



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

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES A
LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS EN PRESENTACIONES DE
12 ONZAS Y ½ LITRO EN PLANTA UBICADA EN RETALHULEU**

Erick Alexander Ramirez Franco

Asesorado por el MSc. Ing. Carlos Alejandro Sánchez Ávila

Guatemala, septiembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES A
LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS EN PRESENTACIONES DE
12 ONZAS Y ½ LITRO EN PLANTA UBICADA EN RETALHULEU**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK ALEXANDER RAMIREZ FRANCO

ASESORADO POR EL MSC. ING. CARLOS ALEJANDRO SÁNCHEZ ÁVILA

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. 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 a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES A LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS EN PRESENTACIONES DE 12 ONZAS Y ½ LITRO EN PLANTA UBICADA EN RETALHULEU

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



Erick Alexander Ramirez Franco



EEPFI-PP-1958-2022

Guatemala, 11 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: **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES A LA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS EN PRESENTACIONES DE 12 ONZAS Y 1 2 LITRO EN PLANTA UBICADA EN RETALHULEU**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gerencia Estratégica - Ingeniería de proyectos**, presentado por el estudiante **Erick Alexander Ramírez Franco** carné número **201643541**, 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 Gestion 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"

Mtro. Carlos Alejandro Ávila Sánchez
Asesor(a)

Carlos Alejandro Avila Sánchez
Ingeniero Mecánico Industrial
Matriculado 8896

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



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





EEP-EIMI-1603-2022

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: **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES A LA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS EN PRESENTACIONES DE 12 ONZAS Y 1 2 LITRO EN PLANTA UBICADA EN RETALHULEU**, presentado por el estudiante universitario **Erick Alexander Ramírez Franco**, 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

Mtro. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES A LA LÍNEA DE EMBOTELLADO DE BEBIDAS CARBONATADAS EN PRESENTACIONES DE 12 ONZAS Y 1/2 LITRO EN PLANTA UBICADA EN RETALHULEU**, presentado por: **Erick Alexander Ramírez Franco** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 14/09/2023 16:43:28
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, septiembre de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 74 CUI: 3001287890101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme estar con vida y permitirme culminar con éxito esta etapa en mi vida.
- Mis padres** Ana Patricia Franco Monterroso y Erick Estuardo Ramírez Solís por ser mi más grande motivación, por su amor incondicional, brindarme todo en estos 26 años, apoyarme a lo largo de mis estudios y por brindarme todos los valores que he aprendido a lo largo de la vida.
- Mis hermanos** Roberto Daniel y David Estuardo Ramírez Franco por su apoyo incondicional, por motivarme a cumplir mis metas y ser mis compañeros de vida.
- Mis abuelos** Esperanza Solís, Roberto Ramírez (q. e. p. d.), Victoria Monterroso y Carlos Franco por sus consejos, brindarme confianza y creer en mí en todo momento.
- Familia y amigos** Por su amistad, apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTO A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el centro de enseñanzas que me ha formado como profesional y mejor persona.
Mi familia	Padres, hermanos, tíos, abuelos, bisabuelos y primos por su apoyo en algún momento de mi vida.
Mis amigos	Amigos tanto de la universidad como del colegio y amigos de la familia que siempre han estado presentes.
Mi asesor	Ing. Carlos Alejandro Ávila Sánchez por todo su apoyo y confianza para realizar este trabajo de graduación
Mis catedráticos	Ing. Byron Chocooj, Ing. Ruben Sanic y demás catedráticos de quienes he aprendido y me han guiado hasta este momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1. Contexto general.....	5
2.2. Descripción del problema	5
2.3. Formulación del problema	6
2.4. Delimitación del problema.....	7
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	11
5. MARCO TEÓRICO.....	15
5.1. Aspectos generales de la empresa.....	15
5.2. Descripción general de la empresa.....	15
5.3. Servicios que ofrece	15
5.4. Ubicación	15
5.5. Líneas de producción que posee.....	16

