



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA
DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE COCIMIENTO Y
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE FÁBRICA DE HARINAS**

Byron Alberto Arroyo González

Asesorado por el Mtra. Inga. Lourdes Pamela Díaz Carranza

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA
DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE COCIMIENTO Y
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE FÁBRICA DE HARINAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BYRON ALBERTO ARROYO GONZÁLEZ
ASESORADO POR MTRA. ING. LOURDES PAMELA DÍAZ CARRANZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
SECRETARIO	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA
DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE COCIMIENTO Y
AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE FÁBRICA DE HARINAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 11 de noviembre de 2022.



Byron Alberto Arroyo González



EEFI-PP-2031-2022

Guatemala, 12 de noviembre de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE COCIMIENTO Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE FÁBRICA DE HARINAS**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Sistemas de modelos de gestión**, presentado por el estudiante **Byron Alberto Arroyo González** carné número **200010610**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

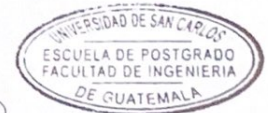
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Lourdes Pamela Díaz Carranza
Ingeniera Mecánica Industrial
Colegiado No. 20,362

Mtro. Lourdes Pamela Díaz Carranza
Asesor(a)

Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-1676-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE COCIMIENTO Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE FÁBRICA DE HARINAS**, presentado por el estudiante universitario **Byron Alberto Arroyo González**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022

LNG.DECANATO.OI.266.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN DE VAPOR, PARA MEJORAR LOS TIEMPOS DE COCIMIENTO Y AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE FÁBRICA DE HARINAS**, presentado por: **Byron Alberto Arroyo González**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Ariabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme permitido realizar una más de mis metas.
Mis padres	Aura Guadalupe González de León y Manuel de Jesús Arroyo Quiñonez, por haberme traído al mundo, por su amor incondicional y ser guía y ejemplo de mi vida; mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
Mis hijos	Allison, Carlos Manuel y Valeria Arroyo, por ser el motor, motivación y felicidad de mi vida, porque si no estuvieran a mi lado este triunfo no sería lo mismo.
Mis hermanas	Jeovanna e Iliana Arroyo, por su apoyo y compañía durante mi vida; por esa unidad que nos caracteriza.
Mi familia	Por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudio que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por enseñarme que todo problema tiene una solución.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por darme la oportunidad de culminar mi carrera, para continuar avanzando en mi formación académica.
Mi corazón lindo	Por haberme enseñado que con la motivación adecuada no hay sueño inalcanzable.
Mis amigos	Eduardo Hernández, Byron Salazar y Pablo Álvarez, por todas las experiencias y anécdotas vividas.
Mi asesor	Msc. Ing. Lourdes Pamela Díaz Carranza, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Amigos y compañeros en general	Por su amistad y sus consejos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.1. Contexto general	11
3.2. Descripción del problema	12
3.3. Formulación del problema	14
3.4. Delimitación del problema	14
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	23
7.1. Diseño de proceso.....	23

7.1.1.	Recepción de la materia prima.....	23
	7.1.1.1. Tolva de descarga.....	23
7.1.2.	Carga del digestor.....	24
	7.1.2.1. Tornillo sin fin.....	24
7.1.3.	Hidrólisis.....	24
7.1.4.	Presecado.....	24
7.1.5.	Descarga del digestor.....	25
7.1.6.	Secado.....	25
7.1.7.	Molienda.....	26
	7.1.7.1. El molino de tornillos.....	26
7.1.8.	Tamizado.....	26
	7.1.8.1. Tamiz vibratorio.....	26
7.1.9.	Envasado.....	27
7.2.	Definición de procesos.....	27
	7.2.1. Gestión de procesos.....	29
7.3.	Productividad.....	29
	7.3.1. La producción y los sistemas productivos.....	29
	7.3.2. Concepto de productividad.....	30
	7.3.3. Factor de productividad total.....	32
	7.3.4. Medición de la productividad.....	32
7.4.	Lean Manufacturing.....	33
	7.4.1. Principios de Lean Management.....	35
	7.4.2. Principios de Lean Manufacturing.....	36
	7.4.3. Herramientas asociadas a Lean Manufacturing.....	38
7.5.	Estudio de tiempos.....	40
	7.5.1. Material necesario para un estudio de tiempos.....	41
	7.5.2. Etapas del estudio de tiempos.....	41
	7.5.2.1. Tiempo real.....	42
	7.5.2.2. Tiempo normal.....	43

	7.5.2.3.	Tiempo estándar.....	43
	7.5.3.	Factor de calificación	43
7.6.		Herramientas de la estrategia de mejora.....	44
	7.6.1.	Herramientas para definir	44
		7.6.1.1. Balanced Scorecard	44
		7.6.1.2. Indicadores (KPI).....	45
	7.6.2.	Herramientas para medir	46
		7.6.2.1. Diagrama de flujo.....	46
		7.6.2.2. Matriz causa y efecto.....	46
	7.6.3.	Herramientas para analizar.....	47
		7.6.3.1. Ishikawa.....	47
		7.6.3.2. Histograma	48
	7.6.4.	Herramientas para mejorar	48
		7.6.4.1. Balanceo de líneas	48
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	49
9.		METODOLOGÍA.....	53
	9.1.	Características del estudio	53
	9.2.	Unidades del análisis.....	54
	9.3.	Variables.....	54
	9.4.	Fases del estudio	56
		9.4.1. Fase uno: exploración bibliográfica	56
		9.4.2. Fase dos: recolección de datos o información.....	56
		9.4.3. Fase tres: análisis de la información.....	57
		9.4.4. Fase cuatro: rediseño del proceso e implementación del estudio	57
		9.4.5. Fase cinco: preparación del informe final	58

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	59
10.1.	Técnicas de análisis de información.....	59
10.2.	Técnicas de análisis de información.....	60
11.	CRONOGRAMA	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	65
12.1.	Recursos necesarios.....	65
13.	REFERENCIAS	67
14.	APÉNDICE.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de árbol, causas, efectos y consecuencias.....	13
2.	Fase uno: recolección de datos o información.	20
3.	Fase dos: análisis de la información	20
4.	Fase tres: rediseño del proceso	21
5.	Diagrama básico de proceso.....	28
6.	Elementos de un sistema productivo.....	30
7.	Principios básicos del Lean Management.	36
8.	Tareas del mantenimiento autónomo	40

TABLAS

I.	Variables a analizar del proyecto.....	54
II.	Recursos necesarios para la investigación	66

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
\$	Dólar estadounidense
E	Este
°C	Grados Celsius
°C/h	Grados Celsius por hora

GLOSARIO

Caldera pirotubular	Equipo de generación de vapor, en el que los gases calientes provenientes de la combustión circulan dentro de los tubos, los cuales se encuentran rodeados por agua en el exterior.
Calidad de vapor	Se refiere a la fracción de vapor seco que se encuentra dentro del vapor húmedo. La fracción seca va de 0 a 1.
Calor latente	Es la entalpía necesaria para producir un cambio de estado en un líquido o vapor, que se realizan a temperatura constante.
Condensación	Cambio de estado de vapor a líquido, mediante la extracción de cantidades importantes de energía calorífica.
Eficacia	Capacidad de alcanzar el efecto que se espera o se desea tras la ejecución de una acción.
Eficiencia	Capacidad de producir o cumplir adecuadamente una función.
Entalpía	Transformación en el curso de la cual se puede recibir o aportar energía.

Insumos	Es todo aquello disponible para el uso y desarrollo de la vida humana, desde lo que se encuentra en la naturaleza hasta lo que crean las personas; es decir, la materia prima de una cosa.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
Planificación	Proceso bien meditado y con una ejecución metódica y estructurada, con el fin de cumplir un objetivo determinado.
Poder calorífico	Cantidad de energía calorífica que puede liberar un combustible mediante su quemado. Expresado en BTU/Gal o kJ/Gal
Producción	Fabricación o elaboración de un producto mediante el trabajo.
Productividad	Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtenerla.

RESUMEN

Ante la obligación de actualizar y reforzar la tecnología en las áreas de distribución, almacenamiento, mantenimiento y producción de los productos, surge la necesidad de verificar los procesos y estandarizarlos a una nueva época con mejores tecnologías y aprovechamiento de los recursos actuales.

Con este estudio y los resultados obtenidos se espera eliminar actividades que no agregan valor, mejoras como la modificación de tuberías del paso de vapor, para mejorar su transferencia de calor a los procesos.

Se le dará énfasis a la importancia de estar siempre a la vanguardia de la tecnología; optimizar no solo la operatividad en los departamentos en mención, sino que trascienda a los demás departamentos.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más frecuentes de Producción a lo largo de los años ha sido la falta de economías de escala, que impide a las empresas reducir los costos a medida que aumenta la producción. Además, la falta de planificación estratégica impide a las empresas alcanzar niveles óptimos de producción, lo que repercute negativamente en su rentabilidad.

El problema de algunas empresas es no saber cuánto tiempo se necesita para crear un bien, este fue el caso de una planta avícola ubicada en Amatlán, cuya producción se vio afectada negativamente por el alargamiento de los periodos de cocción de su harina, a medida que aumentaba su producción.

El objetivo de este estudio se refiere a una estrategia de desarrollo de soluciones, orientadas a eliminar las causas de los problemas de rendimiento del proceso de producción de harina para animales. Se busca el control de las variables del desarrollo, la simplicidad, la agilidad y aumentar la velocidad en el proceso de fabricación.

Para lograr la solución de la problemática en dicha empresa se utilizará la técnica que se basará en el modelo de gestión *Lean Manufacturing*, que es un modelo de gestión para disminuir el uso de recursos en los procesos de fabricación. Inicialmente, se establecerá el diagnóstico de la situación y se recolectarán los datos en relación con los tiempos de cocción, iniciando con la observación directa, luego con la inspección de los equipos y las entrevistas con el personal de producción.

El proyecto de estudio está basado en la línea de investigación sistemas de modelos de gestión, al considerar que la solución de aumentar la extensión de las líneas de vapor tendrá un impacto sustancial en la eficacia de la producción, lo que ayudará a reducir los tiempos de cocción en todos los equipos, además del beneficio del aumento por línea de producción. Este tipo de enfoque puede ofrecer una base precisa para determinar las cantidades y el momento de la producción real, al tiempo que acorta o elimina la duración de las actividades inútiles.

Dado que la empresa siempre busca la excelencia, la satisfacción de los clientes, la presencia en el mercado y la rentabilidad, se recopilarán datos para la presentación del informe a la junta directiva, sobre el estudio técnico y financiero que determinará la viabilidad del procedimiento. Se augura que el plan de mejora se extenderá en toda la organización, ya que está basado en las cualidades de eficiencia y eficacia.

