producción de los requerimientos, “Total de artículos producidos” se refiere al cumplimiento real del departamento de producción.

Cuadro 5

## Producción esperada en comparación con la producción real

Descripción	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09
Total artículos esperados (sacos 50 unidades)	30,000	28,000	31,000	34,000	36,700	35,108	36,000	34,000
Tiempo en días necesario de producción	13	12	13	15	16	15	16	15
Total de artículos producidos (sacos 50 unidades)	24,201	21,511	25,905	27,804	29,753	31,200	33,000	31,525
Razón de disponibilidad	96%	92%	95%	94%	94%	95%	97%	93%
Tiempo en horas acumulada por fallas de la maquinaria	10.00	20.00	7.00	15.50	12.50	4	15	8
Cantidad en sacos no producida por fallas de la maquinaria	1,080	2,160	756	1,674	1,350	432	1,620	864

Fuente: Elaboración propia

Una de las razones por las que no se cumple con la producción de artículos esperados o requerimientos es por la razón de disponibilidad, que se refiere al porcentaje en que la maquinaria estaría disponible para producción. Analizando el cuadro 5, la producción en cantidad de sacos no producida por fallas de la maquinaria, son los sacos que se pudieron haber producido si la maquinaria no hubiera tenido fallas por mantenimiento correctivo.



#### 4.3.2 Proyección de horas por paros que afectan el proceso de producción utilizando la maquinaria con tecnología actual

Para las proyecciones del flujo de caja del periodo 2010-2014, se debe de tomar en consideración las proyecciones por paros de producción por razones de: paros del proceso, por mantenimiento correctivo y por paros externos, las definiciones de estos paros fueron explicados en el párrafo 2.1.2.

Cuadro 6  
Resumen de paro de horas de producción

Descripción por paros en horas	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09	jun-09	jul-09	ago-09	Total año
Del proceso	39	30	33	39	40	53	26	55	17	30	55	40	38	<b>457</b>
Mantenimiento	10	20	7	16	13	4	15	8	9	2	8	4	1	<b>114</b>
Externos	5	10	7	3	11	7	4	3	8	8	9	4	12	<b>79</b>

Fuente: Departamento de producción

En el cuadro 6, se desarrolla un resumen de datos históricos de información referente a horas por paros de producción por razones de: paros del proceso, paros por mantenimiento correctivo y paros externos, los cuales tuvieron incidencia en el cumplimiento de los planes de producción. Este resumen en horas será determinante para proyectar las horas por paros para el periodo del año 2010-2014 y se tomará de referencia el 5.94% de crecimiento de la tendencia de las ventas del periodo 2010-2014 del cuadro 3, se estimó un crecimiento de paros en horas debido al incremento del uso de: maquinaria de empaque, líneas de producción, energía eléctrica, bunker, aire comprimido, agua y otros que pueden afectar el proceso de producción.

**Cuadro 7**  
Proyección en horas por paros de producción

<b>Descripción por paros en horas</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Del proceso	457	485	513	544	576	610
Mantenimiento	114	121	128	136	144	153
Externos	79	84	89	94	100	106

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 7, se desarrolló la proyección en horas por paros de producción que será utilizado para la proyección de los flujos de caja, el incremento de producción conlleva a un incremento del uso de la maquinaria lo cual puede provocar el aumento de horas por mantenimientos correctivos y paros de proceso.

Con referencia al cuadro 8, se desglosa la proyección de ventas para los años 2010-2014, los días requeridos de producción al año se refiere al total en días aproximados para producir las ventas de todo el año y los días aproximados por mes son la cantidad de días necesarios para producir los requerimientos del mes.

Paros por mantenimiento, se refiere al tiempo en horas por fallas por mantenimiento correctivo que provoca que la maquinaria no esté disponible para la producción.

**Cuadro 8**

Desglose de paro de horas del proceso de la maquinaria con tecnología actual

<b>Máquinas empacadoras con tecnología actual empacando a 30 unidades por minuto, 90 unidades las tres máquinas</b>						
<b>Descripción</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Tendencia de ventas en sacos esperados (unidades)</b>		442,788	471,502	500,216	528,930	557,644
Días requeridos de producción al año		192	205	217	230	242
Días aproximados por mes		16	17	18	19	20
(-) Paros del proceso (horas)		485	513	544	576	610
(-) Paros por mantenimiento (horas)		121	128	136	144	153
(-) Paros externos (horas)		84	89	94	100	106
<b>Total de horas por paros</b>		<b>690</b>	<b>731</b>	<b>774</b>	<b>820</b>	<b>869</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3 Análisis de costos generados por la baja eficiencia de operación de la maquinaria con tecnología actual

En esta sección se desarrolla un análisis de costos generados por la operación de la maquinaria con su tecnológica actual, debido a la baja eficiencia de operación de la maquinaria genera desperdicio de material de empaque, re-empaque de producto y fallas por mantenimiento correctivo que recaen sobre los costos de producción.

#### 4.3.3.1 Desperdicio de material de empaque utilizando la maquinaria con tecnología actual

En los flujos de caja se proyectará un estimado de desperdicio de material de empaque de la maquinaria con tecnología actual para determinar el costo de producción que representa ese rubro. Cada bobina de material del empaque tiene un peso aproximado de 28kg, y rinde para un total de 70 sacos, cada saco contiene 50 unidades empacadas que requiere de un aproximado de 0.40kg de una bobina de 28kg.

Cuadro 9

Eficiencia en el material de empaque de maquinaria actual

Tabla Resumen por mes					
Máquinas	Material de empaque utilizada Kg.	Desperdicio de material de empaque en %	Desperdicio de material de empaque Kg.	Reproceso de producto	Sub-producto
Máquina 1	4,703.00	2.96%	139.3	2.83%	0.071%
Máquina 2	4,256.60	3.78%	160.7	2.12%	0.045%
Máquina 3	3,928.00	3.19%	125.4	1.20%	0.052%

Fuente: Departamento de producción.

En el cuadro 9, se muestra la cantidad de material de empaque utilizada por máquina en un mes de producción con su porcentaje de desperdicio de material

de empaque, el promedio aproximado de desperdicio de material de empaque de las tres máquinas oscila entre los 3.25% por producción.

El departamento de producción estima la cantidad de material de empaque requerido con base a los requerimientos, por ejemplo, en la cuadro 4, el requerimiento del mes agosto fue de 30,000 sacos que requiere un aproximado 12,000kg de material de empaque para empaquetar esa cantidad de producto. Si el promedio de desperdicio de material de empaque es de 3.25%, entonces de los 12,000kg se tendría un total de 390kg de desperdicio que hacen un aproximado de 14 bobinas de material de empaque.

Siguiendo el ejemplo del cuadro 9, la máquina 1 utilizó una cantidad de 4,703kg de material de empaque con un desperdicio de 139.3kg, esto corresponde aproximadamente a 5 bobinas de material de empaque de 28kg cada una. La cantidad de 4,703kg de material de empaque utilizado representa aproximadamente un total de 266,655kg de harina empaquetada. Para el re-empaque de producto el promedio aproximado es de 2.83% de la producción mensual, por ejemplo el 2.83% de los 266,655kg de producto a re-empacar sería de 7,546kg, para este reproceso de empaque se requiere aproximadamente 4 bobinas de material de empaque.

El costo de material de empaque es de Q59.25 el kilo. Continuando con ejemplo del cuadro 9, el desperdicio de material de empaque de la máquina 1 fue de 139.3kg, que equivale a un costo de Q8,253.53 que es destinado a los resultados del costo de producción.

#### **4.3.3.2 Costo de producción de re-empaque de producto**

El re-empaque de producto se refiere a las unidades empaquetadas que no llenan los requisitos de calidad, por ejemplo; unidades mal selladas ó el peso empaquetado en gramos en algunas unidades esta fuera de especificación. Este proceso de re-empaque requiere la utilización de recursos como: material de empaque, uso de

la maquinaria de empaque y de mano de obra directa. El promedio de re-empaque de producto es de un 2.05% de total empacado.

El costo de re-empacar 50 unidades de producto en presentación de una libra es de Q24.0245. Analizando el ejemplo del numeral 4.3.3.1, en el cual se requieren re-empacar 7,546kg de producto que equivale a 333 sacos de 50 unidades, representan un costo aproximado de Q8,000.00 que es destinado a los resultados del costo de producción debido a este reproceso.

#### **4.3.3.3 Costo de mantenimiento de maquinaria actual**

El costo de mantenimiento se refiere al mantenimiento correctivo o preventivo realizado en la maquinaria de empaque. Para el mantenimiento correctivo los costos implícitos son: reparación de tarjetas electrónicas o el cambio de estas por nuevas si no tienen reparación, cambio de elementos eléctricos como: relés, elementos relé de tiempo programable (timer), tarjeta de control de temperatura, resistencias eléctricas y termocoplas, también toma en consideración el cambio de elementos mecánicos que sufren desperfectos.

Para el mantenimiento preventivo es necesario revisar los dispositivos mecánicos que están sometidos a desgaste por movimiento, los dispositivos son: chumaceras, cojinetes, cilindros neumáticos, cadenas, fajas, sprockets, bushings.

El costo más representativo de mantenimiento de la maquinaria es sobre la reparación de tarjetas electrónicas o compra de tarjetas nuevas, cada máquina utiliza 6 tarjetas electrónicas, el costo promedio de reparación de las tarjetas es de \$1,200.00, y el costo promedio de una tarjeta nueva es de \$3,800.00.

Cuadro 10  
Costo de mantenimiento de maquinaria actual

<b>Costos de mantenimiento</b>				
<b>Año</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>
<b>Costo anual</b>	<b>Q180,000.00</b>	<b>Q80,000.00</b>	<b>Q35,000.00</b>	<b>Q19,550.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Los costos de mantenimiento tienen variaciones relativamente altas, con referencia al año 2005, fue en parte a un problema por variación de voltaje que dañó algunas tarjetas de las máquinas lo que provocó utilizar los repuestos de almacén y enviar a reparación las tarjetas, algunas de las cuales no pudieron ser reparadas, ver cuadro 10.

Para el año 2006, se compraron tarjetas nuevas para sustituir las tarjetas que no tuvieron reparación. La complejidad de estas tarjetas se debe a que solo pueden ser reparadas por el fabricante y son de manufactura propia.

Para el año 2008, el mantenimiento fue preventivo y no se tuvo ningún problema en referencia a tarjetas electrónicas, solo con algunos elementos eléctricos de menor relevancia.

Para la proyección del costo en los flujos de caja de los años 2010-2012 se tomará como punto de referencia los costos realizados en el año 2008, que se refiere al mantenimiento preventivo y al cambio de elementos eléctricos como relés, timer, resistencias, y para los siguientes años 2013-2014 se analiza el posible cambio de dos tarjetas electrónicas por máquina siempre tomando en consideración para estos años los costos por mantenimiento preventivo, ver cuadro 11.

Cuadro 11

## Costo de mantenimiento proyectado de maquinaria actual

Costos de mantenimiento proyectado					
Año	2010	2011	2012	2013	2014
Costo anual	Q19,550.00	Q19,550.00	Q19,550.00	Q90,000.00	Q90,000.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4 Proyección del flujo de caja neto utilizando la maquinaria con tecnología actual

En el presente numeral tendrá la finalidad de desarrollar las proyecciones de los requerimientos de producción utilizando la maquinaria con tecnología actual. El flujo de caja es la clave en los estudios de los costos y la rentabilidad. El análisis de los flujos de cajas es útil para el entendimiento de los movimientos del dinero y el momento en que se realizan, no sólo para la compañía completa sino también para las líneas parciales de producción.

En la presente sección se proyectará el flujo de caja para los años 2010-2014 utilizando la maquinaria de empaque con la tecnología actual, para la proyección de los flujos de caja serán determinados con base a la tendencia de ventas desarrolladas en el numeral 4.2, ver cuadro 3. Será determinante tomar en cuenta en la proyección de los flujos los paros de producción en horas por razones de: paros de proceso, de mantenimiento y externos.

Cuadro 12

Proyección en ventas utilizando la maquinaria de empaque con su tecnología eléctrica actual.

<b>Máquinas empacadoras empacando a 30 unidades por minuto, 90 unidades las tres máquinas</b>						
<b>Descripción</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Tendencia de ventas en sacos (unidades)</b>		<b>442,788</b>	<b>471,502</b>	<b>500,216</b>	<b>528,930</b>	<b>557,644</b>
Total horas mantenimiento		121	128	136	144	153
Total de horas por paros		690	731	774	820	869
(-) Total de sacos no producidos		74,495	78,920	83,608	88,575	93,836
Total de sacos proyectados reales (Unidades)		368,293	392,582	416,608	440,355	463,808
<b>(+) Ingresos por ventas</b>		<b>Q112,329,262</b>	<b>Q128,119,018</b>	<b>Q135,959,946</b>	<b>Q143,709,999</b>	<b>Q151,363,778</b>
Ventas de activos						
(-) Costo variable unitario		Q62,746,021	Q71,566,024	Q75,945,889	Q80,274,992	Q84,550,318
(-) Costos variable mantenimiento		Q19,550	Q19,550	Q19,550	Q90,000	Q90,000
(-) Costo de re-empaque de producto		Q181,385	Q206,882	Q219,543	Q232,057	Q244,416
(-) Desperdicio de material de empaque		Q283,677	Q323,553	Q343,355	Q362,927	Q382,256
<b>=Utilidad de bruta</b>		<b>Q49,098,629</b>	<b>Q56,003,010</b>	<b>Q59,431,610</b>	<b>Q62,750,023</b>	<b>Q66,096,788</b>
(-) Gastos fijos administrativos		Q2,246,585	Q2,741,747	Q2,909,543	Q3,075,394	Q3,239,185
(-) Gastos de distribución 21% de las ventas		Q23,589,145	Q28,788,343	Q30,550,200	Q32,291,637	Q34,011,441
<b>= Utilidad antes de impuestos e intereses</b>		<b>Q23,262,899</b>	<b>Q24,472,920</b>	<b>Q25,971,867</b>	<b>Q27,382,992</b>	<b>Q28,846,163</b>
(-) Depreciaciones						
(-) Intereses						
<b>= Utilidad antes de impuestos</b>		<b>Q23,262,899</b>	<b>Q24,472,920</b>	<b>Q25,971,867</b>	<b>Q27,382,992</b>	<b>Q28,846,163</b>
(-) Impuestos ISR 31%		Q7,211,499	Q7,586,605	Q8,051,279	Q8,488,728	Q8,942,310
<b>= UTILIDAD NETA</b>		<b>Q16,051,400</b>	<b>Q16,886,315</b>	<b>Q17,920,588</b>	<b>Q18,894,265</b>	<b>Q19,903,852</b>
(+) Depreciaciones						
(-) Inversiones en activos						
(+) Prestamos						
(-) Amortizaciones						
<b>FLUJOS NETOS</b>		<b>Q16,051,400</b>	<b>Q16,886,315</b>	<b>Q17,920,588</b>	<b>Q18,894,265</b>	<b>Q19,903,852</b>



Analizando el cuadro 12, en la columna con el nombre “descripción” aparece la “tendencia de ventas en sacos” que son los requerimientos al año, a esta tendencia se le deben de descontar el total de sacos no producidos por concepto de: paros de proceso, paros de mantenimiento no programados y paros externos, este total de horas por paros se multiplica por la cantidad de sacos que se producen por hora utilizando las tres máquinas para obtener los sacos que no se produjeron por estos paros y restarlo con las ventas proyectadas esperadas, esto se hace con el objeto de obtener los sacos proyectados reales o la producción real.