5.6.	Tipo de bebidas que ofrecen	16
5.7.	Presentaciones de las bebidas	16
5.8.	Ritmo de producción actual	17
5.9.	Producción.....	17
5.10.	Productividad.....	18
5.11.	Productividad parcial	18
5.12.	Eficiencia	18
5.13.	Eficacia.....	18
5.14.	Rendimiento	19
5.15.	Indicador.....	19
5.16.	Competitividad.....	19
5.17.	Bebida carbonatada	19
5.18.	Ingeniería.....	20
5.19.	Ingeniería mecánica industrial.....	20
5.20.	Ingeniería de métodos.....	20
5.21.	Proceso	21
5.22.	Descripción del producto	21
5.23.	Materias primas	21
5.24.	Presentaciones.....	22
5.25.	Descripción de equipos en la línea de producción	22
5.26.	Despaletizadora.....	22
5.27.	Desencajonadora	22
5.28.	Lavadora de botellas	23
5.29.	Inspector de botella limpia	23
5.30.	Llenadora de botellas	23
5.31.	Inspector de llenado	23
5.32.	Inspector de tapa.....	24
5.33.	Encajonadora	24
5.34.	Paletizadora.....	24

5.35.	Descripción del proceso de embotellado	24
5.36.	Capacidad de un proceso	26
5.37.	Herramientas para la solución de problemas.....	26
5.38.	Planeación del proceso.....	27
5.39.	Indicadores de desempeño.....	27
5.40.	Demanda	27
5.41.	Restricción	28
5.42.	Teoría de las restricciones.....	28
5.43.	Identificar	28
5.44.	Explotar.....	28
5.45.	Subordinar	28
5.46.	Elevar.....	29
5.47.	Repetir	29
5.48.	Oferta.....	29
6.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	31
7.	METODOLOGÍA.....	35
7.1.	Características del estudio.....	35
7.2.	Enfoque	35
7.3.	Alcance	35
7.4.	Diseño.....	36
7.5.	Unidad de análisis.....	36
7.6.	Variables.....	36
7.7.	Fases del estudio.....	38
8.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	43
9.	CRONOGRAMA.....	45

10. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	47
10.1. Presupuesto	47
REFERENCIAS	49
APÉNDICES.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Esquema solución	14
Figura 2.	Cronograma de actividades	45

TABLAS

Tabla 1.	Unidad de análisis	37
Tabla 2	Presupuesto.....	47

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BPM	Botellas por minuto
L	Litro
oz	Onza
PET	Tereftalato de polietileno

GLOSARIO

Bebida carbonatada	Es una bebida no alcohólica que se caracteriza por la presencia de dióxido de carbono disuelto. Sus componentes principales son: agua, azúcar, dióxido de carbono y aditivos.
Calidad	Es una propiedad que tiene un objeto y que define su valor, provocando una satisfacción a una necesidad en una persona.
Capacidad nominal	Es la capacidad teóricamente máxima alcanzable que posee un equipo.
Capacidad real	Es la capacidad que realmente está entregando un equipo determinado.
Cuello de botella	Es un proceso que funciona de manera ineficiente, o a un bajo nivel de productividad, causando como consecuencia un retraso importante en las operaciones y limitando a su vez el resto de las etapas en un proceso de producción.
Diagrama	Representación gráfica de una idea, proceso o mecanismo para facilitar su comprensión.

Embotellado	Proceso productivo mediante el cual se rellena y sella una botella ya sea plástica o de vidrio con un determinado líquido o producto.
Estación alineada	Estación de trabajo que se encuentra en la mejor configuración posible, tanto en parámetros como en la cantidad de usuarios ideal que la están operando.
Estándares de calidad	Son puntos de referencia que sirven para fijar un mínimo de condiciones, a fin de que las características de un producto o servicio sean capaces de satisfacer eficientemente las necesidades de los consumidores.
Equipo	Conjunto de piezas que componen un mecanismo y se utilizan para poder automatizar una estación de trabajo.
Ergonomía	Es la disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades de los colaboradores que se verán involucrados.
Hombre máquina	Método descriptivo de la ingeniería industrial para el estudio de la relación existente entre el hombre y la máquina para procesos industriales.
Layout	Distribución detallada de una planta de producción, involucra desde las diferentes áreas, hasta la

distribución actual de los equipos que conforman las distintas líneas de producción.

Línea de producción Es el conjunto de operaciones realizadas en el proceso de la elaboración de un producto.

Mantenimiento Conjunto de operaciones que se deben de realizar a un equipo con el fin de preservar su vida útil, esto con el fin de mantenerlo en óptimas condiciones.

Mejora continua Es el proceso que pretende mejorar los productos, servicios y procesos de una organización mediante una continua detección de errores o áreas de mejora.