2. ANTECEDENTES

Las empresas deben encontrar continuamente formas de producir más, pero gastando menos, por lo que necesitan buscar la optimización. Según Bautista (2010), el objetivo es disminuir o erradicar por completo las pérdidas de tiempo y dinero, los gastos innecesarios, los impedimentos y los errores para completar el proceso.

La productividad está determinada por la capacidad que tenga un producto para satisfacer completamente las peticiones de los clientes, así como encajar en los procedimientos de una organización. Por ello, el diseño de un producto y la calidad con la que se suministren influirán en un impacto significativo en el precio que los interesados estén dispuestos a pagar por él y, en consecuencia, en los resultados finales del proceso. De esa manera, el efecto que tienen los bienes o servicios dados se decide por sus cualidades inherentes, así como los precios de venta. Ramírez (2011) afirma que esto se debe a que el diseño y la ingeniería del producto tienden a centrarse en altos niveles de eficiencia, lo que lleva a desear etapas de confort o mejora continua.

El correcto funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria, así como la ampliación de la capacidad productiva por medio de la gestión eficaz de los cuellos de botella, son factores que contribuyen al desarrollo de los equipos de producción en la productividad. Según Díaz, Gonzales y Ruiz (2005), todos los miembros del personal de la organización deben participar en la producción y el mantenimiento, ya que son tareas operativas que deben realizarse en todo momento para cumplir los objetivos de la empresa.

La tecnología es quizá el factor más crucial para determinar la productividad en una empresa. Esta automatiza las operaciones que permiten aumentar los niveles de producción y, al mismo tiempo, posibilita la entrega de artículos de mayor calidad como resultado de una mejor manipulación de esos productos. Cuando hablamos de tecnología, tenemos en cuenta cómo se manejan y regulan todos los datos generados por las operaciones y actividades de una organización. Las tecnologías, según López (2004), han tenido un impacto significativo en las economías y las empresas, así como en la productividad de los factores.

Sin embargo, también es necesario un adecuado control de los procesos de producción; como sugiere Gómez (2010), hay que tener en consideración la calidad del producto final, ya que esto puede suponer un beneficio importante. Junto con las materias primas, también hay que tener en cuenta la gestión de los inventarios, ya que de este modo es posible alcanzar los niveles ideales de existencias y reducir los gastos inútiles.

Tanto los tipos como los métodos de trabajo y de producción utilizados afectan al nivel de productividad que se puede alcanzar; estos métodos toman en consideración las actividades que se realizan, las herramientas e instrumentos de trabajo que se utilizan, así como los materiales y los equipos para dicha transformación. Con este factor se mejora la productividad, la optimización de los recursos servirá para realizar un trabajo más fácil y a menor tiempo. La capacidad de dividir el trabajo y coordinar cada uno de los procesos dentro de la estructura de la empresa, permite que esta funcione de forma dinámica y con la flexibilidad de planificar según lo requiera para cumplir los objetivos. En consecuencia, siendo muy metódicos no se lograría adaptarse a los cambios del mercado.

Independientemente de los objetivos que se hayan fijado, los cambios en la economía y sociedad afectan con frecuencia la productividad de las empresas. Sin embargo, hay que señalar que esta relación es una vía de doble sentido; en otras palabras, la producción es tanto el resultado como la raíz del avance social y económico. La relación entre el cambio estructural y el crecimiento económico es inquebrantable, según algunos estudiosos que afirman que es una necesidad para el progreso económico. Por otra parte, cómo lo dice Vera (2009), el cambio estructural se centra en los cambios no solo en la formulación del bien o producto, sino también en la demanda del mercado, avance tecnológico y los patrones comerciales.

Según Rodríguez (2005), las políticas macroeconómicas de los gobiernos pueden configurar el coste relativo de los factores de producción, lo que a su vez determina el comportamiento de los factores productivos. El gasto social, según Lozada (2007), es que a través de algunos programas sociales se podría llegar a reducir la productividad total de los factores, lo que se ve agravado por los resultados en la caída del mercado.

Cequea y Nuez (2011) consideran que la productividad tiene un carácter multifacético y que numerosos factores influyen en su crecimiento. En todas las etapas de los procesos de ejecución existe el factor humano, lo que requiere una relación laboral continua entre ellas, según estos autores, quienes también afirman que la productividad de una organización se evalúa en parte por sus recursos humanos. Además, sostienen que es un reto cuantificar en la productividad la importancia del factor humano, que se necesitan enfoques especializados para proporcionar una aproximación a esta relación. Dado que tanto los individuos como los grupos y las organizaciones pueden funcionar de forma individual o colectiva.

La capacidad de innovar y desarrollar técnicas de trabajo es una habilidad que el conocimiento y la experiencia otorgan a los empleados. Por lo tanto, el conocimiento puede dar lugar a avances en el servicio al cliente, la calidad y la productividad, la cultura, diseños técnicos y científicos, aunque la mayoría de las veces puede ser un reto reconocer estas contribuciones. (Gómez, 2012)

Esto lleva a la conclusión de que, cuando se realiza un estudio no solo debe participar el investigador, sino también quienes están directamente involucrados en el proceso. Esto se debe a que ellos son los que mejor conocen los pasos del proceso que causan retrasos en la producción, y también son los que han observado las mejores soluciones a los problemas que han surgido.

Según Pineda (2005), para alcanzar la eficacia deseada hay que emplear las normas de Tanner; es necesario ser eficaz y eficiente de forma sostenida en el tiempo, para lograr estos objetivos.

Si bien es cierto que se tendrá contacto con las personas en el trabajo, para conocer cuáles son las actividades que más tiempo y trabajo representan para desarrollarlas, será un apoyo a estas afirmaciones y para ver aquellas cosas que los operarios no pueden ver por sí mismos. El estudio de tiempos y movimientos es una actividad que será muy útil en esta investigación.

González (2009) creó una investigación de tiempo y movimiento para reducir los costes laborales en el sector de los helados. El objetivo principal de esta actividad era deshacerse de los movimientos ineficientes, lo que facilitaba las actividades y producía mejores resultados en términos de eficiencia y velocidad del trabajo.

El estudio de tiempos, según Gonzáles (2014), utiliza métodos para calcular el tiempo que se tarda en completar una actividad, utilizando un procedimiento establecido. Tiene en cuenta el cansancio, los retrasos individuales e imprevistos.

Cuando se realiza el estudio del trabajo se incluyen una serie de metodologías. El enfoque básico en un estudio de métodos suele tener las siguientes etapas: seleccionar, registrar, investigar, establecer, evaluar, definir, implementar y controlar. De acuerdo a Kanawaty (2012), el estudio de métodos es el registro y el examen crítico de las circunstancias en las cuales se realizan las actividades con el fin de introducir mejoras.

Para las empresas con altos estándares de calidad, el control de la productividad es totalmente esperado y aconsejado, según Ruiz (2013). Una organización tendrá una herramienta de mejora continua gracias a este enfoque. Se predice que las desviaciones en los costos y tiempos de producción serán causadas por un grupo de factores causales, entre los que se encuentran: a) incidentes provocados por cuestiones de gestión, y b) un desempeño por debajo del promedio. El estudio de tiempos es esencial para averiguar la causa en ambas situaciones.

Para determinar si una organización funciona realmente de forma adecuada, es importante tener en cuenta que toda empresa tiene unos objetivos económicos que debe alcanzar para mantenerse en el mercado y seguir funcionando. Estos objetivos ayudan a definir los rangos de medición; por lo regular los indicadores financieros y productivos son los que se utilizan para evaluar y determinar el rendimiento de una empresa en relación con los objetivos especificados. Sin embargo, independientemente del número de indicadores, solo deben evaluarse aquellos que incluyan los datos necesarios para permitir

una toma de decisiones oportuna. (Díaz, 2009). Para examinar el comportamiento de las organizaciones, Fontalvo, Vergara y De La Hoz (2012) aplican un análisis discriminatorio a los estados financieros para encontrar los factores que mejor discriminan.

Según Fontalvo, Morelos y De La Hoz (2011), los criterios e indicadores utilizados para cuantificar la productividad de estos elementos cambian y se modifican con frecuencia. Sin embargo, numerosos estudios proporcionan a los gerentes y administradores de procesos los fundamentos que necesitan, para entender las tendencias de los indicadores de productividad y decidir cómo mejorarlos.

Los autores Fontalvo y Morelos (2012) también observaron el comportamiento de las empresas con indicadores financieros, para evaluar el comportamiento de mejora de un grupo de empresas en un determinado entorno.

El modelo EFQM se basa en los siguientes criterios: cinco son agentes y cuatro están relacionados con los resultados. Los agentes se refieren a las acciones realizadas por la empresa, mientras que los criterios de resultados se centran en los resultados. Los agentes producen los resultados, que luego se mejoran mediante la retroalimentación.

El enfoque de la EFQM pretende incluir sistemas de gestión de calidad, existentes en un marco de gestión de la calidad más completo y amplio, en lugar de oponerse a ellos. El concepto también se basa en la lógica REDER, en la que se definen pautas de medición para los siguientes criterios: resultados, enfoque, despliegue, evaluación y revisión. Los resultados deben mostrar una tendencia positiva, compararse con los objetivos propios y los de otras organizaciones, y ser un resultado directo de las estrategias de los agentes.

El modelo EFQM ayuda a que una organización se centre en sus clientes; uno de sus principales objetivos es hacer que la dirección sea más consciente en buscar una mejora continua de sus productos o servicios. Dado que este modelo pretende hacer un seguimiento y mejorar el progreso a lo largo del tiempo, esta herramienta se vuelve indispensable para lograr objetivos estratégicos. (Vargas, 2016)

Se concluye que la productividad y la competitividad de la empresa siempre se verán afectadas de forma significativa, independientemente del modelo de producción y calidad que la empresa decida utilizar.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

El trabajo de investigación se realizará en una empresa comercial dedicada, principalmente, a la producción y comercialización de productos alimenticios derivados del pollo y cerdos.

La harina para animales es un producto orgánico, compuesto principalmente por proteínas. Es común utilizar este tipo de productos en alimentación animal por su alto valor energético. La producción de este producto abarca distintos procesos, uno de ellos es la cocción de la materia prima, acción para la cual se utilizan cocinadores industriales. Estos equipos tienen forma cilíndrica y en su interior contiene un transportador que permite el movimiento de la materia a través de él.

El proceso de cocimiento se hace a través de un calentamiento indirecto de vapor, por medio de un intercambio de calor. Esta acción provee un calentamiento rápido y parejo; la ventaja que ofrece este método es que las gotas de agua formadas durante el proceso no afectarán al producto.

La empresa ha mantenido un crecimiento sostenido anual promedio del 4 % a pesar de los distintos problemas económicos que tiene el país, gracias a la implementación oportuna de técnicas de producción y comercialización efectiva, así como el desarrollo empresarial de sus miembros.