Lo que corresponde al precio de venta, costo variable unitario, gastos administrativos y gastos de distribución se incrementó anualmente en un valor aproximado de 7%, tomando de referencia la inflación.

Al ingreso por ventas se le descuentan los costos variables de mantenimiento, costos de re-empaque de producto y costo por desperdicio de material de empaque. Los flujos netos se obtienen después de cubrir los gastos: administrativos, de distribución y pago de impuestos.

Para el año 2009 no se tiene prevista inversión en activos fijos, la proyección en ventas se realizó con la maquinaria de empaque con su tecnología actual. Este flujo de efectivo proyectado será utilizado para compararlo con los flujos de efectivos en ambos proyectos de inversión incremental de actualización tecnológica y compra de maquinaria nueva.

#### **4.4 Análisis del proceso de actualización tecnológica**

En el presente numeral tendrá la finalidad de analizar la eficiencia de operación de la maquinaria de empaque con la sustitución de su tecnología actual por la actualización tecnológica para incrementar su velocidad de diseño original y mejorar su operación.

##### **4.4.1 Análisis incremental de la máquina empacadora con actualización tecnológica**

La eficiencia de operación de la maquinaria empacadora con tecnología actual es de 30 bolsas por minuto, y su diseño de operación nominal fue de 35 bolsas por minuto, o sea que su razón de eficiencia actual de operación es del 85.71%.

La máxima velocidad a la cual se puede empacar la presentación de harina en una libra es de aproximadamente 45 unidades por minuto, esto es basado al tipo de material de empaque metalizado laminado el cual requiere un tiempo específico para el sellado por temperatura, si se incrementa la velocidad por arriba de 45 unidades por minuto, el material de empaque no sella correctamente afectando su calidad de sellado.

La nueva tecnología que será instalada en la maquinaria empacadora tendrá el objetivo de incrementar la capacidad de empaque de la maquinaria en 45 unidades por minuto, que equivale incrementar su velocidad un 50% y disminuir en un 80% los tiempos por fallas por mantenimiento correctivo que provocaba la tecnología anterior, esto para el primer año de funcionamiento, y para los siguientes años se pretende mantener reducido en un 60% debido a la depreciación la tecnología.

Con la actualización tecnológica la maquinaria logrará incrementar la capacidad real de empaque de 30 unidades por minuto a 45 y empacar 8,100 unidades por hora utilizando las tres máquinas, 2,700 unidades más por hora de las 5,400 que

se empacaban anteriormente con tecnología actual. Analizando el cuadro 13, en la descripción con el nombre “razón de disponibilidad” se refiere al tiempo en horas que la maquinaria esta disponible para su operación, una razón de disponibilidad del 100% significa que la maquinaria no tuvo ninguna falla en su operación durante la producción.

Los tiempos por fallas por mantenimiento correctivo provocados por la tecnología actual de la maquinaria se pretenden reducir en un 80% con la actualización tecnológica. En el cuadro 4, para el mes de septiembre las fallas de la maquinaria con tecnología actual fueron de 18 horas, este tiempo por fallas se pretende reducir en un 80%, esto significaría reducir las 18 horas por fallas en aproximadamente 3.6 horas, ver cuadro 13, mes de septiembre 2008. Para el segundo al quinto año de operación de la maquinaria con la actualización tecnológica se pretende mantener el mantenimiento correctivo reducido en un 60 a 70% tomando en consideración la depreciación del equipo debido a su uso.

En el cuadro 4, en la columna descripción que le corresponde el nombre “tiempo disponible en días esperado”, muestra que se requerían anteriormente 13 días hábiles para empacar los 30,000 sacos del mes de agosto 2008, con la actualización tecnológica se requerirán ahora 9 días hábiles para empacar los mismos 30,000 sacos, ver cuadro 13, con esta optimización de tiempo de producción se reflejaría en ahorro en costos para el departamento de producción por mano de obra, por servicios de agua, electricidad, consumo de suministro de aire, consumo de gas, bunker y otros. Con la optimización de tiempos de producción se planifica el desarrollo de otros requerimientos de producción.

Cuadro 13

Reporte de rendimiento de producción proyectada con actualización tecnológica  
de maquinaria actual

<b>REPORTE DE RENDIMIENTO Y OEE PROYECTADOS CON INVERSION EN MAQUINARIA ACTUAL</b>					
<b>Capacidad de empaque proyectado 135 unidades por minuto por las tres máquinas</b>					
<b>Descripción</b>					
<b>Del Proceso</b>	<b>ago-08</b>	<b>sep-08</b>	<b>oct-08</b>	<b>nov-08</b>	<b>dic-08</b>
Total en horas	30.46	24.96	27.88	30.65	31.87
<b>Mantenimiento</b>					
Falla eléctrica	1.40	3.60	1.20	1.60	1.40
Falla mecánica	0.60	0.00	0.40	3.00	2.20
Falla hidráulica					
Falla neumática		0.80			
<b>Total en horas</b>	<b>2.00</b>	<b>4.40</b>	<b>1.60</b>	<b>4.60</b>	<b>3.60</b>
<b>Servicios</b>					
Falta de aire	1.50				
Falta de agua					6.00
Falta de gas, fuente interna					
Falta de vapor, fuente interna					
Falta de electricidad, fuente interna					
Total en horas	1.50	0.00	0.00	0.00	6.00
<b>Externos</b>					
Falta de electricidad, fuente externa		8.00			8.33
Falta de gas, fuente externa					
Falta de bunker, externa					1.50
Fallas en las líneas de producción	5.00	2.00	7.00	3.00	1.50
Falta de espacio en bodega					
<b>Total en horas</b>	<b>5.00</b>	<b>10.00</b>	<b>7.00</b>	<b>3.00</b>	<b>11.33</b>
Total horas perdidas					
Horas paros disponibles	2.00	4.40	1.60	4.60	3.60
Horas paros externos	5.00	10.00	7.00	3.00	11.33
Horas paros del proceso	30.46	24.96	27.88	30.65	31.87
<b>Total en horas</b>	<b>37.46</b>	<b>39.36</b>	<b>36.48</b>	<b>38.25</b>	<b>46.80</b>
Horas disponible de producción diaria	21.33	21.33	21.33	21.33	21.33
Ciclo estándar por hora	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100
Tiempo disponible en días esperado	9	8	9	10	11
Tiempo disponible horas esperado	185	173	191	210	227
Tiempo real disponible horas	148	133	155	172	180
Toneladas métricas de harina	675	630	698	765	826
Total de unidades de una libra	1,500,000	1,400,000	1,550,000	1,700,000	1,835,000
Total artículos esperados (sacos 50 unidades)	30,000	28,000	31,000	34,000	36,700
Artículos buenos sacos	23,932	21,623	25,090	27,803	29,118
Artículos defectuosos sacos	40	0	0	0	0
Razón de disponibilidad	98.89%	97.30%	99.13%	97.78%	98.33%
Razón de eficiencia operativa	82.91%	84.25%	84.74%	84.85%	84.94%
Razón de calidad	99.83%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Razón eficiencia del proceso (cumplimiento de requerimientos)	79.77%	77.23%	80.93%	81.77%	79.34%
<b>OEE</b>	<b>65%</b>	<b>60%</b>	<b>67%</b>	<b>67%</b>	<b>65%</b>

Fuente: Departamento de producción.

En el cuadro 14, se presenta una situación de análisis incremental de producción con la maquinaria de empaque utilizando actualización tecnológica, esta información será relevante para el análisis de proyección de ventas del periodo 2010-2014.

Cuadro 14

Análisis incremental de producción con actualización tecnológica en la maquinaria de empaque.

<b>Descripción</b>	<b>ago-08</b>	<b>sep-08</b>	<b>oct-08</b>	<b>nov-08</b>	<b>dic-08</b>	<b>ene-09</b>	<b>feb-09</b>	<b>mar-09</b>
Total artículos esperados (sacos 50 unidades)	30,000	28,000	31,000	34,000	36,700	35,108	36,000	34,000
Tiempo en días necesario de producción	9	8	9	10	11	11	10	10
Total de artículos producidos (sacos 50 unidades)	23,932	21,040	24,895	27,544	28,891	32,599	34,109	32,300
Razón de disponibilidad	99.54%	98.39%	99.65%	99.62%	99.57%	99.63%	99.68%	99.45%
Tiempo en horas acumulada por fallas de la maquinaria	2.00	8.00	2.80	6.20	5.00	2.24	1.28	3.04
Cantidad en sacos no producida por fallas de la maquinaria	324	1,296	454	1,004	810	363	207	492

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro 14, en el mes de agosto del 2008, de la descripción “tiempo en días necesarios de producción” la maquinaria con nueva tecnología empacará en 9 días los requerimientos que anteriormente empacaba en 13 días utilizando la maquinaria con tecnología actual, ver cuadro 5, se obtiene una optimización de cuatro días de producción con el proceso de actualización. Del cuadro 5, en el mes de agosto del 2008, de la descripción “Cantidad en sacos no producida por fallas de la maquinaria, no se completó una cantidad de 1,080 sacos por fallas en la maquinaria de empaque. Con el proceso de actualización tecnológica no se completarían 324 sacos, esta reducción en cantidad de sacos no producidos se logrará con el 80% de reducción de los mantenimientos correctivos que provocaba la tecnología anterior, ver cuadro 14, mes de agosto del 2008.

#### 4.4.2 Proyección de horas por paros que afectan el proceso de producción utilizando maquinaria con actualización tecnológica

El total de horas por paros de producción por concepto de paros del proceso y paros por mantenimiento correctivo se analizará en forma diferente a como se analizó con la maquinaria con su tecnología actual. Con el proceso de actualización tecnológica el concepto de paros por mantenimiento correctivo se pretenden disminuir en un 80% para el primer año 2010 de operación, para los periodos siguientes se pretende mantener un 60% por la depreciación de la tecnología conforme su uso.

Cuadro 15

Desglose de paro de horas del proceso con actualización tecnológica.

<b>Máquinas empacadoras con actualización tecnológica empacando a 45 unidades por minuto, 135 unidades las tres máquinas</b>						
<b>Descripción</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ventas proyectadas en sacos esperados (unidades)</b>		<b>442,788</b>	<b>471,502</b>	<b>500,216</b>	<b>528,930</b>	<b>557,644</b>
Días requeridos de producción al año		128	136	145	153	161
Días aproximados por mes		11	11	12	13	13
Ahorro en días de producción con nueva tecnología		64	68	72	77	81
(-) Paros del proceso (horas)		323	342	363	384	407
(-) Paros por mantenimiento (horas)		24	51	54	58	61
(-) Paros externos (horas)		76	81	85	91	96
<b>Total de horas por paros</b>		<b>423</b>	<b>474</b>	<b>502</b>	<b>532</b>	<b>564</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con referencia del cuadro 8, utilizando la maquinaria con tecnología actual se requieren 192 días para producir los 442,788 sacos del periodo 2010. Con el proceso de actualización tecnológica se requieren 128 días para producir los 442,788 sacos del periodo 2010, ver cuadro 15, hay una optimización de tiempos de producción de 64 días que sería reflejado en costos de producción por mano de obra, energía eléctrica, consumo de bunker en calderas y otros servicios, estos 128 días se dividen entre los 12 meses del año para obtener los "días

aproximados por mes” que serian necesarios para cubrir los requerimientos de producción mensuales.

Las horas por paros del proceso aumentan conforme se incrementa la producción debido a que hay un incremento en el uso de la maquinaria de empaque así como las líneas de producción, con la nueva tecnología eléctrica se pretende cubrir la demanda de producción en un periodo de tiempo menor, como se explicó en el párrafo anterior hay una reducción de 64 días, con este resultado se optimizan los tiempos de producción.

#### **4.4.3 Ahorro en costos con la utilización de la maquinaria con actualización tecnológica**

Con el incremento de la capacidad de empaque utilizando la maquinaria con actualización tecnológica se optimizaran los tiempos de producción para responder a los requerimientos.

En el cuadro 16, se muestra el ahorro por día de producción que tiene un valor aproximado de Q3,800.00, que representan los costos variables de producir y empacar 50 libras de harina. El ahorro en costos va a estar reflejado en el consumo de energía eléctrica debido a que se optimizaran los tiempos de producción, también hay una reducción en mano de obra por horas extras, mantenimiento de maquinaria, consumo de bunker para las calderas por concepto vapor, gas y otros.

Cuadro 16

Ahorro en costos por día de producción

<b>Ahorro en costos por día</b>	
Energía eléctrica	
Vapor	
Gas	
Mano de obra directa	
Mantenimiento de líneas	
<b>Total aproximado</b>	<b>Q3,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3.1 Desperdicio de material de empaque utilizando maquinaria con actualización tecnológica

En los flujos de caja se proyectará un estimado de desperdicio de material de empaque de la maquinaria actual con inversión en nueva tecnología, la proyección será necesaria para determinar la cantidad de material de empaque que desperdician las máquinas empacadoras que representa un costo para el departamento de producción.