Mecanismos Conjunto de piezas o elementos que ajustados entre sí y empleando energía mecánica hacen un trabajo o cumplen una función.

Óptimo Sumamente bueno, que no puede ser mejor.

Pallets Es una bandeja de madera generalmente que soporta los embalajes y los constituye en una unidad de carga.

Planta de producción Es el lugar donde se desarrollan diversas operaciones industriales con el fin de transformar materias primas en productos terminados.

Tiempo muerto

Es el tiempo en el que un equipo se encuentra fuera de operación por razones ajenas a su funcionamiento.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se enfoca en abordar de manera exhaustiva los aspectos técnicos y teóricos requeridos para el incremento de la productividad en una línea de embotellado, específicamente para bebidas carbonatadas en presentaciones de vidrio de 12 onzas y 1/2 litro. Estos objetivos se lograrán mediante la aplicación de conocimientos adquiridos en el campo de la ingeniería mecánica industrial.

La justificación de este proyecto radica en la necesidad imperante de la empresa de aumentar su producción para satisfacer la creciente demanda. Dado que la línea de embotellado opera actualmente a su capacidad máxima, no es factible lograr un incremento en la producción sin intervención. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo aplicar herramientas derivadas de la ingeniería mecánica e industrial para analizar y mejorar integralmente la línea de embotellado, con especial énfasis en la teoría de restricciones.

El diagnóstico realizado identificó un problema clave en la línea de producción: dos estaciones específicas, la encajonadora y la desencajonadora de botellas, estaban actuando como limitantes en el aumento de la productividad. En respuesta, se propuso una alternativa estratégica: reemplazar estas máquinas con modelos nuevos y mejorados, que permitieran una mayor capacidad y velocidad de producción.

El método propuesto implica el uso de la teoría de restricciones como enfoque principal para la mejora del proceso de producción. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de la línea completa, evaluando cada etapa del proceso y

considerando todos los aspectos relevantes para la producción eficiente. Este análisis permitirá identificar cuellos de botella, ineficiencias y oportunidades de mejora.

La propuesta de implementar máquinas nuevas y mejoradas tiene el potencial de desencadenar múltiples beneficios. El incremento en la capacidad y velocidad de producción podría satisfacer la demanda en constante crecimiento, mejorando la posición competitiva de la empresa en el mercado. Además, se espera reducir costos operativos y aumentar la eficiencia general de la línea de embotellado.

En resumen, este trabajo de graduación se centra en la búsqueda de soluciones técnicas y teóricas para aumentar la productividad en una línea de embotellado de bebidas carbonatadas en presentación de vidrio. A través de la aplicación de conocimientos de ingeniería mecánica industrial y la adopción de la teoría de restricciones, se busca analizar y mejorar el proceso completo, con un enfoque especial en las estaciones de encajonado y desencajonado. La propuesta de reemplazar máquinas clave con modelos nuevos y mejorados busca desbloquear la capacidad de producción y lograr beneficios significativos para la empresa. Este trabajo también establecerá los lineamientos necesarios para la ejecución exitosa del proyecto en la empresa.

OBJETIVOS

General

Incrementar la productividad mediante la teoría de restricciones a línea de embotellado de bebidas carbonatadas en presentaciones de 12 onzas y ½ litro.

Específicos

1. Identificar las principales causas que afectan la baja productividad en el proceso de embotellado.
2. Evaluar la capacidad de cada uno de los equipos y maquinaria involucrados en el proceso productivo.
3. Proyectar un plan de acción que permita organizar y ejecutar las soluciones que se habrán planteado luego del proceso de investigación.
4. Definir la eficiencia y la productividad del proceso de embotellado, y determinar los posibles resultados, ejecutando los cambios en la línea de producción.
5. Establecer un método de mejora continua para asegurar el rendimiento nuevo alcanzado.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la productividad en una planta de producción es un factor crítico ya que siempre se busca aumentarla cada vez más con el objetivo de obtener altos márgenes de ganancias que al mismo tiempo pueden servir para seguir creciendo como industria, es por ello por lo que los ingenieros buscan siempre nuevos métodos para alcanzar la mejora continua.