Debido a que varios de los procesos actuales, empleados para el cocimiento de la harina en el Departamento de producción, se han quedado atrás respecto de las necesidades actuales, es preciso la aplicación de mejoras en la distribución de las líneas de vapor, así como el aprovechamiento de vapor que este puede alcanzar por medio del calentamiento indirecto, para mejorar los tiempos de producción.

3.2. Descripción del problema

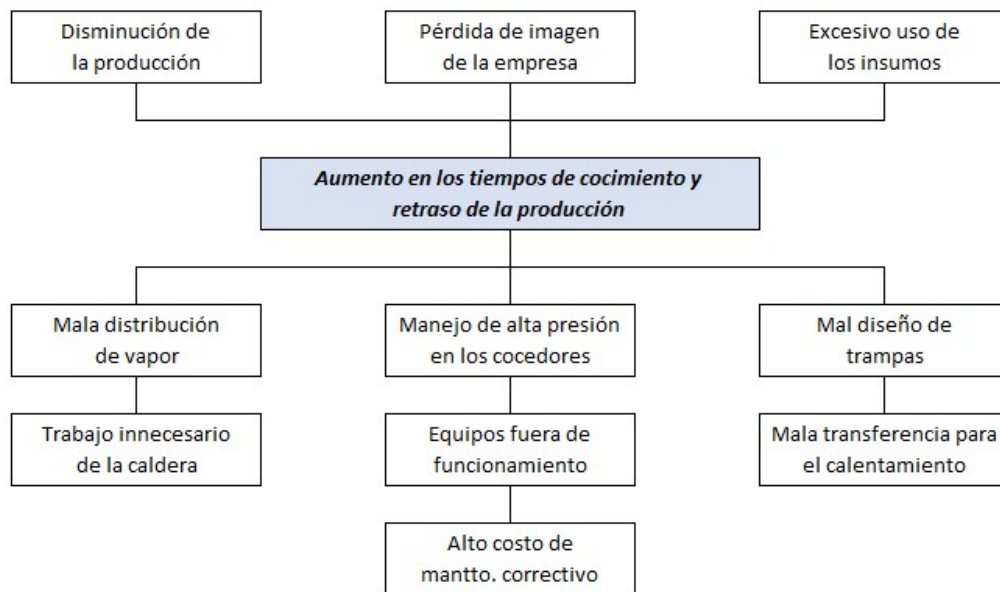
El sistema de gestión con el que actualmente opera el departamento de producción presenta varias deficiencias, tanto a nivel operativo como en la forma de planificación, lo cual genera varios inconvenientes en las distintas funciones que realiza dicho departamento. Uno de los más relevantes es el incremento de tiempo de producción por equipo, ya que conforme la demanda fue en aumento se vieron en la necesidad de sacar derivaciones de la línea principal de vapor. Este proceso se volvió ineficiente, ya que no realizaron un estudio previo para verificar y garantizar la cantidad de vapor requerida por equipo. Adicional a esto, el sistema se ve comprometido porque no funciona de forma adecuada, ya que existen fugas de vapor en las tuberías, válvulas, equipos, trampas y conexiones; no cuentan con un aislamiento y no existe manifold para la correcta distribución de vapor.

Estas deficiencias comúnmente se evidencian en malestar de algunos clientes, porque los tiempos de entrega de producto terminado son muy tardados. Se empezaron a detectar quejas y la insatisfacción del departamento de producción, lo cual afecta el crecimiento de la empresa porque la hace más lenta, por tener un servicio mal estructurado y desprovisto de las herramientas adecuadas para llevar a cabo un trabajo eficaz.

Debido a estas deficiencias que ocurren por la manera en que se están administrando los recursos de producción, es necesario proponer varias mejoras en la distribución de vapor, que permitan optimizar dichos recursos y mejorar las funciones de los departamentos involucrados y, a la vez, garantizar un nivel de servicio al cliente excepcional.

A continuación, se presenta un diagrama de árbol, donde muestra las causas, efectos y consecuencias que estos conllevan.

Figura 1. **Diagrama de árbol, causas, efectos y consecuencias**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

3.3. Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cómo se puede disminuir el tiempo de cocimiento y aumentar la productividad de la línea en una fábrica de harinas, ubicada en Amatitlán?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuál es la situación actual de la distribución de las líneas de vapor, para garantizar la demanda de vapor en los equipos de cocimiento?
 - ¿Cuáles son las principales causas que provocan el extenso tiempo de cocimiento de harina en la actualidad?
 - ¿Cuál es el tiempo estándar de cada operación en el proceso de calentamiento de la harina en cada cocedor?
 - ¿Qué mejoras pueden implementarse para disminuir los tiempos de cocimiento e incrementar la cantidad producida por día?

3.4. Delimitación del problema

La investigación se realizará en el departamento de producción de la empresa comercializadora de productos alimenticios derivados del pollo y cerdos, ubicada en el área de Palín, municipio industrial del departamento de Escuintla, Guatemala, en el período de mayo a noviembre del 2022. Una de las delimitaciones es la resistencia al cambio por parte de los operarios de los equipos, puesto que llevan mucho tiempo laborando de esta manera y se teme que puede generar cierta oposición al cambio.

4. JUSTIFICACIÓN

Para efectuar el presente estudio se toma la línea de investigación: implementación de sistemas de producción, la cual está diseñada para atender las necesidades del entorno empresarial, por medio del desarrollo de proyectos e innovación tecnológica, estas técnicas impulsan el mejoramiento de los sistemas productivos y mantenimientos, así como la planificación y control de la producción.

Ya que la operación productiva ha crecido significativamente en los últimos años y, con esto, la demanda de abastecimiento ha seguido la misma línea. Se ha considerado, como lo describe el planteamiento del problema de investigación, la necesidad de buscar una mejor manera de gestionar los procesos en la producción, especialmente los enfocados al cocimiento de la harina, para hacerlos eficientes y productivos. Se estima que la gestión de la distribución de vapor es el modelo que mejor contribuye a la solución del problema planteado.

La motivación del investigador es brindarle a la empresa una propuesta de solución actualizada, que sea funcional, que le permita hacer eficientes y productivos sus procesos de cocimiento y que contribuya a ser más competitiva.

Se considera importante desarrollar el presente trabajo, porque a través del mismo se podrá aportar conocimiento, información y actualización de las personas que integran la empresa. Se pretende brindar herramientas de gestión para que puedan realizar mejoras en sus tiempos de producción, ciclo de mejora

continua y otros procedimientos que contribuyan a alcanzar los objetivos estratégicos de la empresa.

Los beneficiados con el proyecto serán los gerentes de mantenimiento y de producción, ya que tendrán una mejor disponibilidad en las nuevas líneas de distribución de vapor y podrán mejorar los tiempos de cocción. Se espera que el resultado obtenido en el proceso de cocimiento de harina se pueda replicar en las diferentes plantas de la empresa a nivel nacional e internacional.

Considerando que la gestión por procesos es la base fundamental, se espera que con las mejoras obtenidas podrán producir mayor cantidad de lotes y de una manera eficiente. El departamento de producción podrá disponer en mejores condiciones de sus equipos e instalaciones.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar una propuesta de mejora en la distribución de vapor, para aumentar la producción y reducir los tiempos de cocimiento en una fábrica de harinas para animales.

5.2. Específicos

- Detallar un diagnóstico de la situación actual de la distribución de las líneas de vapor, para verificar la cantidad producida de vapor para cada equipo de cocimiento.
- Identificar las principales causas que provocan el extenso tiempo de cocimiento de harina en la actualidad.
- Calcular el tiempo estándar de operación en el proceso de calentamiento de la harina en cada cocedor, a través de estimaciones de la entalpía de evaporación.
- Establecer los planes de mejora que deben implementarse para disminuir el tiempo de cocimiento e incrementar la cantidad producida por día.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Ante la necesidad de contar con un plan para mejorar los tiempos de cocimiento y aumentar la productividad, se plantea este estudio y por medio de la metodología de *Lean Manufacturing* se pretende disminuir o eliminar los tiempos de retrasos en la producción, generado por la mala distribución en las líneas de vapor y la secuencia de encendido de los equipos.

Para llevar a cabo este análisis de mejora de tiempos en la producción, se revisará el tiempo de producción por cocedor y todas las actividades realizadas en este proceso durante los dos últimos años. Se tomará en cuenta el equipo de generación de vapor, la distribución en las líneas, el intercambio de calor en los equipos y el retorno de condensado de cada uno de ellos.

Acompañado al estudio de tiempos, también se iniciará un reporte donde se refleje la cantidad de harina y el consumo de vapor de cada cocedor por ciclo de trabajo. Así mismo, se registrará la cantidad de *batch* producidos por día versus la cantidad demandada, además del desperdicio de condensado que pudiera existir por contaminación de grasas al operar de mala manera el equipo.

Al finalizar estas actividades, se presentará un plan de mejora del proceso de calentamiento de la harina, el cual propondrá los pasos a seguir para trasladar paulatinamente esta actividad, como parte de los procesos internos de la fábrica de harina para animales. Reflejará los ahorros que pueden lograrse al implementarse el rediseño de procedimiento de cocimiento y los volúmenes de producción que la fábrica puede comprometerse a entregar.

Para cumplir con los objetivos planteados y otorgar una solución eficiente a la fábrica de harinas, se realizarán las siguientes fases:

Figura 2. Fase uno: recolección de datos o información

ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RECURSOS	TIEMPO
Obtención de datos de financieros	Solicitud al área financiera los gastos de producción de vapor para el cocimiento de la harina para animales de los últimos dos años.	Humano, computador.	3 semanas
Obtención de consumos de vapor y desperdicios	Llenado de hojas de reportes diarios de consumos de vapor y desperdicios de condensando.	Humano, hojas de reporte.	3 semanas
Establecimiento del proceso de cocimiento	Entrevistas al personal de producción y mantenimiento para determinar las actividades del proceso y toma de tiempos de cada actividad para el cocimiento de la harina.	Humano, hojas de reporte, computador y cronómetro.	3 semanas

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 3. Fase dos: análisis de la información

ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RECURSOS	TIEMPO
Análisis de los costos de producción	Determinar la tendencia de los costos de producción de harina para animales.	Humano, computador.	2 semanas
Análisis de los desperdicios	Digitación de los datos obtenidos en las hojas de reporte, análisis de causa de los datos y determinación del porcentaje.	Humano, hojas de reporte, computador.	2 semanas
Análisis de los tiempos de producción	Digitación de los tiempos de producción obtenidos en las hojas de reporte, diagramación del flujo del proceso de cada actividad.	Humano, hojas de reporte, computador.	2 semanas

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 4. **Fase tres: rediseño del proceso**

ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RECURSOS	TIEMPO
Nuevo flujo del proceso	Determinar las actividades que representen retrabajo en el proceso.	Humano, computador.	2 semanas
Nuevo tiempo de proceso de producción	Determinar el tiempo óptimo del proceso de cocimiento de la harina.	Humano, computador.	3 semanas
Ahorros a alcanzar	Calcular la cantidad de desperdicio del condensado que se eliminen con el rediseño del proceso y trasladarlo a unidad monetaria.	Humano, computador.	2 semanas
Resumen	Comparativo del proceso actual y la propuesta que se plantea.	Humano, computador y resultados de la fase 2.	3 semanas

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

Al finalizar las tres fases se efectuará un documento con el comparativo entre el proceso actual de cocimiento y la propuesta que se plantea. Contendrá costos, desperdicios, flujo del proceso, tiempos del proceso y ahorros esperados.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Diseño de proceso

Una vez ejecutado el proceso productivo del pollo, existen ciertos desperdicios como las plumas, patas y vísceras, entre otros. Estos elementos contienen una alta fuente de proteína, la cual se vuelve a reprocesar para obtener la harina que sirve para el concentrado de animales. En los siguientes ítems, se detalla muy generalmente las etapas de esa transformación.