Cuadro 17

Eficiencia en el material de empaque de maquinaria con inversión

<b>Tabla Resumen por mes</b>					
<b>Máquinas</b>	<b>Material de empaque utilizada Kg.</b>	<b>Desperdicio de material de empaque en %</b>	<b>Desperdicio de material de empaque Kg.</b>	<b>Reproceso de producto</b>	<b>Sub-producto</b>
Máquina 1	4,703.00	1.5%	70.5	1.3%	0.071%
Máquina 2	4,256.60	1.5%	63.8	1.3%	0.045%
Máquina 3	3,928.00	1.5%	58.92	1.3%	0.052%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 17, se muestra la cantidad de material de empaque utilizado por máquina con su porcentaje de desperdicio, el promedio aproximado de desperdicio de material de empaque de las tres máquinas oscilará entre el 1.5% del



consumo total de material de empaque, la reducción de desperdicio se obtendrá con la operación eficiente de la maquinaria utilizando la nueva tecnología.

#### **4.4.3.2 Costo de producción de re-empaque de producto**

El re-empaque de producto que se refiere a las unidades empacadas que no llenan los requisitos de calidad, es el reproceso que requiere la utilización de recursos como: material de empaque, uso de la maquinaria de empaque, uso de mano de obra directa. El promedio aproximado de re-empaque de producto es de 1.3% del total en kilos de harina empacada. El costo de re-empacar 50 unidades de producto en presentación de una libra es de Q24.0245.

#### **4.4.3.3 Costo de mantenimiento de maquinaria con actualización tecnológica**

El costo de mantenimiento se refiere al mantenimiento correctivo o preventivo realizado en la maquinaria de empaque.

En el mantenimiento preventivo se chequean los dispositivos mecánicos que están sometidos a desgaste por movimientos que requieren lubricación programada para disminuir el posible daño, los dispositivos son: chumaceras, cojinetes, cilindros neumáticos, cadenas, fajas, sprockets, bushings. Cuando uno de estos dispositivos se daña o está desgastado es necesario cambiarlo por uno nuevo.

En el costo de mantenimiento preventivo que se realiza de forma semestral, se incluyen todos los componentes que están sometidos a desgaste físico por movimientos. El costo promedio semestral de las tres máquinas es de Q5,500.00, que incluye costo de lubricantes y cambio de elementos dañados que hacen un total anual aproximado de Q11,000.00. Para el primer año de operación se toma en consideración que todos los componentes son nuevos, por tal motivo no se planifica un mantenimiento preventivo. Para el segundo año de operación se

planifica los dos mantenimientos preventivos para analizar los componentes sujetos a desgaste.

El costo de mantenimiento correctivo con la tecnología moderna se reduce al cambio por posible falla de elementos como; cambio de relés de estado sólido, resistencias, termocoplas que puede tener un costo anual de las tres máquinas en Q3,000.00. El total del costo de mantenimiento anual sería de Q14,000.00 más un incremento del 7% de inflación por variación de precios de los elementos, ver cuadro 18.

Cuadro 18

Costo de mantenimiento de maquinaria con actualización tecnológica

Costos de mantenimiento proyectado					
Año	2010	2011	2012	2013	2014
Costo anual	Q3,000.00	Q14,980.00	Q16,028.00	Q17,150.00	Q18,351.00

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.4 Inversión en compra de los dispositivos para la actualización tecnológica**

El presente numeral tiene por objetivo determinar la composición óptima de los recursos a invertir en la actualización tecnológica, para este proceso de inversión se toma en cuenta el recurso humano competente necesario para el diseño, montaje e instalación de la nueva tecnología.

##### **4.4.4.1 Inversión en actualización tecnología de la maquinaria actual**

En este apartado se determinarán cuales son los dispositivos eléctricos modernos necesarios para actualizar la tecnología de la maquinaria y de esta manera incrementar la capacidad real de empaque de 30 unidades a 45 unidades por minuto, se elaborará un listado con el balance de equipos indicando la descripción de cada dispositivo eléctrico, su cantidad, costo unitario y el costo total de los mismos.

#### **4.4.4.2 Balance de equipos de actualización tecnológica**

En este apartado se desarrolla el balance de equipos que determina la inversión de compra de todos los dispositivos eléctricos necesarios para llevar a cabo el proceso de actualización tecnológica.

Estos dispositivos eléctricos son cotizados por empresas proveedoras de tecnología que representan a nivel centroamericano las diferentes marcas que distribuyen y que pueden ser utilizadas para la actualización tecnológica de la maquinaria de empaque, se selecciona la cotización no solo por precio, si no por calidad y disponibilidad, con base a la cotización se desglosan los dispositivos que son necesarios para el desarrollo del proceso de inversión de actualización tecnológica, se detallan las cantidades y precio unitario de los dispositivos, ver cuadro 19.

**Cuadro 19**  
**Equipo necesario para la actualización tecnológica.**

<b>BALANCE DE EQUIPOS</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad por máquina</b>	<b>Cantidad por 3 máquinas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>	<b>Vida útil años</b>	<b>Depreciación</b>
PLC Marca Mitsubishi modelo FX3U	1	3	Q13,500.00	Q40,500.00	5	Q8,100.00
Pantalla Táctil marca Mitsubishi	1	3	Q5,500.00	Q16,500.00	5	Q3,300.00
Encoder de 360 pulsos por revolución	1	3	Q4,500.00	Q13,500.00	5	Q2,700.00
Control de temperatura marca Omron	3	9	Q1,800.00	Q16,200.00	5	Q3,240.00
Relé de estado sólido	10	30	Q250.00	Q7,500.00	5	Q1,500.00
Fotocelda para material de empaque IDEC	1	3	Q4,800.00	Q14,400.00	5	Q2,880.00
Motor Servo de 500w marca Mitsubishi	1	3	Q19,500.00	Q58,500.00	5	Q11,700.00
Amplificador servo de 500w marca Mitsubishi	1	3	Q18,900.00	Q56,700.00	5	Q11,340.00
Motor Servo de 300w marca Mitsubishi	3	9	Q16,000.00	Q144,000.00	5	Q28,800.00
Amplificador servo de 300w marca Mitsubishi	3	9	Q14,500.00	Q130,500.00	5	Q26,100.00
Moto reductor trifásico 2hp 440Vac	1	3	Q6,500.00	Q19,500.00	5	Q3,900.00
Variador de frecuencia de 2.5hp 440Vac	1	3	Q3,500.00	Q10,500.00	5	Q2,100.00
Fuente regulada de voltaje en 24Vdc	1	3	Q4,800.00	Q14,400.00	5	Q2,880.00
Cable eléctrico calibre No. 14 THHN	40 metros	120 metros	Q500.00	Q500.00		
Cable eléctrico con blindaje No. 14	30 metros	90 metros	Q1,800.00	Q1,800.00		
Terminales eléctricas para cable	2 cajas de 50 unidades	6 Cajas de 50 unidades	Q50.00	Q300.00		
Canaleta eléctrica	2	6	Q120.00	Q720.00		
Códigos para identificación de cables	3 talonarios	9 talonarios	Q75.00	Q675.00		
Sensor de proximidad	1	3	Q250.00	Q750.00		
Software del PLC a utilizar en una PC	1	1	Q4,500.00	Q4,500.00		
Mecanismo para acoplar motores servo	4	12	Q10,250.00	Q123,000.00	5	Q24,600.00
<b>Total</b>			<b>Q131,595.00</b>	<b>Q674,945.00</b>		<b>Q133,140.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.4.3 Recurso humano para el montaje e instalación**

En este apartado se determina el recurso humano necesario para el montaje e instalación del equipo con el objeto de definir el perfil de quienes deben de ocupar cada uno de los cargos identificados, y calcular la cuantía de las remuneraciones asociadas con cada puesto de trabajo.

La importancia de las remuneraciones en la estructura de costos de cada uno los individuos involucrados en la realización del plan, es porque va implícito en la inversión total del proceso.

El recurso humano necesario para el diseño, montaje e instalación es el siguiente:

- Un ingeniero electricista o técnico con conocimiento en el ramo, se encargara de evaluar que tipo de tecnología eléctrica moderna será la necesaria para colocar en la maquinaria, tendrá el contacto con los proveedores de los diferentes equipos y cotizaciones de equipos. Tendrá a cargo la planificación de todo el proyecto.
- Dos electricistas que serán los encargados de desmontar el equipo eléctrico actual y colocar la nueva tecnología, siempre bajo instrucciones del ingeniero o técnico encargado.
- Dos mecánicos industriales, serán los encargados montar las piezas necesarias como los motores Servo y el Moto reductor, bajo las instrucciones del ingeniero o técnico encargado.
- Un dibujante encargado del dibujo de los nuevos planos eléctricos.

## Cuadro 20

Recurso humano necesario para el montaje e instalación.

RECURSO HUMANO PARA EL MONTAJE E INSTALACIÓN								
Personal involucrado	Sueldo mensual	Diario	Costo de la hora extra lunes a viernes diurna	Costo de la hora extra fin de semana sábado diurna	Honorarios por semana de 11 horas extras de lunes a viernes	Honorarios por 11 horas extras del día sábado	Cantidad de semanas del proyecto	Total
Eléctrico 1	Q3,000.00	Q100.00	Q18.75	Q25.00	Q206.25	Q275.00	8	Q9,850.00
Eléctrico 2	Q3,000.00	Q100.00	Q18.75	Q25.00	Q206.25	Q275.00	8	Q9,850.00
Mecánico 1	Q3,000.00	Q100.00	Q18.75	Q25.00	Q206.25	Q275.00	8	Q9,850.00
Mecánico 2	Q3,000.00	Q100.00	Q18.75	Q25.00	Q206.25	Q275.00	8	Q9,850.00
Ing. Electricista o técnico	Q14,000.00							Q28,000.00
Dibujante	Encargado del dibujo del nuevo plano							Q800.00
<b>Montaje e instalación</b>								<b>Q68,200.00</b>

Fuente: Elaboración propia

El horario de trabajo de la empresa es de lunes a viernes de 6:00a.m. a 18:00 p.m. con el pago de honorarios por dos horas extras de los días lunes a jueves y tres horas extras el día viernes, y el horario de trabajo del día sábado y domingo es de 6:00a.m. a 18:00 p.m. con el pago de honorarios de 11 horas extras, ver cuadro 20.

Para el cálculo del pago de horas extras simples de lunes a viernes se toma el sueldo mensual de Q3,000.00 y se divide entre el número de días del mes, o sea 30, para obtener un sueldo diario de Q100.00. Para el cálculo del costo de la hora extra simple de lunes-viernes se divide el sueldo diario Q100.00 entre de 8 y se multiplica por 1.5 para obtener Q18.75. Para el cálculo de la hora extra del fin de semana sábado-domingo se divide el sueldo diario Q100.00 entre 8 y se multiplica por 2 para obtener Q25.00.

Para el desarrollo del proceso de actualización tecnológica de las tres máquinas se requerirán 60 días, cuatro semanas de lunes a viernes y ocho sábados.

#### 4.4.4.4 Inversión total de actualización de tecnológica

La inversión total toma en consideración la compra de la tecnología nueva y la mano de obra necesaria para a llevar a cabo el plan con un costo total de Q743,145.00, ver cuadro 21.

Cuadro 21  
Inversión total del proyecto de actualización tecnológica.

<b>INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo</b>
Balance de equipos	Q674,945.00
Montaje e instalación	Q68,200.00
<b>Total</b>	<b>Q743,145.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.4.4.1 Depreciación de: maquinaria, montaje e instalación<sup>4</sup>**

El valor sobre el cual se calcula la depreciación es el de costo de adquisición. El valor de costo incluye los gastos incurridos con motivo de la compra, instalación y montaje de los bienes y otros similares, hasta ponerlos en condición de ser usado, para determinar la depreciación sobre activos estos se toman por su costo de adquisición, artículo 17 ley impuesto sobre la renta<sup>4</sup>. En general, el cálculo de la depreciación se hará usando el método de línea recta, que consiste en aplicar sobre el valor de adquisición o producción del bien a depreciar, el porcentaje fijo y constante que corresponda, artículo 18 ley impuesto sobre la renta<sup>4</sup>.

Se fijan los siguientes porcentajes anuales máximos de depreciación a los rubros siguientes:

Maquinaria, vehículos en general, grúas, aviones, remolques, semirremolques, contenedores y material rodante, de todo tipo, excluyendo el ferroviario. Así mismo los semovientes utilizados como animales de carga o de trabajo y montaje e instalación de maquinaria o equipo, se aplica el 20%, artículo 19 ley impuesto sobre la renta<sup>4</sup>. Para el proceso de actualización tecnológica se aplicará el 20% de depreciación a la maquinaria, montaje e instalación para los cinco años de evaluación.

Para el caso de la actualización tecnología la depreciación será de Q133,140.00 cada año por cinco años, para el caso del montaje e instalación será de Q13,640.00 cada año por cinco años. Entonces la depreciación total por año durante cinco años de la actualización tecnológica, montaje e instalación será de Q146,780.00.

<sup>4</sup> (En Red) Disponible en: [http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Registro/LeyISR.html#\\_Toc156634056](http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Registro/LeyISR.html#_Toc156634056)



#### **4.4.5 Proyección en ventas con base a la actualización tecnológica de la maquinaria**

En el presente numeral tendrá la finalidad de desarrollar las proyecciones de los requerimientos de producción utilizando la maquinaria con actualización tecnológica. El flujo de caja es la clave del estudio de costos y rentabilidad. El análisis de los flujos de cajas es útil para el entendimiento de los movimientos del dinero y el momento en que se realizan, no sólo para la compañía completa sino también para las líneas parciales de producción.

Se proyecta el flujo de caja de ventas para el periodo 2010-2014 utilizando como base la tendencia de crecimiento desarrollada en el cuadro 3, en esta proyección se tomará en cuenta el total de horas por paros de producción por: proceso, mantenimiento y externos que tendrá incidencia en los cumplimientos de producción, ver cuadro 22.