En este trabajo de investigación se pretende dar una solución al problema y aumentar la productividad de manera eficiente principalmente por la herramienta conocida como la teoría de restricciones como principal técnica de mejora continua, y partiendo de esto poder encontrar las principales causas de la baja productividad que se está teniendo al día de hoy, lo primero que se pretende realizar es un análisis tanto cualitativo como cuantitativo de todas las variables involucradas en el proceso con el fin de encontrar la o las restricciones que están directamente involucradas en el fenómeno.

Luego de identificar el problema se pretende brindar una solución que evite las restricciones identificadas que no permiten que la productividad aumente, se procura dar una solución concreta de lo que se está realizando mal y brindar la manera de corregirlo en conjunto con un plan de mejora continua, luego de esto reevaluar nuevamente si con la aplicación de la herramienta no se están teniendo nuevamente restricciones que eviten el fin de este estudio.

El informe final de esta investigación estará conformado por cinco capítulos, los cuales estarán conformados de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se detallarán los antecedentes, referentes a la información que se tenga sobre la línea en general, es decir todas las modificaciones que se hayan realizado y como han beneficiado estas mismas al nivel de productividad de la línea, también se revisará si anteriormente se ha considerado alguna alternativa la cual no se haya demostrado que sea viable para resolver la problemática actual.

En el capítulo 2 se presentará el marco teórico, donde irá toda la teoría necesaria para poder dar una solución y entender el porqué de la situación actual, así como también servirá para conocer un poco más sobre el tipo de industria.

En el capítulo 3 se analizará la línea en general, el proceso productivo y se ejecutarán herramientas las cuales permitan observar de una manera cualitativa y cuantitativa la situación actual, así como la aplicación directa de la teoría de restricciones

En el capítulo 4 presentará una propuesta de mejora, para el proceso productivo, habiendo encontrado las restricciones y dando una solución y demostrando que la solución es viable, determinando un plan de acción el cual representará el conjunto de actividades a realizar para aumentar la productividad de la línea.

Por último, en el capítulo 5 se analizarán las comparaciones técnicas actuales con las de la propuesta que se ha planteado, con el fin de poder observar de manera detallada, que el proyecto es eficiente y es la solución que la línea necesita.

1. ANTECEDENTES

En el año 2005 el Ingeniero Industrial Hugo Hidalgo Gonzales realizó el proyecto de investigación titulado *Mejora de la productividad de una línea de fabricación de chocolates de una industria alimenticia* el cual tenía como objetivo general el aumentar en los distintos procesos de la elaboración del chocolate la productividad buscando con ello la mejora continua y con ello lograr hacer un producto el cual sea competitivo frente a los mercados tanto internacionales como los nacionales. El ingeniero eligió una metodología cualitativa, datos obtenidos mediante observación directa, antecedentes anteriores de la empresa, experiencia laboral, investigación, análisis y la aplicación de procedimientos interpretativos y analíticos para el abordaje del objeto de estudio. Y obtuvo como resultados que con la propuesta elaborada se espera un incremento exitoso de la alta productividad de la línea, un ahorro en costos operativos, manejar de la mejor manera el control de desperdicios de materia prima, y una nueva distribución de línea. Y como conclusión se pudo estimar que las líneas al estar bien balanceadas es posible que la producción de chocolates aumente la capacidad total

Adicionalmente se logró identificar el cuello de botella lo cual trajo como consecuencia que la capacidad por hora de producción de chocolates aumentará, así como la nueva propuesta de una redistribución de maquinaria la cual aprovechaba el espacio de la planta de manera óptima, reduciendo las distancias y recortando el tiempo de fabricación (Hidalgo, 2005).

En el año 2017 el ingeniero industrial Alberto Rolando Mérida Cano realizó el proyecto de investigación titulado *Incremento de la productividad en la fabricación de envase PET para la empresa Olmeca S.A*, el cual tenía como objetivo principal el incremento de la productividad a través de la metodología Six Sigma para el proceso de fabricación de los envases plásticos PET, el ingeniero aplicó esta herramienta de mejora continua y como resultados logró incrementar en 0.30 puntos de nivel sigma y tuvo un aumento en el indicador de la productividad de 1.47 en el mes de mayo, también logró reducir pérdidas por unidades defectuosas en un nivel sigma de 3.24 en comparación al existente siendo este de 2.95, también se lograron identificar e implementar mejoras al proceso, otro resultado que logró obtener fue el de establecer una propuesta de ahorro de energía para el departamento de plásticos PET (Mérida, 2017).