7.1.1. Recepción de la materia prima

Se utiliza una técnica hidráulica para trasladar las plumas desde el matadero hasta la instalación que elabora los subproductos de pollo. El exceso de agua debe ser drenado y las plumas deben ser cribadas hidrodinámicamente. Se aconseja tratarlas rápidamente para evitar la pérdida de calidad organoléptica y el aumento considerable de la carga bacteriana.

7.1.1.1. Tolva de descarga

La tolva, regularmente de acero inoxidable, se utiliza para la recepción de todos los desperdicios de pollo; su capacidad oscila entre 10 y 20 toneladas. (Quesada, 2007)

7.1.2. Carga del digestor

Las plumas suelen ser entregadas al digestor, utilizando un tornillo sin fin como parte del equipo. El procedimiento se considera lento, ya que dura alrededor de una hora. Además, ocasionalmente se eliminan los restos de líquido o sangre que puedan haber quedado en las plumas mediante un dispositivo de bombeo. (Parzanese, 2018)

7.1.2.1. Tornillo sin fin

La maquinaria que mueve las materias primas dentro del digestor.

7.1.3. Hidrólisis

Morcillo (1989) relata que una hidrólisis es una reacción química con la combinación del agua; esta reacción es crucial para el proceso. Cuando se hidrolizan las plumas, se crea menos producto; por ejemplo, si se añaden 6500 kilos de plumas húmedas, se adquieren 4500 kilos de plumas hidrolizadas al final del proceso.

La hidrólisis ácida y la hidrólisis enzimática son las dos formas de hidrólisis; cada una de ellas depende de la solución o agente utilizado. (Pezoa, 2016)

7.1.4. Presecado

Las plumas hidrolizadas de la etapa anterior tienen ahora menos humedad. Normalmente, tiene lugar en la misma maquinaria del digestor que

posteriormente realiza la hidrólisis. El producto suele tener una humedad del 45 % o menos tras este presecado. (Parzanese, 2018)

7.1.5. Descarga del digestor

Una vez haya transcurrido el tiempo necesario para el presecado, las puertas del digestor se abren y se extrae el producto obtenido de ese proceso. Normalmente, un transportador de tornillo transporta el producto al secador. (Parzanese 2018)

7.1.6. Secado

Las plumas hidrolizadas se transfieren a un secador que funciona a temperaturas de 280 °C. La humedad del producto debe bajar a niveles que sean del 10 % o menos. El producto introducido va disminuyendo a lo largo de este procedimiento. (Parzanese, 2018)

Mediante la regulación de la temperatura del fluido a calentar y del tamaño de las partículas, debe utilizarse un secador de tipo anular para lograr un secado eficaz. Este tipo de secador utiliza fuerzas centrífugas para concentrar una corriente de aire en una capa móvil, dividida por palas divisorias móviles y para permitirle devolver el material semiseco (que es más pesado) a la corriente de aire caliente en la entrada del secador, para una segunda pasada por el sistema. (Gea, 2016)

7.1.7. Molienda

Una vez ejecutado el proceso de secado, el producto pasa por un molino tipo martillos, donde se muele. Así se establece el tamaño de partícula. (Parzanese, 2018)

7.1.7.1. El molino de tornillos

La finalidad del molino de martillos es triturar o pulverizar el material que se destruye, golpeándolo repetidamente con un martillo. (Industrias, 2015)

7.1.8. Tamizado

El proceso de molienda produce harina de plumas de pollo, que luego se tamiza para eliminar cualquier partícula más grande y proporcionar un producto consistente. El proceso se repite con la introducción de las partículas más grandes. (Parzanese, 2018)

7.1.8.1. Tamiz vibratorio

La función de la criba vibratoria es separar los grumos y otras impurezas del material a cribar, así como llevar el producto a la granulometría definida en el proceso.

Dentro del equipo, el movimiento vibratorio es creado por un vibrador neumático; con una generación de aire se arrastra el producto a una cámara superior, donde cae sobre el tamiz. El tamiz vibratorio puede contener hasta tamices de diferente micraje, dependiendo del tipo de producto a producir. (Cuccolini, 2008)

7.1.9. Envasado

Para el uso como alimento para aves de corral, la harina de plumas de pollo se empaca en una variedad de presentaciones: en sacos de 1kg, 5kg y 50kg. Estos sacos están marcados y se guardan en un lugar destinado para ello. (Parzanese, 2018)

7.2. Definición de procesos

Una vez entendida la secuencia de funcionamiento de la harina, debemos definir la palabra proceso, que en el diccionario de la lengua española se describe como una serie de etapas consecutivas de un suceso natural o de una actividad artificial, comúnmente denominada como acción de progresar. (DRAE, edición 22)

Aunque la palabra proceso es antigua, Pagés (2007) señala que, sin embargo, se utiliza con frecuencia en diversos temas en la actualidad. Además, destaca que el término proceso tiene ahora dos características implícitas:

- Que se comunican. Que tienen elementos en común que al conectarse crean un sistema de procesos.
- Que son controlables.

Es oportuno mencionar que la palabra gestión denota actividad y consecuencia de gestionar, según el diccionario español. (DRAE, edición 22)

Según Caso (2006), un proceso es un conjunto de acciones secuenciales o paralelas que un productor realiza sobre un insumo, para agregarle valor antes de ofrecer un bien o servicio a un cliente, ya sea interno o externo.

Según Molina, Ospina, López y Ríos (1999), citando a Harrington, se denomina proceso a toda acción o conjunto de actividades que consumen un insumo, le agregan valor y dan un producto a un consumidor externo o interno.

La figura 5 demuestra que el proceso trata de añadir valor para los consumidores, además de transformar los datos. Este método de pensamiento es lo que distingue a una empresa centrada en el proceso de una organización vertical o piramidal.

Figura 5. **Diagrama básico de proceso**



Fuente: Metodología de implantación de modelos de gestión de la información dentro de los sistemas de planificación de recursos empresariales. (Pastor, 2008).

Al aplicar lo que varios autores denominan proceso, se determina que lo que se conoce como venta es también un proceso porque contiene y cumple los criterios para ser clasificado como tal: el input es el requerimiento o información que el cliente proporciona para solicitar un producto o servicio, el proceso de transformación es la creación o variación del producto, y el output es lo que se denomina producto final, que debe satisfacer las necesidades del cliente.

7.2.1. Gestión de procesos

La mayoría de las empresas modernas tienen una estructura organizativa funcional, que se basa en el método de departamentalización de Frederick W. Taylor de 1912. Al hacer hincapié en los productos, este estilo de gestión pretende aumentar la producción. Para ello es necesario transferir la propiedad de la tarea a empleados competentes que solo ejecutan las directivas y órdenes dadas.

7.3. Productividad

En la industrialización ha logrado mejoras en la productividad y a nivel del consumidor ha incrementado las exigencias de calidad.

7.3.1. La producción y los sistemas productivos

Según Cuatrecasas (2012), un sistema de producción es la actividad económica de una organización, que tiene como objetivo primordial la adquisición de uno o varios productos o servicios, de acuerdo al tipo de empresa, con el fin de cumplir con la demanda o el interés de los potenciales clientes que quieren dicho bien o servicio. Para llevar a cabo la producción se ejecutan una serie de operaciones interconectadas en proceso. Por ello, la gestión de operaciones que se suele utilizar para referirse a la gestión de la producción, se confunde a menudo con la producción propiamente dicha.

Un sistema de producción se utiliza para llevar a cabo la producción. La siguiente figura, según Cuatrecasas (2012), representa los componentes de este sistema:

Figura 6. **Elementos de un sistema productivo**



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

7.3.2. **Concepto de productividad**

La relación entre los artículos producidos y los insumos u otras variables de producción, según la definición de García (2011), es la productividad.

El índice de productividad ilustra la eficacia con la que se utilizaron todos los insumos de producción, incluidos los esenciales y los principales, durante un determinado periodo de tiempo, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Producción}{Recursos Empleados}$$

La producción no es más que un componente de la productividad, que no incluye la cantidad de bienes creados. Sirve como indicador de la eficacia con la que se han reunido y utilizado los recursos para alcanzar los objetivos deseados.

En las empresas manufactureras la productividad se define de la siguiente manera: eficacia, calidad, cantidad, relación calidad/cantidad, cumplimiento de objetivos, puede hacerse mejor y valor añadido. (García, 2011). La productividad, en términos de estrategia, es la capacidad de producir resultados por encima de

la media y satisfacer totalmente a los consumidores, utilizando todos los recursos disponibles.

Sin embargo, la dirección de la empresa debe estar enterada de esta información para que sea valiosa; para que esto ocurra, los empleados deben estar más en contacto con la empresa; una mejor comunicación se traduciría entonces en una mayor productividad. Generalmente se piensa que los empleados tienen conocimientos que serían beneficiosos para la empresa y suelen dar recomendaciones que podrían aumentar la producción o reducir los gastos. (García, 2011)

Cruelles (2012) sugiere tres enfoques para la conceptualización de la productividad:

- Productividad total: es el cociente entre la producción total y todos los factores empleados:

$$P_g = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Mano de obra} + \textit{Materiales} + \textit{Tecnología} + \textit{Otros}}$$

- Productividad multifactorial: este concepto relaciona el resultado final con una serie de variables, a menudo el capital y el trabajo.

$$P_{FG} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Mano de obra} + \textit{Materiales}}$$

- Productividad parcial: la relación entre la producción final y un solo componente se conoce como productividad parcial.

$$P_{MO} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Mano de obra}}$$

7.3.3. Factor de productividad total

El factor de producción global, según Griffin (2010), es una métrica general de la eficacia con la que una empresa utiliza todos sus recursos, incluidos el trabajo, el capital, los materiales y la energía, para producir todos sus bienes y servicios.