Para el año 2009, se realiza la inversión utilizando fondos propios destinados por la empresa para la actualización tecnológica de la maquinaria con un monto de Q742,645.00, a esta tecnología se le aplica depreciación lineal por cinco años por políticas de la empresa, y en el flujo de caja se coloca antes de impuestos y luego se suma de nuevo después de la utilidad neta, esto debido a que la depreciación no es una salida efectivo. A las inversiones de reposición se refiere a la compra de repuestos tecnológicos por posible daño de equipo y que serán sustituidas por nuevos dispositivos.

En la columna del flujo de caja proyectado que tiene el nombre específico “descripción”, aparece la palabra: Ahorro, que se refiere al beneficio que se obtiene por optimizar los tiempos de producción con el incremento de la velocidad nominal de empaque de la maquinaria. En lo referente a costo variable unitario se refiere a producir y empaquetar cincuenta unidades de producto empaquetado en saco. Por costos variables se tienen tres descripciones por: mantenimiento que incluye

el preventivo y correctivo, por re-empaque de producto y por desperdicio de material de empaque, con el proceso de actualización tecnológica se obtiene una reducción de estos costos variables y pueden ser comparados con los costos variables que se tenían anteriormente utilizando la maquinaria con tecnológica actual, ver cuadro 12. El resultado de los flujos netos de caja del periodo 2010-2014, se analizaran en el siguiente capítulo para determinar la rentabilidad de la inversión.

Cuadro 22

Proyección en ventas utilizando la maquinaria de empaque con su actualización tecnológica.

<b>Máquinas empacadoras empacando a 45 unidades por minuto, 135 unidades las tres máquinas</b>						
<b>Descripción</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ventas proyectadas en sacos esperados (unidades)</b>		<b>442,788</b>	<b>471,502</b>	<b>500,216</b>	<b>528,930</b>	<b>557,644</b>
Total horas mantenimiento		24	51	54	58	61
Total de horas por paros		426	477	506	536	568
(-) Total de sacos no producidos		69,076	77,335	81,929	86,796	91,951
Total de sacos proyectados reales (Unidades)		373,712	394,167	418,287	442,134	465,693
<b>(+) Ingresos por ventas</b>		<b>Q113,982,205</b>	<b>Q128,636,303</b>	<b>Q136,507,957</b>	<b>Q144,290,562</b>	<b>Q151,978,826</b>
Ventas de activos						
Ahorro		Q243,469	Q277,405	Q294,299	Q311,193	Q328,087
<b>(-) Costo variable unitario</b>		<b>Q63,669,339</b>	<b>Q71,854,973</b>	<b>Q76,252,002</b>	<b>Q80,599,288</b>	<b>Q84,893,878</b>
(-) Costos variable mantenimiento		Q3,000	Q14,980	Q16,028	Q17,150	Q18,351
(-) Costo de re-empaque de producto		Q116,717	Q131,723	Q139,783	Q147,753	Q155,626
(-)Costo desperdicio de material de empaque		Q132,855	Q149,935	Q159,110	Q168,181	Q177,143
<b>.=Utilidad de bruta</b>		<b>Q50,303,763</b>	<b>Q56,762,097</b>	<b>Q60,235,333</b>	<b>Q63,669,382</b>	<b>Q67,061,916</b>
(-) Gastos fijos administrativos		Q2,279,644	Q2,752,817	Q2,921,270	Q3,087,818	Q3,252,347
(-) Gastos de distribución 21% de las ventas		Q23,936,263	Q28,904,577	Q30,673,338	Q32,422,089	Q34,149,642
<b>.= Utilidad antes de impuestos e intereses</b>		<b>Q24,087,856</b>	<b>Q25,104,703</b>	<b>Q26,640,724</b>	<b>Q28,159,475</b>	<b>Q29,659,927</b>
(-) Depreciaciones		Q146,780.00	Q146,780.00	Q146,780.00	Q146,780.00	Q146,780.00
(-) Intereses						
<b>.= Utilidad antes de impuestos</b>		<b>Q23,941,076</b>	<b>Q24,957,923</b>	<b>Q26,493,944</b>	<b>Q28,012,695</b>	<b>Q29,513,147</b>
(-) Impuestos ISR 31%		Q7,421,734	Q7,736,956	Q8,213,123	Q8,683,935	Q9,149,076
<b>.= UTILIDAD NETA</b>		<b>Q16,519,343</b>	<b>Q17,220,967</b>	<b>Q18,280,822</b>	<b>Q19,328,759</b>	<b>Q20,364,072</b>
(+) Depreciaciones		Q146,780.00	Q146,780.00	Q146,780.00	Q146,780.00	Q146,780.00
(-) Inversiones en activos (Q742,645)						
(-) Inversiones de reposición				Q200,000		Q300,000
(+) Prestamos						
(-) Amortizaciones						
(+) Valor de desecho						
<b>FLUJOS NETOS (Q742,645)</b>		<b>Q16,666,123</b>	<b>Q17,367,747</b>	<b>Q18,227,602</b>	<b>Q19,475,539</b>	<b>Q20,210,852</b>

#### **4.4.6 Análisis de sensibilidad del proceso de actualización tecnológica**

Para evaluar un proceso de inversión es necesario evaluar su viabilidad desde varias perspectivas, de mercado, técnica, financiera y un análisis del entorno donde se desarrolla la inversión. Como herramienta de decisión, es posible utilizar el análisis de sensibilidad como herramienta de evaluación del proceso de inversión.

Una herramienta que facilitara la toma de decisiones es el análisis de sensibilidad, el cual permite diseñar escenarios en los cuales se podrá analizar posibles resultados del proceso de inversión, cambiando valores de las variables y determinar cómo afectan el resultado.

Para el presente plan, el análisis de sensibilidad se enfocará en la parte técnica, donde se especifican las diferentes alternativas de variación que pueden afectar el proceso de producción reflejado en el aumento de costos de producción.

##### **4.4.6.1 Análisis de sensibilidad por cambio de variable de razón de disponibilidad**

Como se explicó en el numeral 2.1.2.1, la razón de disponibilidad se refiere al tiempo que está disponible la maquinaria para la operación, se planteó que, con la actualización tecnológica los tiempos por fallas por mantenimiento correctivo que se tenían anteriormente se reducirían el primer año de operación en 80% y para los periodos siguientes se mantendrían en un 60%. Para el análisis de sensibilidad se usará la alternativa de modificar el porcentaje de la razón de disponibilidad reduciéndolo año con año, con esto se incrementarán las fallas por mantenimiento correctivo, para el primer año de operación se seleccionará un 60% y se reducirá este porcentaje 10% por año, en este caso para el año 2011 con 50%, año 2012 con 40%, año 2013 con 30% y año 2014 con 20%.

Del cuadro 23, el análisis de sensibilidad por cambio del porcentaje de la razón de disponibilidad muestra el “flujo neto con ajuste de sensibilidad” y el “flujo neto sin ajuste de sensibilidad”, son los flujos netos del cuadro 22. Con el cambio de la variable de la razón de disponibilidad incrementará las horas por fallas que a la vez reduce la disponibilidad de la maquinaria para operación que influye en el cumplimiento de los requerimientos de producción, conforme se reduce el porcentaje de disponibilidad año por año, los flujos netos con ajuste de sensibilidad disminuyen e incrementa la diferencia entre ambos flujos.

Cuadro 23

Análisis de sensibilidad por cambio de variable de razón de disponibilidad

<b>Análisis de sensibilidad por fallas de mantenimiento de maquinaria de empaque con actualización tecnológica</b>					
Flujo neto sin ajuste de sensibilidad (cuadro 22)	Q16,666,123	Q17,367,747	Q18,227,602	Q19,475,539	Q20,210,852
Flujo neto con ajuste de sensibilidad	Q16,493,378	Q17,277,373	Q18,036,118	Q19,171,253	Q19,781,036
Diferencia	Q172,744	Q90,374	Q191,484	Q304,287	Q429,815

Fuente: Elaboración propia

En el capítulo 5, se analizará como esta sensibilidad afectará la rentabilidad de la inversión en actualización tecnológica.

#### **4.4.6.2 Análisis de sensibilidad por cambio de variables de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto**

En el presente numeral se desarrollará un análisis de sensibilidad del porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto, en el numeral 4.3.3.1 y 4.3.3.2 se describió que la maquinaria con tecnología actual tiene un promedio de porcentaje de desperdicio de material de empaque de aproximadamente un 3.25% y con el re-empaque de producto representa un aproximado de 2.05% de los requerimientos de producción.

Con el proceso de actualización tecnológica se determinó que el porcentaje de desperdicio de material de empaque es de 1.5% y para el re-empaque de producto sería del 1.3%.

Para el análisis de sensibilidad de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto se utilizarán como base los parámetros de referencia de la maquinaria con tecnología actual, 3.25% de desperdicio de material de empaque y 2.05% de re-empaque de producto.

Cuadro 24

Análisis de sensibilidad por cambio de variable de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto

<b>Análisis de sensibilidad de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto</b>					
Flujo neto sin ajuste de sensibilidad (cuadro 22)	Q16,666,123	Q17,367,747	Q18,227,602	Q19,475,539	Q20,210,852
Flujo neto con ajuste de sensibilidad	Q16,512,712	Q17,194,613	Q18,043,873	Q19,281,336	Q20,006,301
Diferencia	Q153,410	Q173,134	Q183,728	Q194,203	Q204,551

Fuente: Elaboración de propia

Se desarrolla un análisis comparativo de los flujos de caja proyectados del cuadro 22, con los flujos de caja proyectados con ajuste de sensibilidad de las variables del porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto. Este cambio en la variable de porcentaje incrementa los costos de producción que influye que se reduzcan los flujos netos con ajuste de sensibilidad, ver cuadro 24.

En el capítulo 5, se analizará como esta sensibilidad afectará la rentabilidad de la inversión en actualización tecnológica.

#### 4.4.6.3 Análisis de sensibilidad por cambio de variables de razón de disponibilidad, de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto

En el presente numeral se desarrollará un análisis de sensibilidad por cambio en las variables de razón de disponibilidad, porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto, el objeto de este análisis es determinar que tan sensible se comporta el flujo de caja proyectado ante el cambio de estas variables.

Para el porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto, se utilizarán como base los parámetros de referencia de la maquinaria con tecnología actual, 3.25% de desperdicio de material de empaque y 2.05% de re-empaque de producto, en el caso del porcentaje de razón de disponibilidad se utilizará un 75% para el año 2010, para el año 2011 será 60%, año 2012 será 50%, año 2013 será 40% y año 2014 será 30%. El cambio en estas variables incrementará los costos de operación de producción y reducirá la disponibilidad de la maquinaria para producción por el incremento de horas por fallas de la maquinaria de empaque.

Cuadro 25

Análisis de sensibilidad por cambio de variable de razón de disponibilidad, desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto

<b>Análisis de sensibilidad de maquinaria de empaque con actualización tecnológica</b>					
Flujo neto sin ajuste de sensibilidad	Q16,666,123	Q17,367,747	Q18,227,602	Q19,475,539	Q20,210,852
Flujo neto con ajuste de sensibilidad	Q16,469,929	Q17,239,343	Q17,996,486	Q19,130,730	Q19,687,196
Diferencia	Q196,194	Q128,403	Q231,116	Q344,810	Q523,656

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre el flujo neto sin ajuste de sensibilidad y flujo neto con ajuste de sensibilidad se incrementa, esto es debido al cambio en las variables de producción que incrementa los costos de producción y la reducción del porcentaje

de la disponibilidad de la maquinaria para la operación. En el capítulo 5, se analizará como esta sensibilidad afectará la rentabilidad de la inversión en actualización tecnológica, ver cuadro 25.

#### **4.5 Análisis incremental con inversión de compra de maquinaria nueva**

En el presente numeral se analizará la opción de inversión de compra de nueva maquinaria empacadora para sustituir la maquinaria actual, con el objeto de incrementar la capacidad de producción en un 50% y reducir el tiempo por mantenimiento correctivo que se tenía anteriormente en un 80% para el primer año de operación. Por el tipo de material de empaque y producto a empacar harina, la máxima velocidad que se puede empacar este producto son 45 bolsas por minuto. La velocidad máxima se determinó con base a muestras de producto y material de empaque enviadas a la empresa fabricante de la maquinaria, en la cual realizaron pruebas con ambos productos y determinaron esta velocidad de 45 bolsas por minuto.

Conforme el uso de la máquina empacadora nueva se tomará en consideración reducir el mantenimiento correctivo en el primer año en un 80% de las fallas que se tenían anteriormente con la maquinaria actual, para los siguientes años se pretende mantener el mantenimiento correctivo en un 60 a 70% tomando en consideración el desgaste de algunas piezas por el uso. En el cuadro 26, se muestra la proyección del rendimiento de operación de la maquinaria nueva, no hay mayor diferencia en lo que se refiere a la razón de disponibilidad si se compara este cuadro con el rendimiento de operación de la maquinaria con actualización tecnológica, ver cuadro 13. La parte que se enfocará el plan de tesis es, aumentar la razón de disponibilidad de empaque de la maquinaria e incrementar la capacidad de empaque. La actualización tecnológica y la maquinaria nueva tendrán la capacidad de empacar a 45 bolsas por minuto y reducir el mantenimiento correctivo en un 80% el primer año de funcionamiento.