En el año 2004 el Ingeniero Industrial José Alfredo Díaz Acté, realizó el proyecto de investigación titulado *Incremento de eficiencia en la línea de producción en un cambio de estilo del nuevo Koramsa*, el cual tenía como objetivo general: Aumentar la eficiencia de la línea de producción en el lapso de los primeros cuatro días después de que comience el cambio de estilo, con ayuda de todos los recursos disponibles para satisfacer las necesidades de la empresa. El ingeniero eligió una metodología cualitativa, método de aproximación al objeto de investigación a través de la observación directa de los datos obtenidos, antecedentes de la empresa, experiencia laboral, investigación, análisis, y la aplicación de procedimientos interpretativos y analíticos. Obtuvo como resultados: El establecer la propuesta para la solución del problema la cual consistió directamente en el balance de las líneas, la modificación de los diagramas de flujo, la capacitación y llevar los controles de producción correspondientes, se alcanzó un aumento del 26 hasta el 60 % de la capacidad actual. Y como conclusión definió la importancia de la mejora en la productividad tanto de operarios como trabajadores deben de estar capacitados y poner de su

parte en conjunto con la maquinaria optimizada para obtener mejores resultados, por lo que es necesario capacitaciones constantes para el personal sobre la nueva propuesta implementada (Díaz, 2004).

En el año 2011 la ingeniería industrial Sandra María Eugenia Orantes Carrillo presentó su tema de investigación titulado *Incremento de la productividad en la línea de mayonesa de empaque sellado*, en el cual colocó como objetivo general: aumentar la productividad en la línea de producción de mayonesa de empaque sellado. Utilizando la metodología cualitativa, método de aproximación al objeto de investigación a través de la observación directa de los datos obtenidos, antecedentes de la empresa, experiencia laboral, investigación, análisis, y la aplicación de procedimientos interpretativos y analíticos. Logró como resultado: Con métodos sencillos de trabajo que integren la capacidad del proceso con la competencia del personal, es posible lograr un incremento considerable en la productividad, permitiendo generar mayores utilidades para la empresa. Estos métodos garantizan la optimización de los recursos, la estandarización del proceso y la reducción del volumen de producto no conforme, mediante el compromiso de cada uno de los colaboradores de ACSA. Además, los controles de consumo de materiales y administración de los recursos deben ser más rigurosos y a la vez sencillos para que pueda detectarse alguna diferencia que tenga impacto en el costo de los productos, y así eliminar las causas que lo provocan y como conclusión general: existen diversas causas que afectan negativamente la productividad y las que tienen mayor impacto en la producción de ACSA son las siguientes: distribución de maquinaria, capacidad de almacenaje, mantenimiento de los equipos y planificación del trabajo. Al controlar cada uno de estos factores se incrementa la productividad en un 29 %, manteniendo las horas-hombre y aumentando la producción en cajas por turno (Orantes, 2011).

En el año 2012 el ingeniero industrial Marlon Adán De León Villatoro realizó su trabajo de graduación con el título *Incremento de la productividad de una línea de producción de ampollas orales en una industria farmacéutica* utilizando para su realización la metodología: cualitativa, método de aproximación al objeto de investigación a través de la observación directa de los datos obtenidos, análisis FODA, diagramas de causa-efecto, investigación, análisis, encuestas y la aplicación de procedimientos interpretativos y analíticos. Obteniendo los siguientes resultados: Con la ayuda de la implementación de la propuesta la productividad del proceso de producción puede incrementarse en un 312 % y la eficiencia en un 87 %, esto representa un ahorro de Q.139,466.16 anualmente. Y teniendo como conclusión: La determinación de acuerdo con las condiciones de infraestructura y forma del proceso de producción que este se encuentra fragmentado, sin embargo, el acondicionamiento adecuado puede incrementar la productividad en la línea de llenado de ampollas de 5 centímetros cúbicos. Es necesaria la renovación de la maquinaria de envasado, por tal motivo se eligió por medio del análisis financiero la elección de la misma (De León, 2012).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Contexto general

Actualmente se presentó la oportunidad de un nuevo proyecto con uno de los clientes más importantes, en una de las grandes plantas de producción de bebidas carbonatadas del mercado, el cual consiste en realizar el análisis de una de las líneas de embotellado debido a que necesitan aumentar su productividad.