El principal problema del factor de productividad global es la necesidad de que todos los componentes se presenten en el mismo lenguaje (es difícil sumar las horas de trabajo al número de unidades de una materia prima de forma significativa). El factor de productividad global también hace algunas recomendaciones para aumentar la productividad. Por ello, la mayoría de las empresas creen que es más beneficioso calcular una ratio de productividad parcial. Una ratio de este tipo solo utiliza un tipo de recurso.

7.3.4. Medición de la productividad

- Eficiencia: se define como la diferencia entre insumos planificados y los utilizados realmente, según García (2011). El uso eficiente de los recursos en la creación de un producto en un tiempo determinado se expresa mediante el índice de eficiencia. Hacer las cosas bien es ser eficiente. Su fórmula es:

$$Eficiencia = \frac{Producción\ obtenida}{Entrada\ de\ la\ materia\ prima}$$

- Eficacia: según García (2011), es el fraccionamiento entre los resultados alcanzados y los objetivos establecidos con anterioridad. El índice de eficacia transmite la finalización con éxito de un resultado en un plazo predeterminado. Su fórmula es:

$$Eficacia = \frac{\text{Productos logrados}}{\text{Meta}}$$

- Efectividad: según García (2011), la efectividad es el resultado de la eficiencia y la eficacia; es la capacidad de actuar y producir resultados. El índice de eficacia transmite un sólido equilibrio de efectividad y eficiencia en la producción de un insumo dentro de un plazo determinado. Su fórmula es:

$$Efectividad = Eficiencia \times Eficacia$$

7.4. Lean Manufacturing

La frase *Lean Manufacturing* fue utilizada inicialmente por el ingeniero John Krafcik, para caracterizar los nuevos procesos y técnicas de producción utilizados por los fabricantes de automóviles japoneses, que son más eficaces que la producción en masa utilizada por las empresas estadounidenses. El equipo de investigación del Programa Internacional de Automóviles (IMPV) del MIT, del que formaba parte John Krafcik, creó un minucioso estudio comparativo sobre las fábricas de montaje de vehículos situadas en quince naciones diferentes. (Madariaga, 2013)

El libro *The machine that Changed the World*, escrito por los directores del IMVP: Womack, Jones y Roos, introdujo de manera amena e instructiva el nuevo paradigma de producción utilizado por las automotrices japonesas, y es aquí donde se utilizó por primera vez el término *Lean Production*. TPS (Toyota Production System), *Lean Production* y *Lean Manufacturing* son términos intercambiables. (Madariaga, 2013)

El objetivo de la fabricación ajustada es reducir continuamente los residuos para mejorar la eficiencia, servicio y calidad. Un nuevo enfoque para organizar y gestionar el sistema de producción, que incluye a las personas, los materiales, los equipos y los procedimientos, se conoce como fabricación ajustada. En la actualidad, los términos *lean office*, *administration*, *maintenance*, *logistics*, *design* y *sales* se utilizan para describir las nuevas técnicas que pretenden eliminar los residuos en los distintos departamentos o actividades de la empresa. (Madariaga, 2013)

La producción ajustada, conocida como *Lean Production*, es la búsqueda de la perfección en el sistema de fabricación a través de la eliminación de los residuos, la clasificación de desperdicios o el descarte de todas aquellas actividades que no suman valor al producto, según Rajadell y Sánchez (2010). La producción ajustada, conocida como Sistema de Producción Toyota, puede verse como un conjunto de mecanismos creados en Japón y con cierta influencia de las teorías de William Edwards Deming.

Innovando o realizando mejoras continuas, las organizaciones manufactureras pueden ser más competitivas. A diferencia de los procesos de fabricación ajustada, que agrupan los procedimientos que los hacen posibles, la innovación tecnológica produce enormes avances espaciados en el tiempo, pero sin continuidad. Así, las empresas innovadoras que se adhieran a esta actitud acabarán experimentando un ritmo de mejora ideal y sostenible y una mayor competitividad. (Rajadell y Sánchez, 2010)

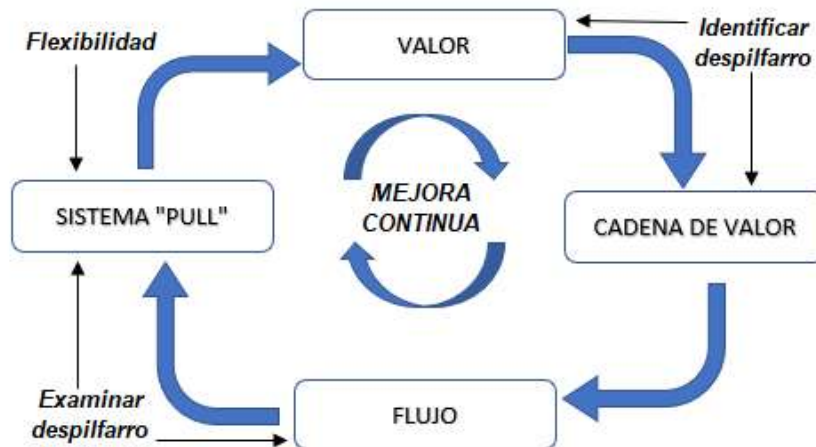
7.4.1. Principios de Lean Management

Según Cuatrecasas (2010), los siguientes orígenes constituyen la base de la filosofía:

- Valor: es la producción y entrega de un bien o servicio que satisface con precisión los deseos y expectativas del consumidor.
- Flujo de valor: métodos que permitirán que el valor fluya rápida y directamente hacia el cliente; se describen como el flujo de valor.
- Flujo de actividades: identifique los trabajos que conformarán los procesos del flujo de valor y asegúrese de que crean valor constantemente.
- *Pull*: cuando el producto adecuado se encuentra en el flujo de valor apropiado y se está entregando al cliente mediante procedimientos eficientes. En cuanto a recursos, debemos tomar las medidas necesarias, pero solo en la medida en que se haya formado una demanda legítima.

Adicional a estos conceptos se puede agregar la mejora continua, porque será un reto conseguir un buen flujo de valor y de actividad óptimos de primas a primeras y con ellos el ideal. Hay que reexaminar los cuatro principios, insistir en ellos y mejorarlos continuamente.

Figura 7. Principios básicos del *Lean Management*



Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

7.4.2. Principios de Lean Manufacturing

La producción, según Liker (2010), se compone de 14 conceptos divididos en cuatro grupos:

- Grupo uno: pensamiento a largo plazo.
 - Incluso a expensas de los objetivos financieros a corto plazo, basa sus acciones administrativas y de gestión en una mentalidad a largo plazo.
- Grupo dos: los procedimientos adecuados conducirán a los resultados adecuados.

- Establecer un procedimiento de flujo continuo para identificar los problemas.
 - Para reducir los residuos de la sobreproducción, utilice sistemas *pull*.
 - Igualar la carga de trabajo (Heijunka).
 - Incorpore a su empresa procesos que detengan las operaciones y solucionen los problemas, con el fin de entregar artículos de alta calidad a la primera.
 - Para lograr una mejora continua, estandarice las tareas y forme a su personal.
 - Para asegurarse de que no haya problemas ocultos, utilice la comprobación visual.
 - Utilice herramientas fiables y pruebe a fondo la tecnología que beneficia tanto al proceso como a los usuarios.
- Grupo tres: aumentar el valor de la organización fomentando el crecimiento de sus socios y empleados.
 - Crear líderes que comprendan profundamente el trabajo, ejemplifiquen este concepto y sirvan de mentores a los demás.
 - Crear grandes equipos y personas que defiendan los valores de la empresa.
 - Respetar a sus proveedores y socios y trabajar con ellos para superar los obstáculos para que puedan mejorar.
- Grupo cuatro: aborde constantemente los problemas subyacentes y transforme su empresa en una organización de aprendizaje.
 - Observe de cerca y evalúe las circunstancias por sí mismo.

- Tómese su tiempo para tomar decisiones por consenso. Considere cuidadosamente cada elección, pero actúe con rapidez para ponerla en práctica.
- Conviértase en una organización que aprende, reflexionando constantemente y mejorando su rendimiento. Observa y mira de cerca las circunstancias por ti mismo.

7.4.3. Herramientas asociadas a Lean Manufacturing

De acuerdo a los autores Villaseor y Galindo (2010), el umbral de estas herramientas se dividen tres fases: demanda, flujo y nivelación.

- Demanda:

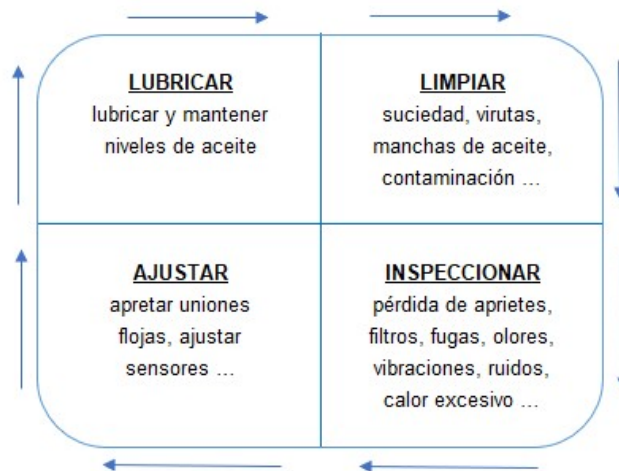
El Andon, mapeo de procesos y flujo son los instrumentos y métodos a emplear (mapeo del flujo de valor). Los más populares son:

- Andon: según Hernández y Vizán (2013), es un instrumento o acción de monitoreo visual, el cual refleja la actualidad del sistema de producción y sus respectivos problemas, por lo que da una perspectiva rápida de las reparaciones por hacer. Facilita la decisión de si las circunstancias de funcionamiento del equipo son buenas o no y proporciona detalles sobre el tipo de anomalía.
- Mapeo de procesos o mapeo del flujo de valor: según Fernández (2010), es un esquema que simboliza todas las acciones del proceso, no importando si suma o no un valor a la acción. Se puede ver a grandes rasgos las ineficiencias y realizar planes de contingencia que sean más económicos y sencillos. En otras palabras, es una herramienta que nos permite ver la situación

actual, pero al mismo tiempo nos ayuda a ver que áreas clave requieren mejoras inmediatas para alcanzar niveles altos de producción.

- Flujo: deben utilizarse algunos de los siguientes métodos y herramientas para aportar al mejoramiento del sistema productivo, dentro de los cuales están trabajo estandarizado, SMED, Justo a tiempo (JIT), 5'S (disciplina, estandarización, limpieza, organizar y clasificar). Este último nos ayudará a conseguir una mejora continua en las actividades de los operarios.
 - Los ajustes rápidos en la matriz de procesos, conocidos como método de tipo SMED, tienen como objetivo acortar los plazos de producción, según Cuatrecasas (2011). Esta técnica se ha utilizado en todas las empresas del mundo en las que era imprescindible debido a los métodos de gestión y producción utilizados.
 - Según Madariaga (2013), el mantenimiento autónomo es el principio más crucial del TPM y la práctica clave de la fabricación ajustada. La mentalidad de yo produzco, tú reparas, que caracteriza el pensamiento tradicional de la fábrica se opone directamente a la noción de mantenimiento autónomo. El objetivo es formar y capacitar a los operarios de producción sobre las rutinarias tareas de mantenimiento preventivo de inspección, limpieza y ajuste que no se realizan en el mantenimiento normal, en parte por falta de conocimientos y en parte porque el limitado número de personal de mantenimiento especializado está demasiado ocupado apagando fuegos.
 - Los operarios identifican circunstancias inusuales (fábricas ocultas) mediante operaciones rutinarias de mantenimiento autónomo, y evitan que el equipo se degrade más rápidamente.