Cuadro 26

## Reporte de rendimiento de producción proyectada con maquinaria nueva

<b>REPORTE DE RENDIMIENTO Y OEE PROYECTADOS CON MAQUINARIA NUEVA</b>					
<b>Capacidad de empaque proyectado 135 unidades por minuto por las tres máquinas</b>					
<b>Descripción</b>					
<b>Del Proceso</b>	<b>ago-08</b>	<b>sep-08</b>	<b>oct-08</b>	<b>nov-08</b>	<b>dic-08</b>
Total en horas	38.70	30.08	33.18	38.87	40.50
<b>Mantenimiento</b>					
Falla eléctrica	0.35	3.60	1.20	1.60	1.40
Falla mecánica	0.30	0.00	0.20	1.50	1.10
Falla hidráulica					
Falla neumática		0.20			
<b>Total en horas</b>	<b>0.65</b>	<b>3.80</b>	<b>1.40</b>	<b>3.10</b>	<b>2.50</b>
<b>Servicios</b>					
Falta de aire	1.50				
Falta de agua					6.00
Falta de gas, fuente interna					
Falta de vapor, fuente interna					
Falta de electricidad, fuente interna					
<b>Total en horas</b>	<b>1.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6.00</b>
<b>Externos</b>					
Falta de electricidad, fuente externa		8.00			8.33
Falta de gas, fuente externa					
Falta de bunker, externa					1.50
Fallas en las líneas de producción	5.00	2.00	7.00	3.00	1.50
Falta de espacio en bodega					
<b>Total en horas</b>	<b>5.00</b>	<b>10.00</b>	<b>7.00</b>	<b>3.00</b>	<b>11.33</b>
Total horas perdidas					
Horas paros disponibles	0.65	3.80	1.40	3.10	2.50
Horas paros externos	5.00	10.00	7.00	3.00	11.33
Horas paros del proceso	30.46	24.96	27.88	30.65	31.87
<b>Total en horas</b>	<b>36.11</b>	<b>38.76</b>	<b>36.28</b>	<b>36.75</b>	<b>45.70</b>
Horas disponible de producción diaria	21.33	21.33	21.33	21.33	21.33
Ciclo estándar por hora	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100
Tiempo disponible en días esperado	9	8	9	10	11
Tiempo disponible horas esperado	185	173	191	210	227
Tiempo real disponible horas	149	134	155	173	181
Toneladas métricas de harina	675	630	698	765	826
Total de unidades de una libra	1,500,000	1,400,000	1,550,000	1,700,000	1,835,000
Total artículos esperados (sacos 50 unidades)	30,000	28,000	31,000	34,000	36,700
Artículos buenos sacos	24,150	21,721	25,122	28,046	29,296
Artículos defectuosos sacos	40	0	0	0	0
Razón de disponibilidad	99.64%	97.67%	99.24%	98.50%	98.84%
Razón de eficiencia operativa	83.03%	84.30%	84.76%	84.96%	85.02%
Razón de calidad	99.83%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Razón eficiencia del proceso (cumplimiento de requerimientos)	80.50%	77.57%	81.04%	82.49%	79.83%
<b>OEE</b>	<b>66%</b>	<b>64%</b>	<b>68%</b>	<b>69%</b>	<b>67%</b>

Fuente: Departamento de producción.

#### 4.5.1 Costo de maquinaria empacadora nueva

En la presente sección se determina el costo de una máquina empacadora nueva en sustitución de la maquinaria actual, el precio unitario de cada máquina es de Q1,620,000.00, como se requiere la compra de tres empacadoras el costo total sería de Q 4,860,000.00 más el costo del montaje e instalación que hacen un total de la inversión de Q4,880,000.00.

Cuadro 27

#### Inversión en compra de maquinaria nueva

Inversión en compra de maquinaria nueva	
Descripción	Costo unitario \$
Costo unitario de maquinaria de empaque en \$	\$200,000.00
Costo de tres máquinas de empaque en \$	\$600,000.00
Costo de maquinaria en Q.	Q4,860,000.00
Montaje e instalación	Q20,000.00
<b>Total de la inversión</b>	<b>Q4,880,000.00</b>
Tipo de cambio Q8.10 por 1\$	

Fuente: Elaboración propia

La maquinaria nueva es diseñada para que opere según las necesidades del producto a empacar, en este caso harina, la tecnología que dispone la maquinaria nueva consta de dispositivos fabricados por la empresa manufacturera que son distribuidos y reparados exclusivamente por la empresa distribuidora debido a la complejidad de los componentes.

#### **4.5.1.1 Inversión de compra de maquinaria nueva utilizando 100% deuda**

En la presente sección se analizará la compra de maquinaria nueva en sustitución de la actual, cada máquina empacadora tiene un costo de Q1,620,000.00 haciendo un total las tres máquinas empacadoras de Q4,860,000.00 mas costos de montaje e instalación de Q20,000.00 que incluye mano de obra y materiales de instalación.

Para la inversión en la compra de la maquinaria, la empresa pretende realizar la inversión con 100% deuda bancaria que hace un total de Q4,880,000.00.

Analizando el costo de la deuda con bancas nacionales de Guatemala se obtuvieron los siguientes datos de tasa pasiva.

Banco Industrial 14% anual

G&T Continental 14.5% anual

Banrural 16% anual

Se escoge la tasa de interés del Banco Industrial con un costo anual de 14% para un periodo de cinco años, se proyecta en el flujo de caja el costo por pago de intereses que esta afecto a impuestos y las amortizaciones por pago de capital después de impuestos.

En el cuadro 28, se desglosa el préstamo requerido con el pago de intereses y amortizaciones anuales.

Cuadro 28

Desglose del pago de intereses y amortizaciones del préstamo bancario

Año	Pagos anuales	Intereses	Amortizaciones	Principal al final del mes
				Q4,880,000.00
1	Q113,549.06	Q637,865.22	Q724,723.55	Q4,155,276.45
2	Q113,549.06	Q529,633.53	Q832,955.24	Q3,322,321.21
3	Q113,549.06	Q405,238.30	Q957,350.47	Q2,364,970.74
4	Q113,549.06	Q262,265.64	Q1,100,323.13	Q1,264,647.62
5	Q113,549.06	Q97,941.15	Q1,264,647.62	Q0.00

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2 Ahorro en costos con la optimización de tiempos de producción con la utilización de la maquinaria nueva

Con el incremento de la capacidad de empaque utilizando maquinaria nueva se optimizarán los tiempos de producción para responder a los requerimientos.

En el cuadro 29, se muestra el ahorro por día de producción que tiene un valor aproximado de Q3,800.00, que representan los costos variables de producir y empaquetar 50 libras de harina. El ahorro en costos va a estar reflejado en el consumo de energía eléctrica debido a que se optimizaran los tiempos de producción, también hay una reducción en mano de obra por horas extras, mantenimiento de maquinaria, consumo de bunker para las calderas por concepto vapor, gas y otros.

Cuadro 29

Ahorro en costos por día de producción

Ahorro en costos por día	
Energía eléctrica	
Vapor	
Gas	
Mano de obra directa	
Mantenimiento de líneas	
<b>Total aproximado</b>	<b>Q3,800.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2.1 Desperdicio de material de empaque con maquinaria nueva

En los flujos de caja se proyectará un estimado de desperdicio de material de empaque de la maquinaria nueva, la proyección será necesaria para determinar la cantidad de material de empaque que desperdician las máquinas empacadoras que representa un costo para el departamento de producción.

Cuadro 30

Eficiencia en el material de empaque con maquinaria nueva

Tabla Resumen por mes					
Máquinas	Material de empaque utilizada Kg.	Desperdicio de material de empaque en %	Desperdicio de material de empaque Kg.	Reproceso de producto	Sub-producto
Máquina 1	4,703.00	1%	47	0.9%	0.071%
Máquina 2	4,256.60	1%	42.56	0.9%	0.045%
Máquina 3	3,928.00	1%	39.28	0.9%	0.052%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 30, se muestra la cantidad de material de empaque utilizada por máquina con un porcentaje de desperdicio de material de empaque, el promedio aproximado de desperdicio del total material de empaque utilizado en las tres máquinas oscilara entre el 1%, inclusive con el uso de maquinaria nueva siempre hay un bajo porcentaje de unidades empacadas que no cumplen con los requisitos de calidad.

#### 4.5.2.2 Costo de producción de re-empaque de producto

El re-empaque de producto se refiere a las unidades empacadas que no llenan los requisitos de calidad. Este proceso de re-empaque requiere la utilización de recursos como: material de empaque, uso de la maquinaria de empaque, uso de mano de obra directa. El promedio de re-empaque de producto es de un 0.9% del total en kilos de harina empacada. El costo de re-empacar 50 unidades de producto en presentación de una libra es de Q24.0245.

#### 4.5.2.3 Costo de mantenimiento de maquinaria nueva

El costo de mantenimiento se refiere al mantenimiento correctivo o preventivo realizado en la maquinaria de empaque.

En el mantenimiento los dispositivos mecánicos que están sometidos a desgaste por movimientos que son necesarios cambiarlos son los siguientes: chumaceras, cojinetes, cilindros neumáticos, cadenas, fajas, sprockets, bushings.

En el costo de mantenimiento preventivo que se realiza de forma semestral, están incluidos todos los componentes que son sometidos a desgaste físico por movimientos. El costo promedio de las tres máquinas con periodo semestral es de Q5,500.00 para hacer un total anual aproximado de Q11,000.00. Para el primer año de operación por ser maquinaria nueva no se planifica mantenimiento preventivo.

El costo de mantenimiento correctivo con maquinaria nueva se reduce al cambio por posible falla de elementos como; cambio de relés de estado sólido, resistencias, termocoplas que puede tener un costo al año con las tres máquinas en Q3,000.00. Entonces en total el costo de mantenimiento anual sería de Q3,000.00 para el primer año y para los siguientes años Q14,000.00 mas un incremento del 7% de inflación, ver cuadro 31.

Cuadro 31

#### Costo de mantenimiento de maquinaria nueva

Costos de mantenimiento proyectado					
Año	2010	2011	2012	2013	2014
Costo anual	Q3,000.00	Q14,980.00	Q16,028.00	Q17,150.00	Q18,351.00

Fuente: Elaboración propia

#### **4.5.3 Proyección en ventas con inversión de compra de maquinaria nueva utilizando 100% deuda**

En el presente capítulo tendrá la finalidad de desarrollar las proyecciones de ventas de producción con maquinaria nueva. El flujo de caja es la clave en los estudios de los costos y la rentabilidad. El análisis de los flujos de cajas es útil para el entendimiento de los movimientos del dinero y el momento en que se realizan, no sólo para la compañía completa sino también para las líneas parciales de producción.

En esta sección se proyectará el flujo de caja para el periodo 2010-2014 utilizando nueva maquinaria de empaque en sustitución de la actual, la nueva maquinaria incrementará la capacidad de empaque de 30 unidades por minuto a 45 unidades.

Para el año 2009, se tiene dos ingresos, uno de ellos es por el préstamo con un monto de Q4,880,000.00 y el otro por la venta del activo de la maquinaria anterior, también se tiene un egreso que es la inversión inicial de Q4,880,000.00 que al sumarla al préstamo se anulan, por tanto la inversión de la empresa es cero en el año 2009, ver cuadro 32.

En la columna del flujo de caja proyectado que tiene el nombre específico "descripción", aparece la palabra: Ahorro, que se refiere al beneficio que se obtiene por optimizar los tiempos de producción con el incremento de la velocidad nominal de empaque de la maquinaria. En lo referente a costo variable unitario se refiere a producir y empaquetar cincuenta unidades de producto empaquetado en saco. Por costos variables se refiere por: mantenimiento que incluye el preventivo y correctivo, por re-empaque de producto y desperdicio de material de empaque, hay una reducción de estos costos variables con la utilización de maquinaria nueva si se comparan con los costos que se tenían anteriormente utilizando la maquinaria con tecnológica actual, ver cuadro 12.

#### **4.5.3.1 Depreciación de: maquinaria, montaje e instalación<sup>5</sup>**

El valor sobre el cual se calcula la depreciación es el de costo de adquisición. El valor de costo incluye los gastos incurridos con motivo de la compra, instalación y montaje de los bienes y otros similares, hasta ponerlos en condición de ser usado, para determinar la depreciación sobre activos estos se toman por su costo de adquisición, artículo 17 ley impuesto sobre la renta<sup>5</sup>. En general, el cálculo de la depreciación se hará usando el método de línea recta, que consiste en aplicar sobre el valor de adquisición o producción del bien a depreciar, el porcentaje fijo y constante que corresponda, artículo 18 ley impuesto sobre la renta<sup>5</sup>.

Se fijan los siguientes porcentajes anuales máximos de depreciación a los rubros siguientes:

Maquinaria, montaje e instalación, se aplica el 20%, artículo 19 ley impuesto sobre la renta<sup>5</sup>. Para el proceso de actualización tecnológica se aplicará el 20% de depreciación a la maquinaria, montaje e instalación.

Para el caso de compra de maquinaria nueva la depreciación será de Q972,000.00 cada año por cinco años, para el caso del montaje e instalación será de Q4,000.00 cada año por cinco años. Entonces la depreciación total por año durante cinco años de la actualización tecnológica, montaje e instalación será de Q976,000.00, este valor se coloca en el flujo de caja antes de impuestos y luego se suma de nuevo después de la utilidad neta, esto debido a que la depreciación no es una salida efectivo.

<sup>5</sup> (En Red) Disponible en: [http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Registro/LeyISR.html#\\_Toc156634056](http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Registro/LeyISR.html#_Toc156634056)



#### **4.5.3.2 Venta de activo y valor de desecho**

Las máquinas empacadoras fueron adquiridas en el año 1984, actualmente el valor en libros es cero, esta maquinaria tiene algunos componentes eléctricos que pueden ser utilizados en otras aplicaciones en planta, como motores reductores, relés, timers, pero en el caso del chasis de la maquinaria no tendría ninguna aplicación para ser utilizada, en este caso se puede vender el chasis como chatarra, actualmente el precio de la tonelada de hierro dulce es Q1,100.00. El peso del chasis por máquina es de 700 libras y el peso total de los tres chasis es de 2,100 libras, lo que equivale aproximadamente a una tonelada con un precio de venta del activo en el año 2009 de Q1,100.00.

De la inversión total Q4,880,000.00 la compañía tiene establecido un porcentaje de desecho del 8% obteniendo un valor de Q390,400.00. Este valor de desecho paga un impuesto de 31%, que da un resultado de Q269,376.00, que es parte del beneficio del proyecto al final del periodo de evaluación.