Existen tres líneas de producción en la planta y en la que se requiere el análisis específicamente es en la línea de producción de botella de vidrio de presentaciones de 12 onzas y ½ litro (línea 2) de bebidas carbonatadas.

Por medio de diferentes herramientas aprendidas a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica industrial y la maestría de gestión industrial tomando como base la teoría de restricciones, se pretende analizar y encontrar la solución al problema.

2.2. Descripción del problema

El sector empresarial cada vez es más exigente y competitivo; por lo que las empresas operan demostrando sus mejores estrategias para posicionarse en el mercado, buscan el reconocimiento y la fidelización de sus clientes, así como la rentabilidad y satisfacción del cliente externo, lo que conlleva a las empresas a producir más con resultados óptimos.

Actualmente la empresa embotelladora cuenta con tres líneas de producción y en la línea de vidrio, que es la segunda en mayor demanda, se tiene una producción de 700 botellas por minuto, la cual no es la suficiente para alcanzar el nivel de demanda del mercado, sin embargo, este es el límite actual en el cual trabaja la línea de producción, de acuerdo con sus estándares de calidad, la capacidad de su maquinaria, su personal operativo y los recursos actuales.

2.3. Formulación del problema

Para tener un panorama amplio respecto a lo que está sucediendo en la compañía donde se realiza el estudio aumento de la productividad, se plantean las siguientes interrogantes:

- Pregunta central
 - ¿Cómo la teoría de restricciones puede aumentar la capacidad de la línea de embotellado de bebidas carbonatadas?

- Preguntas auxiliares
 - ¿Cuáles son las causas y las consecuencias de la baja productividad de la línea?
 - ¿Los equipos que se tienen actualmente están funcionando de la manera óptima posible?
 - ¿Existen cuellos de botella en la línea actualmente?

- ¿Todas las estaciones de trabajo están debidamente alineadas?
- ¿Cuáles son las restricciones que presenta la línea actual de producción?

2.4. Delimitación del problema

Para la realización de la presente investigación se aplicará el método descriptivo, debido a que encaja perfectamente con lo que se pretende realizar, comenzando por la identificación del problema que es donde se toma el punto de partida. Toda la información será recolectada directamente en la planta de producción de bebidas carbonatadas, también se consultarán distintos tipos de fuentes para hacer un análisis profesional y se aplicará la herramienta de teoría de restricciones con el fin de determinar lo que está sucediendo y aplicar un método de mejora para resolverlo.

Se estima realizar la investigación en el segundo trimestre del 2022, y como resultados se espera poder aumentar la eficiencia de la línea de producción.

3. JUSTIFICACIÓN

Las grandes corporaciones de bebidas carbonatadas en Guatemala son altamente competitivas, los productos que ofrecen son muy consumidos por los habitantes del país lo que conlleva a estas empresas a la necesidad de reinventarse cada vez más con el fin de aumentar su producción optimizando todos los recursos que poseen, lo que conlleva a realizar análisis constantes de cómo pueden mejorar su productividad actual, ya que de lo contrario están desaprovechando el llegar a más personas cumpliendo con una demanda y tienen que recurrir a otros métodos para poder llegar a la meta, como por ejemplo la necesidad de suplir la producción faltante de otras plantas que se encuentren tanto en el territorio nacional como que traigan de importación desde afuera, lo que de momento puede servir, pero representan altos costos adicionales los cuales podrían aprovecharse de otra manera.

El objetivo de esta investigación es dar una propuesta de mejora de la productividad para la línea de producción de bebidas carbonatadas en presentación de botella de vidrio de 12 onzas y 1/2 litro, a la que se tiene actualmente, con todos los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería mecánica industrial y la maestría de gestión industrial y tomando como base la herramienta de la teoría de restricciones, se pretende aumentar la productividad, minimizar los costos de operación y mejorar el proceso.

4. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La principal necesidad que se plantea cubrir en este proyecto de investigación es la de aumentar la productividad de la línea de embotellamiento de botellas de vidrio con el fin de poder producir de una mejor manera utilizando menos recursos de los actuales.

También se plantea analizar a profundidad la línea de producción y por medio de la teoría de restricciones poder encontrar los principales cuellos de botella, una vez identificados se plantea realizar un análisis especializado para cada estación de trabajo afectada, con el fin de encontrar el problema de la baja productividad.