Figura 8. **Tareas del mantenimiento autónomo**



Fuente: elaboración propia, realizada con Excel.

- Jidoka es una frase japonesa que significa automatización con toque humano o autonomía, según Hernández y Vizán (2013). Este sistema es recomendado porque describe con esta frase que no debe confundirse con la automatización. El objetivo es que se puede tener su propio autocontrol de calidad, si existiera una anomalía con la producción en marcha, este se detendrá de forma manual o automática por parte del operario.

7.5. Estudio de tiempos

Es un proceso para estimar, con la mayor precisión posible, la cantidad de tiempo necesaria para completar un trabajo de acuerdo con una norma de procedimiento predeterminada. (García, 2010)

7.5.1. Material necesario para un estudio de tiempos

- Cronómetro
- Estructura para la recolección de la información
- Tablero y lápiz
- Implementos de seguridad

7.5.2. Etapas del estudio de tiempos

De acuerdo a García (2010), se tiene que elegir la tarea que se quiere estudiar, y la investigación del tiempo suele determinarse con base en las siguientes fases:

- Examinar todos los datos que razonablemente pueda esperar la actividad del administrador y los alcances que puedan afectar a la realización del trabajo.
- Anotar las definiciones totales del procedimiento, separando la actividad en componentes.
- Diferencia las actividades para comprobar si se están empleando los mejores desarrollos y técnicas, y decidir la magnitud de la muestra a evaluar.
- Establecer el tiempo adecuado; normalmente se utiliza un cronómetro, y registrar el tiempo empleado por el administrador en realizar cada actividad de la intervención.
- Al mismo tiempo, decidir el ritmo de trabajo viable del operario, por relación con el concepto del examinador de lo que debería ser el ritmo de trabajo.
- Transformar los tiempos básicos a partir de los tiempos observados.

El cronómetro se lee al final de cada actividad, utilizando el método de retorno a cero, y las manecillas se ponen inmediatamente a cero. Las manecillas comienzan a cero al principio de la actividad siguiente. Al concluir este paso, las manecillas del cronómetro se ponen a cero y la hora se lee inmediatamente en el dispositivo.

Ventajas:

- Acceso directo a los tiempos de ejecución de cada actividad.
- El investigador puede observar al operario mientras realiza sus tareas y determinar si existe estabilidad o inestabilidad en las actividades realizadas.

Desventajas:

- Existe un desfase entre la respuesta mental y el movimiento del dedo al pulsar el botón que pone en cero las agujas.
- Los componentes no deseados que afectan al ciclo de trabajo no se registran, por lo que no se hace nada para eliminarlos.

7.5.2.1. Tiempo real

Se describe como la cantidad de tiempo típico que el operador utilizó realmente para la actividad a lo largo de la prueba.

7.5.2.2. Tiempo normal

Es el tiempo que necesita un operario típico o estándar para realizar una operación mientras trabaja a una velocidad regular, sin interrupciones, por circunstancias personales o imprevistas.

7.5.2.3. Tiempo estándar

Según Fuentes (2003), el tiempo estándar es una estimación del tiempo necesario para las tareas manuales y automatizadas, a partir de la cual se puede calcular el tiempo total de producción. También es la cantidad de tiempo que necesita un operario de tamaño medio para completar la tarea, estando adecuadamente preparado, formado y operando a un ritmo típico. Se calcula al sumar la cantidad total de tiempo asignada a cada componente del estudio de tiempos.

Al obtener la información de tiempos se determinará el tiempo normal o estándar, con la siguiente fórmula:

$$TN = TPS * FC$$

Donde:

TN: tiempo normal

TPS: tiempo promedio observado

FC: factor de calificación

7.5.3. Factor de calificación

Método para calcular o modificar adecuadamente el tiempo que normalmente tardaría un operario típico en realizar una actividad o tarea.

Meyers (2000) nos dice que normalmente este índice se presenta como un porcentaje. El entendimiento del analista se utiliza para asignar un porcentaje; este puede ser mayor o menor y se verá afectado por la cantidad de inspecciones que el analista haga sobre la productividad del trabajador mientras realiza la acción. El analista considera que el 100 % del rendimiento es la norma.

Independientemente de que este componente se basa en la velocidad de ejecución del operario, el buen juicio es la norma para calcular el factor de calificación de la velocidad.

7.6. Herramientas de la estrategia de mejora

Existen fases que componen los principios de las estrategias de mejora, estas a su vez se dividen en instrumentos que pueden utilizarse para el enfoque de la resolución de problemas con éxito.

7.6.1. Herramientas para definir

La fase de definición consiste en determinar la posición de partida y los objetivos a perseguir, es la primera etapa del plan de mejora. Esto incluye decidir por dónde empezar e identificar los objetivos que deben cumplirse.

7.6.1.1. Balanced Scorecard

Metodología que parte “de la misión (qué hace una organización), la visión (en qué se quiere convertir) y los valores (cuáles son las pautas de comportamiento)” (Membrado, 2007, p. 7). La estrategia de una empresa consiste en establecer objetivos específicos y supervisar el énfasis de la gestión para seguir los progresos en todos los ámbitos importantes.

El objetivo principal del *Balanced Scorecard* es encontrar un equilibrio entre el corto y largo plazo, considerando los ingresos y egresos financieros que pueden comprometer la sostenibilidad de la empresa. “El manejo acertado de indicadores de efecto y causa de los problemas encontrados” (Vedoy, Mateu, Sagasta y Sirven, 2006, p. 126).

7.6.1.2. Indicadores (KPI)

La base fundamental para los indicadores radica en el *Balanced Scorecard*, que se centra en medir los procedimientos de los procesos para evaluar su rendimiento.

El uso adecuado de los indicadores globales da lugar a una evaluación precisa de la eficiencia. Las mediciones periódicas de los procesos pueden servir para identificar las áreas de mejora de los procesos y la introducción de nuevos procedimientos. Conocer el estado actual sirve de referencia para determinar hasta dónde se quiere avanzar y dónde se quiere llegar. Los indicadores más relevantes se presentan a continuación:

- Financieros: nivel de inventario, costo por unidad, costo basado en actividades, ahorros totales de proyectos.
- Clientes: satisfacción, calidad del producto, tiempo de entrega.
- Internos: proveedores, ciclos, defectos, desperdicios.
- Crecimiento: herramientas, capacitaciones, reuniones.

7.6.2. Herramientas para medir

En esta fase de la estrategia se mide, para determinar la variabilidad de los procesos, lo cual se realiza con la ayuda de las herramientas que se mencionan en los siguientes párrafos.

7.6.2.1. Diagrama de flujo

Es una forma de exponer, por medio de una representación gráfica, las actividades que corresponden a un proceso; ayuda a visualizar si existiera algún tipo de complejidades y cómo interactúan los componentes de la misma. Según Vedoy, Mateu, Sagasta y Sirven (2006), se emplea para detectar posibles problemas como cuellos de botella, procesos inútiles y duplicidad de tareas; en fin, para ver cómo funciona realmente un proceso.

7.6.2.2. Matriz causa y efecto

Herramienta que nos ayudará a detectar los factores potenciales que pudieran llegar a influir en una salida; es necesario definir las variables de entrada y examinar los posibles efectos que repercutirían en las salidas. (Eckes, 2005). A continuación, se explica brevemente cómo se crea la matriz o tabla: principales necesidades, clasificar las salidas y priorizarlas, anotar las etapas del proceso, analizar la conexión entre los procesos de entrada y salida, y obtener un valor total para visualizar su importancia.

7.6.3. Herramientas para analizar

En esta fase tenemos que analizar la estrategia a seguir, la cual implica el análisis de la información recogida en la fase anterior y formular sugerencias sobre los problemas a resolver.

7.6.3.1. Ishikawa

Según Gómez (2010), se trata de una representación visual que ordena las distintas fuentes de un determinado impacto o problema de forma lógica y por orden de importancia, ayudando a identificar la causa principal del problema. El diagrama causa-efecto, a veces llamado diagrama de Ishikawa, fue utilizado por primera vez en Japón por Kaoru Ishikawa. Normalmente se le conoce como diagrama de espina de pescado por su forma de verlo.

Los procedimientos fundamentales para crear este diagrama son los siguientes:

- Definir el resultado indeseable, la consecuencia o el problema que hay que solucionar.
- Para elevarlo visiblemente, colóquelo en el lado derecho del diagrama e indique su ubicación con una flecha horizontal.
- Averigüe todas las razones o componentes primarios que intervienen en la consecuencia indeseable.
- Los determinantes primarios en los procesos de fabricación se clasifican mediante las 6M.
- Las ramas o espinas primarias de la flecha horizontal representan los factores principales.

7.6.3.2. Histograma

Las frecuencias de cada rango de datos pueden verse en el gráfico. Los datos estadísticos se distribuyen y organizan mediante el método de distribución de frecuencias. Con los datos recopiladores los ordenamos de tal manera que se agrupan por valores iguales, para crear una tabla y poner los límites determinados. Esto es conocido estadísticamente cómo frecuencia, y se refiere a la cantidad de veces que se repite cada valor.

7.6.4. Herramientas para mejorar

En esta fase lo que corresponde es encontrar puntos de mejora, con base en herramientas de productividad, con las bases y datos obtenidos anteriormente.

7.6.4.1. Balanceo de líneas

Es la forma de determinar los pasos para realizar tareas o procesos en forma simultánea. El equilibrado de procesos es una extensión de la mejora del flujo de procesos, en la que se iguala la cantidad de tiempo necesaria para completar un conjunto de etapas. Según Castelan (2008), es la forma objetiva de buscar un balance en la distribución de carga de trabajo, siempre y cuando se satisfagan los objetivos y requisitos de las líneas de producción.