Cuadro 32

Proyección en ventas de inversión utilizando deuda de compra de maquinaria de empaque nueva

<b>Máquinas empacadoras empacando a 45 unidades por minuto, 135 unidades las tres máquinas</b>						
<b>Descripción</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ventas proyectadas en sacos esperados (unidades)</b>		<b>442,788</b>	<b>471,502</b>	<b>500,216</b>	<b>528,930</b>	<b>557,644</b>
Total horas mantenimiento		12	19	27	29	31
Total de horas por paros		414	445	479	507	537
(-) Total de sacos no producidos		67,114	72,140	77,526	82,131	87,009
Total de sacos proyectados reales (Unidades)		375,674	399,362	422,690	446,799	470,635
<b>(+) Ingresos por ventas</b>		<b>Q114,580,508</b>	<b>Q130,331,830</b>	<b>Q137,944,951</b>	<b>Q145,812,912</b>	<b>Q153,591,605</b>
Ventas de activos	Q1,100					
Ahorro		Q243,469	Q277,405	Q294,299	Q311,193	Q328,087
<b>(-) Costo variable unitario</b>		<b>Q64,003,545</b>	<b>Q72,802,078</b>	<b>Q77,054,693</b>	<b>Q81,449,659</b>	<b>Q85,794,760</b>
(-) Costos variable mantenimiento		Q3,000	Q14,980	Q16,028	Q17,150	Q18,351
(-) Costo de re-empaque de producto		Q81,228	Q92,395	Q97,792	Q103,370	Q108,884
(-) Costo desperdicio de material de empaque		Q89,035	Q101,274	Q107,190	Q113,304	Q119,348
<b>=Utilidad de bruta</b>	<b>Q1,100</b>	<b>Q50,647,169</b>	<b>Q57,598,508</b>	<b>Q60,963,547</b>	<b>Q64,440,623</b>	<b>Q67,878,348</b>
(-) Gastos fijos administrativos		Q2,291,610	Q2,789,101	Q2,952,022	Q3,120,396	Q3,286,860
(-) Gastos de distribución 23% de las ventas		Q24,061,907	Q29,285,562	Q30,996,230	Q32,764,161	Q34,512,034
<b>.= Utilidad antes de impuestos e intereses</b>		<b>Q24,293,652</b>	<b>Q25,523,845</b>	<b>Q27,015,295</b>	<b>Q28,556,065</b>	<b>Q30,079,454</b>
(-) Depreciaciones		Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000
(-) Intereses		Q637,865	Q529,634	Q405,238	Q262,266	Q97,941
<b>.= Utilidad antes de impuestos</b>		<b>Q22,679,787</b>	<b>Q24,018,211</b>	<b>Q25,634,057</b>	<b>Q27,317,800</b>	<b>Q29,005,513</b>
(-) Impuestos ISR 31%	Q341	Q7,030,734	Q7,445,646	Q7,946,558	Q8,468,518	Q8,991,709
<b>= UTILIDAD NETA</b>	<b>Q759</b>	<b>Q15,649,053</b>	<b>Q16,572,566</b>	<b>Q17,687,499</b>	<b>Q18,849,282</b>	<b>Q20,013,804</b>
(+) Depreciaciones		Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000
(-) Inversiones en activos	(Q4,880,000)					
(-) Inversiones de reposición				Q200,000		Q200,000
(+) Prestamos	Q4,880,000					
(-) Amortizaciones		Q724,724	Q832,955	Q957,350	Q1,100,323	Q1,264,648
(+) Valor de desecho						Q269,376
<b>FLUJOS NETOS</b>	<b>Q759</b>	<b>Q15,900,330</b>	<b>Q16,715,611</b>	<b>Q17,506,149</b>	<b>Q18,724,959</b>	<b>Q19,794,533</b>

#### **4.6 Análisis incremental con inversión en maquinaria de empaque nueva utilizando 100% fondos propios**

En el presente capítulo tendrá la finalidad de desarrollar las proyecciones de los requerimientos de producción con maquinaria nueva, ver cuadro 33. Se proyectará el flujo de caja para el periodo 2010-2014 utilizando nueva maquinaria de empaque en sustitución de la maquinaria actual, la nueva maquinaria incrementará la capacidad de empaque de 30 unidades por minuto a 45 unidades.

Para el año 2009, se tiene un ingreso por la venta del activo que se refiere al chasis de la maquinaria, y también se realiza un desembolso por la inversión utilizando fondos propios para la compra de maquinaria nueva con un monto de Q4,880,000.00 que es sumado al ingreso por la venta del chasis. A la maquinaria nueva se le aplica depreciación la cual fue explicada en el numeral 4.4.3.1, y en el flujo de caja se coloca antes de impuestos y luego se suma de nuevo después de la utilidad neta, esto debido a que la depreciación no es una salida efectivo. A las inversiones de reposición se refiere a la compra de repuestos tecnológicos por posible daño de equipo y que serán sustituidas por nuevos dispositivos.

En la columna del flujo de caja proyectado que tiene el nombre específico "descripción", aparece la palabra: Ahorro, que se refiere al beneficio que se obtiene por optimizar los tiempos de producción con el incremento de la velocidad nominal de empaque de la maquinaria. En lo referente a costo variable unitario se refiere a producir y empaquetar cincuenta unidades de producto empaquetado en saco. Por costos variables se refiere por: mantenimiento que incluye el preventivo y correctivo, por re-empaque de producto y desperdicio de material de empaque, hay una reducción de estos costos variables con el uso de maquinaria nueva si se comparan con los costos que se tenían anteriormente utilizando la maquinaria con tecnológica actual, ver cuadro 12.

Cuadro 33

Proyección en ventas de inversión con fondos propios de compra de maquinaria de empaque nueva

<b>Máquinas empacadoras empacando a 45 unidades por minuto, 135 unidades las tres máquinas</b>						
<b>Descripción</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Ventas proyectadas en sacos esperados (unidades)</b>		<b>442,788</b>	<b>471,502</b>	<b>500,216</b>	<b>528,930</b>	<b>557,644</b>
Total horas mantenimiento		12	19	27	29	31
Total de horas por paros		414	445	479	507	537
(-) Total de sacos no producidos		67,114	72,140	77,526	82,131	87,009
Total de sacos proyectados reales (Unidades)		375,674	399,362	422,690	446,799	470,635
<b>(+) Ingresos por ventas</b>		<b>Q114,580,508</b>	<b>Q130,331,830</b>	<b>Q137,944,951</b>	<b>Q145,812,912</b>	<b>Q153,591,605</b>
Ventas de activos	Q1,100					
Ahorro		Q243,469	Q277,405	Q294,299	Q311,193	Q328,087
<b>(-) Costo variable unitario</b>		<b>Q64,003,545</b>	<b>Q72,802,078</b>	<b>Q77,054,693</b>	<b>Q81,449,659</b>	<b>Q85,794,760</b>
(-) Costos variable mantenimiento		Q3,000	Q14,980	Q16,028	Q17,150	Q18,351
(-) Costo de re-empaque de producto		Q81,228	Q92,395	Q97,792	Q103,370	Q108,884
(-) Costo desperdicio de material de empaque		Q89,035	Q101,274	Q107,190	Q113,304	Q119,348
<b>= Utilidad de bruta</b>	<b>Q1,100</b>	<b>Q50,647,169</b>	<b>Q57,598,508</b>	<b>Q60,963,547</b>	<b>Q64,440,623</b>	<b>Q67,878,348</b>
(-) Gastos fijos administrativos		Q2,291,610	Q2,789,101	Q2,952,022	Q3,120,396	Q3,286,860
(-) Gastos de distribución 23% de las ventas		Q24,061,907	Q29,285,562	Q30,996,230	Q32,764,161	Q34,512,034
<b>.= Utilidad antes de impuestos e intereses</b>		<b>Q24,293,652</b>	<b>Q25,523,845</b>	<b>Q27,015,295</b>	<b>Q28,556,065</b>	<b>Q30,079,454</b>
(-) Depreciaciones		Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000
(-) Intereses						
<b>= Utilidad antes de impuestos</b>		<b>Q23,317,652</b>	<b>Q24,547,845</b>	<b>Q26,039,295</b>	<b>Q27,580,065</b>	<b>Q29,103,454</b>
(-) Impuestos ISR 31%	Q341	Q7,228,472	Q7,609,832	Q8,072,181	Q8,549,820	Q9,022,071
<b>= UTILIDAD NETA</b>	<b>Q759</b>	<b>Q16,089,180</b>	<b>Q16,938,013</b>	<b>Q17,967,114</b>	<b>Q19,030,245</b>	<b>Q20,081,384</b>
(+) Depreciaciones		Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000	Q976,000
(-) Inversiones en activos	(Q4,880,000)					
(-) Inversiones de reposición				Q200,000		Q200,000
(+) Prestamos						
(-) Amortizaciones						
(+) Valor de desecho						Q269,376
<b>FLUJOS NETOS</b>	<b>(Q4,879,241)</b>	<b>Q17,065,180</b>	<b>Q17,914,013</b>	<b>Q18,743,114</b>	<b>Q20,006,245</b>	<b>Q21,126,760</b>

## **5 EVALUACIÓN FINANCIERA COMPARATIVA ENTRE UN PROCESO DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y LA COMPRA DE MAQUINARIA NUEVA**

Para el presente capítulo, se evaluarán procesos comparativos de inversión, uno de ellos es la actualización tecnológica de la maquinaria de empaque actual y la otra es la inversión en la compra de maquinaria nueva en sustitución de la maquinaria actual. Con base a estas inversiones se realizará un análisis comparativo para determinar cual genera mayor rendimiento para la empresa.

Con referencia al proceso de inversión de actualización tecnológica de la maquinaria actual se basó en sustituir todos los componentes eléctricos actuales por tecnología moderna, la ventaja de utilizar este tipo de tecnología no es solo por el precio de ella, si no la disponibilidad inmediata de la adquisición de los repuestos. Este tipo de proceso de actualizaciones tecnológicas utiliza capital intelectual propio de la empresa que es aprovechable para futuros proyectos de actualización.

En el caso de compra de maquinaria nueva se analizaron dos tipos de inversión, utilizar 100% deuda bancaria ó 100% fondos propios de la empresa.

### 5.1 Análisis de rendimiento del proceso incremental del flujo de caja por la inversión de compra de maquinaria nueva utilizando fondos propios

En este apartado se analiza el rendimiento del proceso incremental del flujo de caja por la inversión de compra de maquinaria nueva, el proceso incremental del flujo de caja se refiere a la diferencia entre los flujos netos proyectados utilizando la maquinaria nueva entre los flujos netos proyectados con la maquinaria en situación actual, ver cuadros 12 y 33, la diferencia entre ambos flujos netos en conjunto con la inversión inicial aplicando la fórmula TIR en la hoja electrónica Excel calcula el rendimiento en porcentaje del proceso de inversión de compra de maquinaria nueva, el rendimiento TIR se compara con la tasa de descuento de la empresa para determinar si es rentable o no la inversión utilizando fondos propios de la compra de maquinaria nueva.

Cuadro 34

Proceso incremental de inversión utilizando fondos propios de compra maquinaria nueva

PROCESO INCREMENTAL DE LA DIFERENCIA DE LOS FLUJOS NETOS CON INVERSION CON FONDOS PROPIOS DE LA COMPRA DE MAQUINARIA NUEVA Y LOS FLUJOS DE MAQUINARIA ACTUAL						
Periodo	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Flujos netos con maquinaria nueva	(Q4,879,241)	Q17,065,180	Q17,914,013	Q18,743,114	Q20,006,245	Q21,126,760
Situación actual		Q16,051,400	Q16,886,315	Q17,920,588	Q18,894,265	Q19,903,852
Flujos netos de maquinaria nueva menos flujos netos situación actual	(Q4,879,241)	Q1,013,780	Q1,027,698	Q822,525	Q1,111,981	Q1,222,907
Valor presente periodo del 2010-2014 al 12%	Q3,710,487					
Valor presente menos inversión inicial	(Q1,168,754)					
TIR	2%					

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cuadro 34, para el periodo 2009 se tiene un egreso por la inversión inicial de (Q4,880,000.00) que se suma a la venta del activo de la maquinaria actual con un valor de Q759.00. Se desarrollará el cálculo del VAN con una tasa de descuento del 12% del flujo incremental del periodo 2010-2014, que es resultado de la diferencia de los flujos netos proyectados con maquinaria nueva con los flujos netos de la maquinaria en situación actual, teniendo como resultado un valor presente de Q3,710,487.00. que se suma a la inversión inicial obteniendo un valor negativo de (Q1,168,754.00), lo cual indica que el proyecto de inversión de compra de maquinaria nueva utilizando fondos propios no es rentable para un periodo de evaluación de cinco años, para el análisis del rendimiento TIR, se obtuvo un resultado de 2%, el cual está por debajo del valor de la tasa de descuento del 12% de la empresa.

Se determinará la rentabilidad del proceso de inversión de compra de maquinaria nueva utilizando el índice de rentabilidad IR o razón de costo-beneficio que se explicó en el numeral 2.9.3, es la razón del valor presente de los flujos del periodo 2010-2014 entre la inversión inicial neta del periodo 2009.

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{VP}{(1+i)^t}}{INVN}$$

El valor presente de los flujos incrementales del periodo 2010-2014 tiene un valor de Q3,710,487.00, y la inversión neta es de Q4,879,241.00, entonces el  $IR = Q3,710,487.00./Q4,879,241.00= 0.76$ , esto significa que el valor presente de cada unidad monetaria de la inversión inicial, tiene una pérdida de Q0.24, lo cual indica que el proceso de inversión de compra de maquinaria nueva utilizando fondos propios de la empresa no es rentable, ver cuadro 34.

## 5.2 Análisis incremental de inversión utilizando 100% deuda para la compra de maquinaria nueva

En este apartado se desarrolla un análisis incremental tomando de referencia los flujos netos proyectados con inversión tipo deuda de compra de maquinaria de empaque nueva en comparación con los flujos netos proyectados con la maquinaria en situación actual, según cuadros 12 y 26, la diferencia entre ambos flujos netos en conjunto con la inversión inicial aplicando la fórmula TIR en la hoja electrónica Excel determina la rentabilidad en porcentaje del proceso de inversión de maquinaria nueva, el rendimiento TIR se compara con el costo de capital de la empresa para determinar si es rentable o no la inversión tipo deuda de compra de maquinaria nueva.