Fase 1. Revisión de antecedentes: en esta etapa se plantea revisar todos los documentos que puedan servir como aporte a esta investigación, archivos tales como bitácoras de mantenimientos, diseños y planos de modificaciones anteriores a la línea, manuales de producción, manuales de equipos entre otros., se tiene un tiempo estimado de 20 días.

Fase 2. Analizar el proceso actual de producción: se debe de estudiar cómo se está desarrollando actualmente el proceso de embotellamiento de bebidas carbonatadas, observar que estaciones requieren mano de obra, cuales son totalmente automatizadas y cuales son en parte manuales y automáticas, se tiene un tiempo aproximado de 7 días.

Fase 3. Análisis del producto: es necesario analizar el producto del cual se va a realizar la investigación ya que se desea saber si sus características tales

como dimensiones, material, empaque primario y empaque secundario están afectando a la configuración actual de la línea de producción, tiempo estimado para la realización de 15 días.

Fase 4. Análisis de la productividad: en esta etapa se realizará el cálculo de la productividad actual que se está teniendo en la línea de producción, así como también se realizarán cálculos de eficiencia y eficacia de acuerdo a las metas establecidas por planta de producción, para esta fase se tiene contemplado un tiempo de 10 días.

Fase 5. Aplicación de la herramienta de la teoría de restricciones: en esta etapa se pretende aplicar la herramienta a la línea de producción para identificar los cuellos de botella, y ver que estaciones de trabajo están limitando la productividad en la actualidad, por lo que se requiere un análisis completo y también evaluar si el problema fue identificado. Para esta fase se tiene contemplado un tiempo de 20 días.

Fase 6. Definir los puntos críticos: luego de aplicar la herramienta, se tienen que definir cuales están siendo las restricciones actuales de la línea de producción, tener seguridad que al cambiar estas restricciones se tendrán resultados positivos y se podrá observar un cambio, para esta fase se tiene contemplado un tiempo de 10 días.

Fase 7. Evaluación de alternativas: en esta fase se pretende ya brindar una solución a las restricciones encontradas analizar todas las opciones posibles para poder reducir los cuellos de botella o quitarlos definitivamente, ya sea mediante el estudio industrial o mecánico, para esta fase se tiene contemplado un tiempo de 20 días.

Fase 8. Definir las acciones correctivas: en esta fase se pretende dar la solución final al problema principal, habiendo considerado todas las requisiciones por parte de planta, para esta fase se tiene un tiempo estimado de 10 días.

Fase 9. Reevaluar la productividad de la línea de producción: considerando las acciones correctivas anteriores reevaluar la línea y ver si se ha contemplado un aumento de la productividad y evaluar si se logra a la meta que por parte de la empresa se espera alcanzar, para esa fase se tiene contemplado un tiempo aproximado de 10 días

El desarrollo de todas las fases tiene un tiempo estimado de 122 días hábiles para su desarrollo.

Figura 1.

Esquema solución



Nota. Fases del esquema solución. Elaboración propia, realizado con Word.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Aspectos generales de la empresa

A continuación, se detallarán los aspectos más relevantes de la empresa en donde se realizará la investigación.

5.2. Descripción general de la empresa

La Embotelladora se dedica a la producción distribución y comercialización de bebidas en diferentes presentaciones. Es una empresa multinacional mexicana que participa en la industria de las bebidas, en el sector comercial y de restaurantes. Tiene su sede en Monterrey, Nuevo León, México y opera en 10 países de Latinoamérica (Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, Venezuela) y en Filipinas.

5.3. Servicios que ofrece

Producción de bebidas carbonatadas, distribución y comercialización de bebidas adecuadas para cada estilo de vida y necesidades de hidratación: agua, bebidas carbonatadas, jugos, bebidas vitaminadas y energéticas.

5.4. Ubicación

La embotelladora se encuentra ubicada en el kilómetro 178 ruta al Pacífico San Sebastián en el departamento de Retalhuleu, Guatemala.