Depool (2006) dice que el objetivo también es dividir las cargas de producción en las diferentes líneas, toda vez sea para minimizar los costes de funcionamiento. Depende también del grado de coincidencia entre los periodos de ciclo de la línea de fabricación y los de las estaciones de trabajo.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Diseño de proceso

2.1.1. Recepción de la materia prima

2.1.2. Carga del digestor

2.1.2.1. Tornillo sin fin

2.1.3. Hidrólisis

2.1.4. Presecado

2.1.5. Descarga del digestor

2.1.6. Secado

2.1.7. Molienda

2.1.7.1. El molino de tornillos

2.1.8. Tamizado

- 2.1.8.1. Tamiz vibratorio
 - 2.1.9. Envasado
- 2.2. Definición de procesos
 - 2.2.1. Gestión de procesos
- 2.3. Productividad
 - 2.3.1. La producción y los sistemas productivos.
 - 2.3.2. Concepto de productividad
 - 2.3.3. Factor de productividad Total
 - 2.3.4. Medición de la productividad
- 2.4. *Lean Manufacturing*
 - 2.4.1. Principios de *Lean Management*
 - 2.4.2. Principios de *Lean Manufacturing*
 - 2.4.3. Herramientas asociadas a *Lean Manufacturing*
- 2.5. Estudio de tiempos
 - 2.5.1. Material necesario para un estudio de tiempos
 - 2.5.2. Etapas del estudio de tiempos
 - 2.5.2.1. Tiempo real
 - 2.5.2.2. Tiempo normal
 - 2.5.2.3. Tiempo estándar
 - 2.5.3. Factor de calificación
- 2.6. Herramientas de la estrategia de mejora
 - 2.6.1. Herramientas para definir
 - 2.6.1.1. *Balanced Scorecard*
 - 2.6.1.2. Indicadores (KPI)
 - 2.6.2. Herramientas para medir
 - 2.6.2.1. Diagrama de flujo
 - 2.6.2.2. Matriz causa y efecto
 - 2.6.3. Herramientas para analizar
 - 2.6.3.1. Ishikawa

2.6.3.2. Histograma

2.6.4. Herramientas para mejorar

2.6.4.1. Balanceo de líneas

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1 Situación actual de la distribución de las líneas de vapor
- 3.2 Principales causas que provocan la extensión de tiempo de cocción
- 3.3 Cálculo de tiempo estándar de operación de producción
- 3.4 Establecer los planes de mejora

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1 Situación actual de la empresa
- 4.2 Evaluación de las principales causas de la mala eficiencia de producción
- 4.3 Evaluación del tiempo de operación
- 4.4 Mejoras en el proceso productivo

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El proyecto planteado tiene un enfoque cuantitativo; este considera evaluar en qué medida se mejora la distribución de vapor de los procesos. Tendrá un alcance exploratorio, un diseño no experimental y la unidad de análisis será la cantidad de *batch* producidos de harina para animales en los siete cocedores. Las variables se describen en la Tabla I.

9.1. Características del estudio

El enfoque del estudio propuesto es cuantitativo, debido a que cada uno de los objetivos específicos tiene planteado un cálculo o una selección de diferentes propuestas basadas en valores numéricos, aplicando el modelo de gestión de *Lean Manufacturing*. Dentro de los más importantes se encuentran los tiempos del procedimiento de calentamiento del proceso productivo, los tiempos perdidos, los costos de implementación y el análisis de los resultados. De igual manera, se apoya en la observación directa, información disponible en el entorno del análisis, así como evaluación de experiencias del investigador.

El alcance del estudio es descriptivo porque, además de examinar el proceso de producción, prestaremos mucha atención al área de cocción. A partir de ahí, mediremos los tiempos de producción con las variables necesarias y, con la ayuda de los operarios de las máquinas, recopilaremos los datos necesarios para poner en práctica el modelo de gestión que pretende mejorar esta área. Se espera un aumento de la productividad diaria de cada equipo como resultado de esta ventaja.

El diseño será de tipo no experimental, dado que la metodología se aplicará de acuerdo con las especificaciones de cada equipo en lugar de desarrollarse desde cero.

9.2. Unidades del análisis

La población de este estudio será el proceso de producción de la planta. Nos concentraremos en la muestra de los equipos de cocción, en particular en los períodos de producción, de los que se recogerán muestras de forma estratificada y se evaluarán en su conjunto.

9.3. Variables

Si las características del vapor no son óptimas, disminuye la eficiencia en la transferencia de calor y por lo tanto falla el proceso de producción.

Tabla I. **Variables a analizar del proyecto**

Variable	Definición Teórica	Definición Operativa
Tiempo de llenado de la materia prima	El estudio de tiempos tiene como finalidad determinar el tiempo fijo o estándar empleado por un colaborador calificado y debidamente entrenado en la ejecución de una operación o tarea mediante un método específico, trabajando a un ritmo normal. (Ramírez, 2006)	Promedio de tiempo que se emplea para llenar los equipos de materia prima, se utilizará un cronómetro. La unidad de tiempo será expresado en minutos.
Tiempo estándar del proceso de calentamiento		Promedio de tiempo que se utiliza para el cocimiento de cada uno de los equipos, se utilizará un cronómetro. La unidad de tiempo será expresado en minutos. Y la fórmula a utilizar será: $TN = TPS * CV$ donde: TN: tiempo normal TPS: tiempo promedio seleccionado CV: calificación de velocidad

Continuación de tabla I.

Variable	Definición Teórica	Definición Operativa
Actividad del operario de los equipos de cocimiento	El estudio de movimientos es el análisis cuidadoso de los movimientos del cuerpo empleados al hacer un trabajo. El propósito de su estudio es eliminar o reducir los movimientos no efectivos y facilitar y acelerar los movimientos efectivos (Niebel, 2004)	Se realizará la toma de tiempos por cada actividad que corresponda al proceso de producción, anotando la actividad y el tiempo utilizado, se utilizará un cronómetro y la unidad de medida será en minutos.
Eficiencia	García (2011) afirma que es la división entre los productos obtenidos y las metas que tienen fijadas; obteniendo resultados. El índice de eficacia expresa el buen resultado de la realización de un producto en un período definido.	La eficiencia será medida tomando la cantidad de <i>batch</i> realizados en el día versus la cantidad que indica el proveedor de los equipos. La unidad de medida utilizada será en porcentaje (%). Su fórmula: Eficiencia = Productos logrados / meta
Productividad	García (2011) menciona que la productividad es la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron.	La productividad será tomada por la cantidad de <i>batch</i> producidos en un día versus la cantidad de recursos utilizados. La unidad de medida utilizada será en porcentaje (%). Su fórmula: Productividad = producción / recursos empleados
Costo de Implementación (Q)	Para que las empresas alcancen competitividad se debe realizar mejoras en los procesos de producción optimizando las condiciones en que se desarrolla el proceso productivo (Ahumada, 2016)	Se medirá en quetzales y dependerá de los costos asociados. Se utilizará la fórmula de retorno de inversión para determinar el tiempo en que se recupera la inversión: ROI = (Beneficio - Inversión) / Inversión

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

9.4. Fases del estudio

El presente estudio se realizará mediante cinco fases, las cuales se describen a continuación.

9.4.1. Fase uno: exploración bibliográfica

En la primera fase se realizará una consulta de todas las bibliografías posibles relacionadas al tema, para enriquecer los conocimientos sobre estudios de tiempos para mejorar la productividad y las variables que influyen en esta.

Con base en la información investigada se tendrá una mejor visualización de la metodología a utilizar, para estudiar las variables que afectan el aumento de tiempo en el cocimiento de harina para animales.

9.4.2. Fase dos: recolección de datos o información

Con la información obtenida se pretende comprender la situación actual que presenta la empresa, para lograr proporcionar un punto de referencia claro, así como definir los factores que afectan la eficiencia del proceso productivo, como lo son los tiempos de cocimiento de cada equipo.

Estos factores se manejarán por medio de observación directa de los procesos y toma de datos de producción, así también por medio de entrevistas al personal de producción; se determinará cada una de las actividades que ejecutan para llevar a cabo el proceso.

9.4.3. Fase tres: análisis de la información

Esta fase se compone por la exploración de los factores que repercuten en la eficiencia de producción; será necesario corroborar si estos factores, al modificarse o mejorarse, pueden tener consecuencias favorables, incluido los costos, equipos necesarios, horas de persona e inversiones adicionales (de ser necesarias).

Las metas por alcanzar serán definidas, al igual que las actividades para alcanzar dichos objetivos. Se determinará la eficiencia del proceso actual, se analizará la cantidad de *batch* producido por día de cada equipo. Utilizando la herramienta Excel se creará una base de datos con la información, para determinar el porcentaje de efectividad versus los datos proporcionados por el proveedor del equipo. Estos indicadores se acompañarán por un análisis de causa y efecto.

9.4.4. Fase cuatro: rediseño del proceso e implementación del estudio

Con base en los resultados obtenidos en las fases anteriores, se proyecta tener claro la determinación de factores que inciden en estas, para poder realizar la mejora de los tiempos de cocimiento del proceso, principalmente por medio de las modificaciones que se realicen a la distribución de vapor.

Utilizando herramientas de productividad, se ajustará el proceso productivo detallando tiempos de cocimiento, equipos o materiales a utilizar, esquemáticos y pruebas piloto, entre otros, para posteriormente analizar la eficiencia del nuevo proceso.

9.4.5. Fase cinco: preparación del informe final

Con base en los resultados obtenidos de la fase cuatro, se realizará el informe final con la propuesta para la mejora de los tiempos de cocimiento del proceso, incluido la inversión total del proyecto, tiempo de ejecución y modificaciones a los factores que afectan el proceso.

Se presentará el comparativo entre la eficiencia anterior y la actual, así como los cálculos de la cantidad de producto que se podrá producir de más con la disminución en los tiempos de cocimiento. Esto se convertirá a unidades monetarias para demostrar la razón financiera Retorno de Inversión.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

En relación con las técnicas que se aplicarán, se llevará a cabo la observación directa al momento de efectuar la investigación de campo; además, se analizarán los registros del departamento de producción en búsqueda de información útil para el desarrollo de la investigación.

10.1. Técnicas de análisis de información

En la fase inicial de la investigación se utilizarán las siguientes herramientas para recopilación y análisis de la situación actual:

- **Registros:** se consultará la documentación con la que cuenta el departamento de producción sobre el registro de tiempos de producción de los cocedores de harina, fases del proceso y toda la información relevante que nos ayude a tener un proceso actual con el cual comparar las actividades a observar y medirla.
- **Entrevistas:** la técnica de la entrevista consistirá en realizar una conversación dinámica entre la parte investigadora y los participantes de la empresa, tanto a nivel de jefatura como a nivel operativo, con el fin de recopilar información relevante sobre el procedimiento de la operación actual, inconformidades o situaciones que demoren el tiempo de producción.

- Observaciones: consiste en observar de forma estructurada la manera de cómo se desarrollan las actividades u operaciones adentro del departamento de producción. La documentación de la observación se realizará con un formato creado por el investigador para determinar cada una de las tareas. Esto permitirá identificar y registrar las variaciones que se puedan encontrar, definir la razón por la cual ocurrió y proponer soluciones.