Cuadro 35

Análisis incremental de inversión con deuda de compra de maquinaria nueva

ANÁLISIS INCREMENTAL DE LA DIFERENCIA DE LOS FLUJOS NETOS CON INVERSIÓN TIPO DEUDA DE LA COMPRA DE MAQUINARIA NUEVA Y LOS FLUJOS DE MAQUINARIA ACTUAL						
Periodo	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Flujos netos con maquinaria nueva	Q759	Q15,900,330	Q16,715,611	Q17,506,149	Q18,724,959	Q19,794,533
Situación actual		Q16,051,400	Q16,886,315	Q17,920,588	Q18,894,265	Q19,903,852
Flujos netos de maquinaria nueva menos flujos netos situación actual	Q759	(Q151,071)	(Q170,704)	(Q414,440)	(Q169,306)	(Q109,320)
Valor presente periodo del 2010-2014 al 12%	(Q735,587)					
Valor presente menos inversión inicial	(Q734,828)					

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cuadro 35, para el periodo 2009 se tiene un egreso por la inversión inicial de (Q4,880,000.00) que se suma al ingreso por deuda Q4,880,000.00 cuyo resultado es cero, quedando únicamente la venta del activo de la maquinaria



actual con un valor de Q759.00. Se desarrollará el cálculo del VAN con una tasa de descuento del 12% del flujo incremental del periodo 2010-2014, que es resultado de la diferencia de los flujos netos proyectados con maquinaria nueva con los flujos netos de la maquinaria en situación actual, teniendo como resultado un valor presente de (Q735,587.00), que se suma a la venta del activo del periodo 2009 obteniendo un valor negativo total de (Q734,828.00), lo cual indica que el proyecto de inversión de compra de maquinaria nueva utilizando deuda no es rentable para un periodo de evaluación de cinco años, no se pudo desarrollar un análisis del rendimiento TIR debido al resultado negativo del VAN.

### 5.3 Análisis de rendimiento del proceso incremental del flujo de caja por la inversión de actualización tecnológica de la maquinaria actual

En este apartado se analiza el rendimiento del proceso incremental del flujo de caja por la inversión de actualización tecnológica de la maquinaria actual, el proceso incremental del flujo de caja se refiere a la diferencia entre los flujos netos proyectados utilizando la maquinaria con actualización tecnológica entre los flujos netos proyectados con la maquinaria en situación actual, ver cuadros 12 y 22, la diferencia entre ambos flujos netos en conjunto con la inversión inicial aplicando la fórmula TIR en la hoja electrónica Excel determina la rentabilidad en porcentaje del proceso de inversión de actualización tecnológica, el rendimiento TIR se compara con el costo de capital de la empresa para determinar si es rentable o no la inversión de nueva tecnología, el concepto TIR se explicó en el numeral 2.9.4.

Cuadro 36

Proceso incremental de inversión de actualización tecnológica.

ANÁLISIS INCREMENTAL DE LA DIFERENCIA DE LOS FLUJOS NETOS CON INVERSIÓN DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y FLUJOS NETOS DE MAQUINARIA ACTUAL						
Periodo	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Con actualización tecnológica	(Q742,645)	Q16,666,123	Q17,367,747	Q18,227,602	Q19,475,539	Q20,210,852
Situación actual		Q16,051,400	Q16,886,315	Q17,920,588	Q18,894,265	Q19,903,852
Flujo neto con actualización tecnológica menos flujo neto situación actual	(Q742,645)	Q614,723	Q481,432	Q307,013	Q581,275	Q306,999
Valor presente periodo del 2010-2014 al 12%	Q1,694,790					
Valor presente menos inversión inicial	Q952,145					
TIR	62%					

Fuente: Elaboración propia

Respecto al cuadro 36, para el periodo 2009 se tiene un egreso por la inversión inicial de (Q742,645.00). Se desarrollará el cálculo del VAN con una tasa de descuento del 12% del flujo incremental del periodo 2010-2014, que es resultado

de la diferencia de los flujos netos proyectados con maquinaria nueva con los flujos netos de la maquinaria en situación actual, teniendo como resultado un valor presente de Q1,694,790.00, que se suma a la inversión inicial (Q742,645.00) obteniendo un valor positivo de Q952,145.00, lo cual indica que el proyecto de inversión de actualización tecnológica utilizando fondos propios es rentable para un periodo de evaluación de cinco años, para el análisis del rendimiento TIR, se obtuvo un resultado de 62%, el cual está por arriba del valor de la tasa de descuento del 12% de la empresa.

Se determinará la rentabilidad del proceso de actualización tecnológica utilizando la evaluación de índice de rentabilidad IR o razón de costo-beneficio que se explicó en el numeral 2.9.3, es la razón del valor presente de los flujos del periodo 2010-2014 entre la inversión inicial neta del periodo 2009.

$$IR = \frac{\sum_{t=1}^n VP/(1+i)^t}{INVN}$$

Analizando el cuadro 36, el valor presente incremental (VP) de los flujos del periodo 2010-2014 utilizando una tasa de descuento del 12% tiene un valor de Q1,694,790.00 y la inversión neta (INVN) del periodo 2009 es de (Q742,645.00). Entonces el  $IR = Q1,694,790.00/Q742,645.00 = 2.28$ , el índice de rentabilidad se interpreta como el rendimiento del valor presente de cada unidad monetaria de la inversión inicial, esto significa que por cada quetzal invertido hay un retorno en valor presente de Q2.28.

### 5.3.1 Análisis de sensibilidad de cambio en la variable de razón de disponibilidad para medir la rentabilidad de inversión en actualización tecnológica

En este numeral se evaluará la rentabilidad de la inversión del proceso de actualización tecnológica por medio del método de sensibilidad con cambio en la variable razón de disponibilidad, este método se explicó en el numeral 4.4.6.1, el cambio de esta variable afectará el “total de horas por mantenimiento”, ver cuadro 37. Con el proceso de actualización tecnológica se determinó disminuir el mantenimiento correctivo que se tenía anteriormente con la tecnología actual un 80% el primer año de operación y mantenerlo en 60% los siguientes años de operación.

Para el análisis de sensibilidad se cambiará la razón de disponibilidad en 60% el primer año de operación y reducirá este valor un 10% año por año.

Cuadro 37

#### Ajuste de sensibilidad en la razón de disponibilidad

Ajuste de sensibilidad en la razón de disponibilidad						
Descripción	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total horas mantenimiento con ajuste de sensibilidad		48	64	82	101	122
Total horas mantenimiento sin ajuste de sensibilidad		24	51	54	58	61

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 37, el ajuste de sensibilidad de la variable razón de disponibilidad se incrementa el total de horas por mantenimiento año con año, esto afecta la disponibilidad de la maquinaria para el cumplimiento de los requerimientos de producción reduciendo los flujos proyectados del periodo 2010-2014, ver cuadro 38.

Cuadro 38

Análisis de sensibilidad con cambio en la variable de razón de disponibilidad.

<b>Análisis de sensibilidad con cambio en la variable de razón de disponibilidad</b>						
<b>Periodo</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Sensibilidad en razón de disponibilidad</b>	<b>(Q742,645.00)</b>	<b>Q16,493,378</b>	<b>Q17,277,373</b>	<b>Q18,036,118</b>	<b>Q19,171,253</b>	<b>Q19,781,036</b>
<b>Situación actual</b>		<b>Q16,051,400</b>	<b>Q16,886,315</b>	<b>Q17,920,588</b>	<b>Q18,894,265</b>	<b>Q19,903,852</b>
<b>Flujo neto con sensibilidad menos flujo neto situación actual</b>	<b>(Q742,645.00)</b>	<b>Q441,978</b>	<b>Q391,058</b>	<b>Q115,530</b>	<b>Q276,988</b>	<b>-Q122,816</b>
<b>Valor presente periodo del 2010-2014 al 12%</b>	<b>Q894,946</b>					
<b>Valor presente menos inversión inicial</b>	<b>Q152,301</b>					
<b>TIR</b>	<b>24%</b>					

Fuente: Elaboración propia

La reducción en porcentaje año por año en la variable de razón de disponibilidad del proceso de actualización tecnológica provoca que se incrementen las horas por fallas por mantenimiento correctivo para los periodos 2010-2014, esto conlleva que la proyección de flujos con actualización tecnológica disminuyan conforme se reduce el porcentaje de razón de disponibilidad, con el valor seleccionado de 60% para el año 2009 y reducirlo 10% año con año, se obtiene un valor presente del periodo 2010-2014 de Q152,301.00 y una rentabilidad TIR del 24% que está por encima de la tasa de descuento del 12% de la empresa, estos cambios en la variable de la razón de disponibilidad mantiene rentable la inversión del proceso de actualización tecnológica, ver cuadro 38.

### **5.3.2 Análisis de sensibilidad de cambio en porcentaje de las variables de producción por de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto para medir la rentabilidad de inversión en actualización tecnológica**

En este numeral se evaluará la rentabilidad de la inversión del proceso de actualización tecnológica con cambio de las variables de producción por desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto utilizando el método de sensibilidad, este método se explicó en el numeral 4.4.6.2, el cambio de estas variables afectará el “costo de desperdicio de material de empaque” y “costo de re-empaque de producto”, ver cuadro 22.

En el numeral 4.3.3.1 y 4.3.3.2 se describe que la maquinaria con tecnología actual tiene un promedio de porcentaje de desperdicio de material de empaque con aproximadamente un 3.25% y con el re-empaque de producto representa un aproximado de 2.05% de los requerimientos de producción.

Con el proceso de actualización tecnológica se determinó que el porcentaje de desperdicio de material de empaque se reduciría en un 1.5% y sobre el re-empaque de producto se determinó un valor de 1.3%.

Para el análisis de sensibilidad de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto se utilizaran como base los parámetros de referencia de la maquinaria con tecnología actual, 3.25% de desperdicio de material de empaque y 2.05% de re-empaque de producto.

Cuadro 39

Análisis de sensibilidad con cambio en las variables de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto.

<b>Análisis de sensibilidad con cambio en porcentaje de las variables por desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto</b>						
<b>Periodo</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Sensibilidad en desperdicio material de empaque y re-empaque de producto</b>	<b>(Q742,645.00)</b>	<b>Q16,512,712</b>	<b>Q17,194,613</b>	<b>Q18,043,873</b>	<b>Q19,281,336</b>	<b>Q20,006,301</b>
<b>Situación actual</b>		<b>Q16,051,400</b>	<b>Q16,886,315</b>	<b>Q17,920,588</b>	<b>Q18,894,265</b>	<b>Q19,903,852</b>
<b>Flujo neto con sensibilidad menos flujo neto situación actual</b>	<b>(Q742,645.00)</b>	<b>Q461,312</b>	<b>Q308,298</b>	<b>Q123,285</b>	<b>Q387,072</b>	<b>Q102,449</b>
<b>Valor presente periodo del 2010-2014 al 12%</b>	<b>Q1,049,534</b>					
<b>Valor presente menos inversión inicial</b>	<b>Q306,889</b>					
<b>TIR</b>	<b>31.17%</b>					

Fuente: Elaboración propia

Con referencia al cuadro 39, el análisis de sensibilidad con el cambio de estas variables incrementan los costos de producción que reduce los flujos proyectados para los periodos 2010-2014, el valor presente del periodo 2010-2014 con la tasa de descuento del 12% obtiene un valor de Q1,049,534.00 y una rentabilidad TIR del 31.17% que está por encima de la tasa de descuento del 12% de la empresa, a pesar de estos cambios en la variable de porcentaje de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto, se mantiene rentable la inversión del proceso de actualización tecnológica.

### **5.3.3 Análisis de sensibilidad de cambio en porcentaje de las variables de razón de disponibilidad, desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto para medir la rentabilidad de inversión en actualización tecnológica**

En este numeral se evaluará la rentabilidad de la inversión del proceso de actualización tecnológica por medio del método de sensibilidad con cambio en las variables de razón de disponibilidad, desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto.

Para el análisis de sensibilidad del cambio en porcentaje de las variables por desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto se utilizarán como base los parámetros de referencia utilizados de la maquinaria con tecnología actual, 3.25% de desperdicio de material de empaque y 2.05% de re-empaque de producto. Para el análisis de sensibilidad de la razón de disponibilidad se utilizaran como base los siguientes parámetros; para el año 2010 la razón será de 75%, año 2011 será 65%, año 2012 será 55%, año 2013 será 45% y para el año 2014 será 30%.

El cambio de estas variables incrementará los costos de producción por desperdicio de material de empaque y por re-empaque de producto, y a la vez reduce la disponibilidad de la maquinaria de empaque para su uso en producción por cambio en la razón de disponibilidad.

Los cambios realizados en estas tres variables provocan que el rendimiento TIR obtenga un resultado de 11.37%, resultado que está 0.63% debajo de la tasa de descuento de la empresa que es del 12%, con este análisis de sensibilidad el proceso de inversión en actualización tecnológica no es rentable, ya que hay una pérdida de (Q6,163.00), ver cuadro 40.



Cuadro 40

Análisis de sensibilidad con cambio en las variables por desperdicio de material de empaque, re-empaque de producto y razón de disponibilidad.

<b>Análisis de sensibilidad con cambio en porcentaje de las variables por desperdicio de material de empaque, re-empaque de producto y razón de disponibilidad</b>						
<b>Periodo</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>Sensibilidad en desperdicio material de empaque, re-empaque de producto y razón de disponibilidad</b>	<b>(Q742,645.00)</b>	<b>Q16,469,929</b>	<b>Q17,239,343</b>	<b>Q17,996,486</b>	<b>Q19,130,730</b>	<b>Q19,687,196</b>
<b>Situación actual</b>		<b>Q16,051,400</b>	<b>Q16,886,315</b>	<b>Q17,920,588</b>	<b>Q18,894,265</b>	<b>Q19,903,852</b>
<b>Flujo neto con sensibilidad menos flujo neto situación actual</b>	<b>(Q742,645.00)</b>	<b>Q418,529</b>	<b>Q353,029</b>	<b>Q75,898</b>	<b>Q236,465</b>	<b>-Q216,657</b>
<b>Valor presente periodo del 2010-2014 al 12%</b>	<b>Q736,482.00</b>					
<b>Valor presente menos inversión inicial</b>	<b>(Q6,163.00)</b>					
<b>TIR</b>	<b>11.37%</b>					

Fuente: Elaboración propia

#### **5.4 Selección de la mejor opción de inversión**

Con los incrementos en los niveles productivos las empresas analizan inversiones para incrementar la capacidad de producción, con base a un estudio se determina en que parte de las líneas productivas son necesarias las inversiones para contrarrestar los incrementos en los requerimientos y a la vez la optimización de los recursos productivos para elevar la rentabilidad de la empresa.