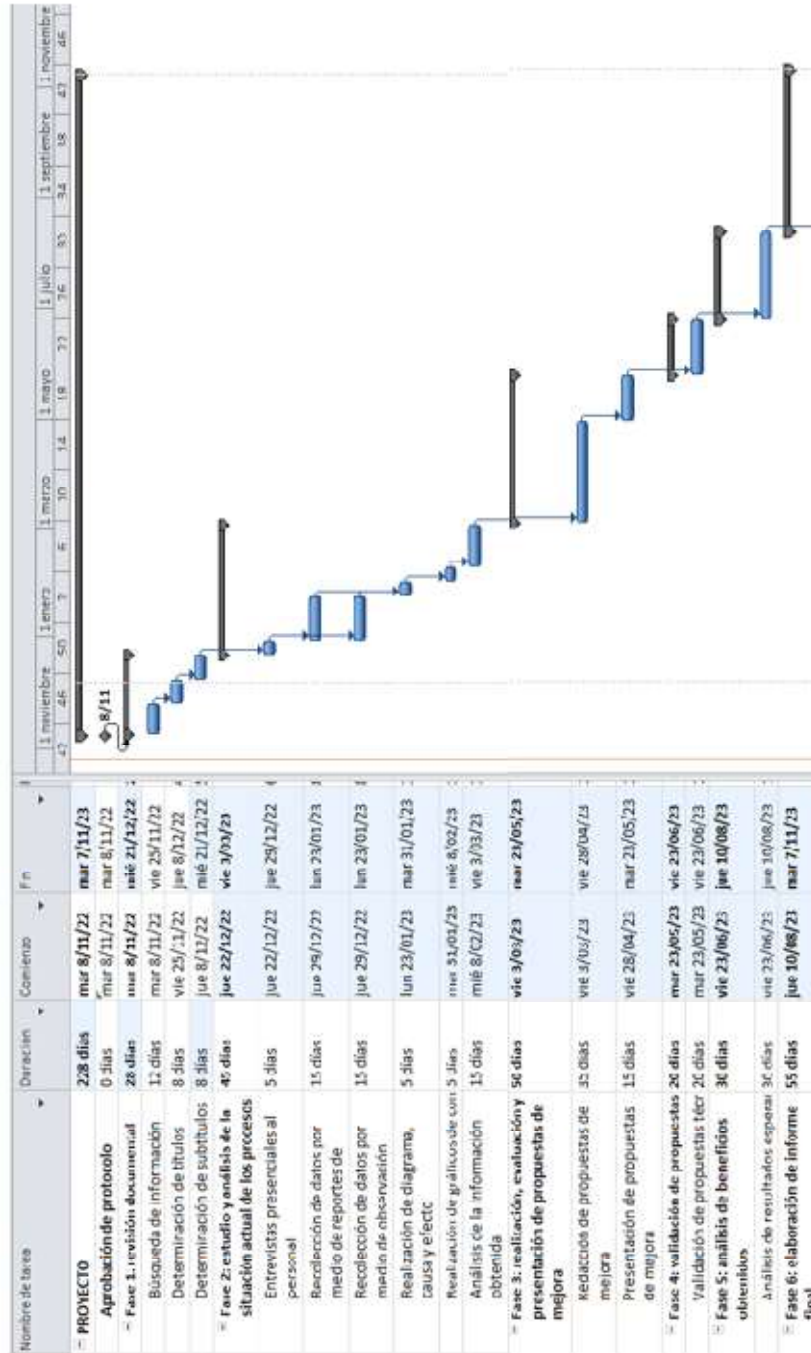
10.2. Técnicas de análisis de información

Al obtener obtenido los datos del estudio se procederá a realizar un análisis estadístico de la información, para poder predecir algunos comportamientos. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

- Diagrama de dispersión: gráfico que se utilizará para analizar la información obtenida de las observaciones estructuradas, lo cual permitirá ver tendencias en las variaciones de los procesos.
- Gráficos de control: el gráfico de control es una herramienta que se utilizará para analizar el comportamiento de las variables de un proceso respecto al tiempo, facilitará la detección de datos fuera de especificaciones y tendencias de los mismos.
- *Dashboard*: herramienta de gestión que se utilizará para monitorear, analizar y ver de manera visual los indicadores claves, para el seguimiento del cumplimiento del proceso de producción.

- Medidas de tendencia central: debido a que se reunirán datos, se realizarán los cálculos para determinar la media aritmética y sus desviaciones en cada caso.
- Metodología DMAIC: esta metodología se usará para definir metas específicas, de tal manera que los resultados que se obtengan sean consistentes tanto para la estrategia de la empresa como para las demandas del cliente. Al igual que en la teoría, utilizaremos las cinco etapas: las cuales constan de definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

11. CRONOGRAMA



12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación es factible y para su ejecución cuenta con el apoyo incondicional y la autorización de la fábrica de harinas para animales, ya que siempre ha pensado en la mejora de sus procesos para la satisfacción del cliente, brindando apoyo con los recursos.

12.1. Recursos necesarios

Para que esta investigación sea realizada, en primer lugar, se gestiona la autorización de la empresa, la cual proporciona los siguientes recursos:

- Humanos: disposición del personal del área de producción, específicamente los operarios de las máquinas de cocción para compartir la información básica para la realización del trabajo de investigación.
- Tecnológico: acceso a internet y recursos que faciliten la recolección y análisis de la información.
- Informativos: acceso a la documentación de los procesos e información que maneja la empresa, teniendo en cuenta la confidencialidad de la misma.
- Infraestructura y equipo: facilitan la utilización del mobiliario y equipo necesario para el desarrollo de la investigación, en especial los equipos de cocimiento del departamento de producción.

Se realizará con recursos propios del estudiante de maestría. Al tratarse de una investigación descriptiva, a continuación, se detalla una tabla con el desglose de gastos que se realizarán para el desarrollo de la presente investigación:

Tabla II. **Recursos necesarios para la investigación**

No.	Recursos	Descripción	Costo	%
1	Humanos	Honorarios del estudiante	Q2,500.00	27%
2		Honorarios del asesor	Q3,500.00	38%
3	Viáticos	Hospedaje	Q700.00	8%
4		Alimentación	Q850.00	9%
5		Combustible	Q1,100.00	12%
6	Administrativos	Materiales	Q300.00	3%
7		Varios	Q150.00	2%
8		Energía eléctrica	Q100.00	1%
TOTAL			Q9,200.00	100%

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

13. REFERENCIAS

1. Bautista, J., Bautista, A., Rosas, S. (2010). *Metodología para la implementación de la manufactura esbelta en los procesos productivos para la mejora continua*. (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
2. Caso, A. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. (2° edición). España: Editorial Fundación Confametal.
3. Cerón, J., Madrid, J., Gamboa, A. (2015). Desarrollo y casos de aplicación de Lean Manufacturing. *Magazine Empresarial*, 11(28), 33-44.
4. Cuatrecasas, LI. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. Técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático*. Barcelona: Editorial Profit.
5. Cuatrecasas, LI. (2011). *Organización de la producción y dirección de operaciones. Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*. Madrid: Editorial Díaz Santos.
6. Cuatrecasas, LI. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*. Madrid: Editorial Díaz de Santos.

7. Díaz A., Gonzales, J., y Ruiz, M. (Enero, 2005). ERP en una organización
Implantación de un sistema. *Revista Sistemas e Informática* 2(3), 1-
8. Recuperado en <http://www.uap.edu.pe/intranet/fac/material/02/20111C1020102503020109011/20111C102010250302010901125509.pdf>.
8. Escobar, R. (2002). *Aumento de la productividad de la empresa manufacturera de calzado Alvarado (FACALVA)*. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9193/1/JORGE%20ARMANDO%20ALVARADO%20OLIVA.pdf>
9. García, R. (2010). *Ingeniería de métodos y medición de trabajo*. (2º edición). Ciudad de México, México: Graw Hill Editores.
10. Gómez, B. (Julio, 2010). Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad. *Revista Gestión y Sociedad* 3(2). 1-15. Recuperado de <https://ciencia.lasalle.edu.co/gs/vol3/iss2/7/>
11. González W. (2009). *Estudio de tiempos y movimientos para optimizar los costos de mano de obra en una industria de helados* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
12. Jaimes, K. (2011). *Propuesta para la mejora de la eficiencia del proceso de tejido de una empresa textil a través de la eliminación de tiempos innecesarios* (tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

13. Lozada, J. (2007). *Mejoramiento de Procesos de Negocios con la Metodología Seis Sigma y Lean Manufacturing* (tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica de Litoral, Guayaquil, Ecuador.
14. Magalhaes, J. (Octubre, 2010). Los 7 desperdicios en la manufactura esbelta. *Revista El Buzón de Pacioli* 8(1), 1-12. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45544667/Balanceo_de_Lineas-libre.pdf
15. Pagés, C. (2007). *Propuesta de un asistente inteligente para la parametrización de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP)*. (tesis doctoral). Universidad de Alcalá. España.
16. Pastor, A. (2008). *Metodología de implantación de modelos de gestión de la información dentro de los sistemas de planificación de recursos empresariales. Aplicación en la pequeña y mediana empresa* (tesis doctoral). Universidad de Cádiz. España.
17. Pineda, A. (2005). *Estudio de tiempos y movimientos en una línea de piso de granito* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1410_IN.pdf
18. Quesada, M. y Villa, W. (2007). *Estudio del trabajo*. Colombia: Fondo Editorial ITM.
19. Shigeo, S. (1989). *El sistema de producción TOYOTA desde el punto de vista de ingeniería* (3ª. edición). Madrid, España. Productivity Press.

20. Vargas, H., Muratalla, B., y Jiménez, C. (Marzo, 2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Revista de Actualidad y Nuevas Tendencias* 5(17), 153-174. Recuperado de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Lean+Manufacturing

14. APÉNDICE

Apéndice 1. Tablas de vapor saturado basado en presión

Presión	Temp.	Volumen Especifico		Entalpía Específica		
kPa	°C	m ³ / kg		kJ / kg		
p	t	V _f	V _g	h _f	h _g	h _{fg}
200	120.21	0.00106052	0.885735	504.68	2,706.24	2,201.56
300	133.53	0.00107318	0.605785	561.46	2,724.89	2,163.44
400	143.61	0.00108356	0.462392	604.72	2,738.06	2,133.33
500	151.84	0.00109256	0.374804	640.19	2,748.11	2,107.92
600	158.83	0.00110061	0.315575	670.50	2,756.14	2,085.64
700	164.95	0.00110797	0.272764	697.14	2,762.75	2,065.61
800	170.41	0.00111479	0.240328	721.02	2,768.30	2,047.28
900	175.36	0.00112118	0.214874	742.72	2,773.04	2,030.31
1000	179.89	0.00112723	0.194349	762.68	2,777.12	2,014.44
1100	184.07	0.00113299	0.177436	781.20	2,780.67	1,999.47

Fuente: elaboración propia, realizado con Excel.