En el plan de tesis se analizaron tres tipos de inversión para incrementar la capacidad productiva de la línea de empaque, en esta sección se seleccionará la inversión que mejor cumpla los requisitos para incrementar la capacidad de empaque y optimice los recursos productivos, y a la vez obtener la mayor rentabilidad.

Para la inversión de compra de maquinaria nueva utilizando el 100% con fondos propios se obtiene un VAN negativo de (Q1,168,754.00), con un rendimiento TIR del 2%, el cual está por debajo del valor de la tasa de descuento del 12% de la empresa.

Para el caso de inversión de compra de maquinaria nueva utilizando el 100% deuda se obtiene un VAN negativo de (Q734,828.00), con este resultado no se puede desarrollar un análisis del rendimiento TIR por no haber inversión en el año 2009.

Analizando los resultados de la inversiones por compra de maquinaria nueva, es más rentable utilizando 100% deuda, debido a que el VAN es menos negativo en comparación del VAN utilizando 100% fondos propios.

La evaluación de inversión referente a la actualización tecnológica de la maquinaria actual utilizando fondos propios de la empresa obtuvo un valor presente neto de positivo de Q952,145.00 que toma ya en consideración la inversión inicial del año 2009, para el análisis del rendimiento TIR, se obtuvo un resultado de 62%, el cual está por arriba del valor de la tasa de descuento del 12% de la empresa.

Con el proceso de actualización tecnológica se logró la reducción de costos por: desperdicio de material de empaque, reproceso de re-empaque de producto, mantenimiento correctivo y la optimización por tiempos de producción. La inversión en actualización tecnológica obtuvo un rendimiento superior en lo que se refiere a la compra de maquinaria nueva utilizando deuda o fondos propios.

Como se explicó en los antecedentes, las máquinas actuales fueron adquiridas en el año 1984, el diseño de toda la estructura de la maquinaria de empaque se mantiene si se compara con una máquina fabricada en la actualidad, lo que la diferencia entre una máquina actual y una nueva es por la complejidad de la tecnología más moderna, de esta manera se aprovecha utilizar la maquinaria actual y modificar su tecnología actual por tecnología moderna. Por tal razón se selecciona la inversión de actualización tecnológica como la mejor opción de inversión.

## CONCLUSIONES

- Se identificó la tecnología que mejor se adapta a la maquinaria de empaque para incrementar la velocidad nominal de 30 a 45 bolsas por minuto para aumentar la producción por hora en un 33.33%. y mejorar la operación al reducir desperdicios, re-empaques y fallas por mantenimiento correctivo.
- El análisis comparativo de alternativas de inversión se determinó que la inversión de actualización tecnológica generó un rentabilidad del 62% muy por encima del 12% requerido por la empresa, en comparación con la compra de maquinaria nueva la cual no es rentable en una evaluación de 5 años.
- Se elaboraron los flujos de caja incrementales y se determinó que la inversión de actualización tecnológica fue la mejor opción, ya que se obtuvo un VAN positivo de Q952,145.00 con una rentabilidad TIR del 62%.
- Con el proceso de actualización tecnológica se redujo el porcentaje de fallas de la maquinaria de empaque en un 80% y se optimizó el tiempo del proceso productivo con una reducción aproximada del 30% de los días requeridos para cumplir con los requerimientos de producción.
- Con el proceso de actualización tecnológica se logró reducir: el desperdicio de material de empaque de 3.24% a 1.4%, el re-empaque de producto de 2.05% a 1.3% y se redujo el porcentaje de fallas de la maquinaria de empaque en un 80%.
- Para el análisis de sensibilidad con cambios en la variables de: desperdicio de material de empaque con 3.24%, re-empaque de producto con 2.05% y razón de disponibilidad con 75% para el año 2010, con 65% para año 2011, con 55% para el año 2012, con 45% para el año 2013 y para el año 2014 con 30%, se determinó que el proceso de inversión en actualización tecnológica ya no es rentable, debido a un VAN negativo de (Q6,163.00).

## RECOMENDACIONES

- Para futuras inversiones de crecimiento en la capacidad instalada de una planta de manufactura, es conveniente considerar como primera opción la actualización tecnológica de la maquinaria lo cual permite obtener resultados con una inversión inicial mucho menor.
  
- 2. Es importante considerar en una actualización tecnológica de maquinaria el uso de componentes estándar de tal manera que se garantice su disponibilidad y adquisición en un periodo de tiempo adecuado, para reducir el tiempo de paro por falla.
  
- 3. Al realizar una mejora tecnológica de maquinaria instalada debe existir un análisis detallado de la factibilidad en su aplicación a la maquinaria que va a actualizarse.
  
- 4. Se recomienda que se continúe investigando este tipo de tecnologías modernas para ser instaladas en maquinaria o equipo que lo requieran, para incrementar su eficiencia y reducir costos de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AUTOMATAS PROGRAMABLES. SYSMAC SERIE CJ1. MANUAL DE PROGRAMACIÓN. 2007.
2. GENERAL-PURPOSE AC SERVO. MODEL MR-E-A/AG. INSTRUCTION MANUAL. AUGUST 2008. Manual a utilizar para los motores servo.
3. LAWRENCE J. GITMAN, Principio de Administración Financiera, Editorial Pearson-Addison Wesley. 53519, Naucalpan de Juárez, Edo. de México D.F. Décima edición. 2003
4. NASSIR SAGAG CHAÍN, Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación, Editorial Pearson-Prentice Hall. Atlacomulco No. 500, 5to. piso Colonia Industrial Atoto. 53519 Naucalpan de Juárez, Estado de México. Primera Edición. 2007.
5. PROGRAMMABLE CONTROLLERS, MELSEC-F. MITSUBISHI. FX SERIES. AUGUST 2008. Manual a utilizar para programación del PLC.
6. R. CHARLES MOYER, JAMES R. McGUIGAN, WILLIAM J. KRETLOW, Administración financiera contemporánea, Editorial Thomson. Novena edición 2005
7. SAMPIERI HERNÁNDEZ ROBERTO, COLLADO CARLOS F., PILAR BAPTISTA, Metodología de la Investigación, Editorial Mc Graw Hill. Cedro número 512, Col. Atrampa, delegación Cuauhtémoc 06450 México, D.F. Tercera Edición. 2003
8. SYSMAC. PROGRAMMABLE CONTROLLERS. PROGRAMMINS MANUAL. OMRON. MAY 2008. Manual utilizado para programar.

### Sitios de internet

9. Mitsubishi-automation, sept-2008, Factory Automation, USA, consultada septiembre 2008, manuales de operación de componentes eléctricos  
<http://www.mitsubishi-automation.com/>
10. Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved 2008, updated sep-2008, Product Directory, USA, consultada 6/09/2008, manuales de operación de componentes eléctricos, <http://www.rockwellautomation.com/products/>

11. Omron, fecha de actualización 10/08/2008, Electronic Components, USA, consultada 10/08/2008, manuales de operación de componentes eléctricos  
<http://www.components.omron.com/components/web/webfiles.nsf/products.html>
  
12. Ley impuesto sobre la renta, fecha de actualización 9/04/1992, Mulet Edmond Presidente, Guatemala, Consultada 4/03/2009, DECRETO NÚMERO 26-92 El Congreso de la República de Guatemala.  
[http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Registro/LeyISR.html#\\_Toc156634056](http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/Registro/LeyISR.html#_Toc156634056)

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Costo variable del proceso de producción y empaque de harina	38
Cuadro 2	Datos históricos de ventas del 2004-2009	39
Cuadro 3	Cálculo de la proyección de ventas	40
Cuadro 4	Reporte de rendimiento de producción agosto-diciembre 2008	44
Cuadro 5	Producción esperada en comparación con la producción real	45
Cuadro 6	Resumen de paro de horas de producción	46
Cuadro 7	Proyección en horas por paros de producción	47
Cuadro 8	Desglose de paro de horas del proceso de la maquinaria con tecnología actual	47
Cuadro 9	Eficiencia en el material de empaque de maquinaria actual	48
Cuadro 10	Costo de mantenimiento de maquinaria actual	51
Cuadro 11	Costo de mantenimiento proyectado de maquinaria actual	52
Cuadro 12	Proyección en ventas utilizando la maquinaria de empaque con su tecnología eléctrica actual	53
Cuadro 13	Reporte de rendimiento de producción proyectada con actualización tecnológica de maquinaria actual	57
Cuadro 14	Análisis incremental de producción con actualización tecnológica en la maquinaria de empaque	58
Cuadro 15	Desglose de paro de horas del proceso con actualización tecnológica	59
Cuadro 16	Ahorro en costos por día de producción	61
Cuadro 17	Eficiencia en el material de empaque de maquinaria con inversión	61
Cuadro 18	Costo de mantenimiento de maquinaria con actualización tecnológica	63
Cuadro 19	Equipo necesario para la actualización tecnológica	65
Cuadro 20	Recurso humano necesario para la realización del plan	67
Cuadro 21	Inversión total del proyecto de actualización tecnológica	68
Cuadro 22	Proyección en ventas utilizando la maquinaria de empaque	



		110
	con su actualización tecnológica	72
Cuadro 23	Análisis de sensibilidad por cambio de variable de razón de disponibilidad	74
Cuadro 24	Análisis de sensibilidad por cambio de variable de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto	75
Cuadro 25	Análisis de sensibilidad por cambio de variable de razón de disponibilidad, desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto	76
Cuadro 26	Reporte de rendimiento de producción proyectada con maquinaria nueva	78
Cuadro 27	Inversión en compra de maquinaria nueva	79
Cuadro 28	Desglose del pago de intereses y amortizaciones del préstamo bancario	81
Cuadro 29	Ahorro en costos por día de producción	81
Cuadro 30	Eficiencia en el material de empaque con maquinaria nueva	82
Cuadro 31	Costo de mantenimiento de maquinaria nueva	83
Cuadro 32	Proyección en ventas de inversión utilizando deuda de compra de maquinaria de empaque nueva	86
Cuadro 33	Proyección en ventas de inversión con fondos propios de compra de maquinaria de empaque nueva	89
Cuadro 34	Proceso incremental de inversión utilizando fondos propios de compra maquinaria nueva	89
Cuadro 35	Análisis incremental de inversión con deuda de compra de maquinaria nueva	93
Cuadro 36	Proceso incremental de inversión de actualización tecnológica	95
Cuadro 37	Ajuste de sensibilidad en la razón de disponibilidad	97
Cuadro 38	Análisis de sensibilidad con cambio en la variable de razón de disponibilidad	98
Cuadro 39	Análisis de sensibilidad con cambio en las variables de desperdicio de material de empaque y re-empaque de producto	100

Cuadro 40	Análisis de sensibilidad con cambio en las variables por desperdicio de material de empaque, re-empaque de producto y razón de disponibilidad	102
-----------	---	-----

### **ÍNDICE DE DIBUJOS**

Figura 1	Proceso de formado de una bolsa empacada	8
Figura 2	Diagrama organizacional	17
Figura 3	El encoder	20
Figura 4	Material de empaque	21

### **ÍNDICE DE GRAFICAS**

Grafico 1	Rendimiento de material de empaque	3
-----------	------------------------------------	---

## GLOSARIO

- **Apagón:**  
Corte de energía eléctrica por la empresa proveedora de energía.
- **Aire comprimido:**  
Se refiere a una tecnología o aplicación técnica que hace uso de aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor.
- **Bajo voltaje:**  
El voltaje proporcionado por la empresa proveedora de energía no cumple las características del voltaje nominal deseado.
- **Bunker:**  
Residual de petróleo para combustión de calderas.
- **Cadena:**  
La palabra cadena se ha utilizado para referirse a un objeto constituido por una serie de eslabones, generalmente metálicos, enlazados entre sí.
- **Chumacera:**  
Pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria.
- **Cilindro neumático:**  
El cilindro neumático es el elemento utilizado para transformar la energía del aire comprimido en movimiento lineal. Es el responsable, dentro del ámbito industrial y en otras instalaciones, de por lo menos, una de las tres operaciones básicas: dar movimiento, retener o componer alguna pieza.

- **Cojinete:**

Pieza de metal u otro material en la que se apoya y gira cualquier eje de maquinaria.

- **Control de temperatura:**

Dispositivo electrónico para llevar un control de la temperatura que es ajustado según los parámetros requeridos a una temperatura deseada.

- **EEPROM:**

Es dispositivo electrónico tipo integrado que guarda un programa su memoria que puede ser programado, borrado y reprogramado eléctricamente.

- **Gas propano (LPG):**

El gas licuado del petróleo (GLP), en inglés Liquefied Petroleum Gas (LPG), es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo.

- **Material de empaque metalizado (polipropileno bioorientado):**

El polipropileno biorientado (BOPP) son capas de polipropileno fabricadas de tal forma que una cara sea de impresión brillante y la otra opaca.

Los films de polipropileno biorientado ofrecen ciertas propiedades que lo hacen ser una opción eficiente para el empaque de productos generales: son resistentes a los golpes, roturas, perforaciones, y también son resistentes al agua e impermeables al vapor de agua. Además, tienen un acabado de superficie brillante y un elevado grado de transparencia. Para usos generales en empaque de alimentos o empaque de regalos

- **Neumática:**

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

- **OEE:**

*Overall Equipment Effectiveness*) eficiencia general de los equipos.

- **Polipouch:**

- **Polipropileno de dos capas:**

El polipropileno posee dos capas de polipropileno estirados biaxialmente, esto significa que una capa es puesta en forma transversal sobre una capa de OPP y otra capa es estirada en forma longitudinal en la otra cara del OPP.

Propiedades del Polipropileno:

- Excelente calidad y brillo.
- Alta resistencia y rigidez.
- Es ideal para aplicaciones de contacto directo con alimentos y cosméticos ya que no posee olor ni sabores que se traspasen a éstos.
- Las diferentes capas, convierten al producto en una barrera contra gases y humedad.

- **PLC:**

Programador lógico de control

- **Resistencia:**

Elemento eléctrico utilizado para calentar un material de hierro dulce utilizado para sellar la bolsa por medio de calor.

- **Termocopla:**

Una termocopla es simplemente dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta proporcionalmente con la temperatura.