5.5. Líneas de producción que posee

Actualmente en la planta se encuentran en funcionamiento tres líneas de producción:

- Línea 2: Llenado de bebidas carbonatadas presentaciones de vidrio 12 onzas y medio litro.
- Línea 3: Llenado de bebidas carbonatadas presentaciones de vidrio 1 litro y litro 1/2.
- Línea 4: Llenado de bebidas carbonatadas en presentaciones PET 600ml, 1.5 litros, 2 litros, 2,5 litros y 3 litros

5.6. Tipo de bebidas que ofrecen

Embotelladora los volcanes ofrece los siguientes tipos de bebidas:

- Bebidas carbonatadas
- Agua
- Jugos
- Isotónicos
- Tés
- Bebidas vitaminadas y energéticas
- Lácteos
- Café

5.7. Presentaciones de las bebidas

Las presentaciones de las bebidas que ofrecen en embotelladora “Los Volcanes son las siguientes:

Presentación de vidrio:

- 12 onzas
- ½ litro
- 1 litro
- Litro y ½

Presentación PET:

- 600ml
- 1.5 litros
- 2 litros
- 2,5 litros
- 3 litros

5.8. Ritmo de producción actual

Actualmente en Embotelladora Los Volcanes está teniendo un ritmo de producción de 700 botellas por minuto para las presentaciones de 12 onzas y ½ litro.

5.9. Producción

Es el conjunto de procesos en los cuales se involucran diferentes factores los cuales tienen como resultado la fabricación de productos, bienes o servicios (García, 2005). Por lo general están conformados por una serie de pasos ordenados los cuales van en una secuencia determinada con el fin de elaborar bastantes productos de un solo tipo o de diferentes tipos.

5.10. Productividad

Se denomina productividad a la relación que existe entre la cantidad de bienes o servicios producidos entre los recursos que fueron utilizados para su producción. La productividad sirve como indicador que suelen utilizar los ingenieros y gerentes de las grandes empresas para comparar el nivel de producción que se está obteniendo con los recursos correspondientes.

5.11. Productividad parcial

La productividad parcial es la razón entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo, por ejemplo, la productividad del trabajo (el cociente de la producción entre la mano de obra) es una medida de productividad parcial (Sumath, 1999).

5.12. Eficiencia

Relación entre los resultados logrados y los recursos empleados (Sumanth, 1990). Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de material, retrasos, entre otros.

5.13. Eficacia

La eficacia es el nivel en el cual las actividades planeadas son ejecutadas y su relación con que los resultados previstos sean alcanzados, es un indicador que sirve para maximizar los resultados.

5.14. Rendimiento

El rendimiento se refiere a la proporción entre un resultado obtenido y los medios que se utilizaron para alcanzar dicho objetivo, en ingeniería sirve de indicador para la comprensión de resultados.

5.15. Indicador

Es una expresión matemática de lo que se quiere medir, con base en factores o variables claves y tienen un objetivo y cliente predefinido. Los indicadores de acuerdo con sus tipos (o referencias) pueden ser históricos, estándar, teóricos, por requerimiento de los usuarios, por lineamiento político, planificado, entre otros (Xitumul, 2009).

5.16. Competitividad

Denominamos competitividad a la capacidad que se tiene para generar resultados, mismos que se dan al utilizar una serie de recursos estimados con el fin de poder optimizar recursos y maximizar resultados de una empresa.

5.17. Bebida carbonatada

Se denomina bebida carbonatada (también llamado refresco o gaseosa) a aquella la cual contiene dióxido de carbono (CO₂) como principal característica, el dióxido de carbono provoca que la bebida tenga efervescencia la cual le da su peculiar consistencia, este tipo de bebidas poseen también como base el agua carbonatada (o agua gasificada), adicionalmente a esto se le añade diferentes esencias de sabores dependiendo del producto que se quiera hacer. Este

producto puede ser envasado en: botella plástica (PET), botella de vidrio o incluso en lata.

5.18. Ingeniería

La ingeniería es la ciencia encargada de realizar diseños o desarrollar soluciones tecnológicas a las cambiantes necesidades sociales, industriales y económicas del mundo (Niebel, 2004). Es el conjunto de técnicas y conocimientos que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para el beneficio del ser humano.

5.19. Ingeniería mecánica industrial

Es una rama de la ingeniería la cual se enfoca a satisfacer la demanda de la pequeña y mediana empresa industrial del país, optimizando la maquinaria requerida en los procesos productivos.

El ingeniero mecánico industrial genera proyectos y procesos para el desarrollo de la industria, operación de instalaciones y equipo, mantenimiento y administración.

5.20. Ingeniería de métodos

Es la técnica encargada de incrementar la productividad con los mismos recursos u obtener lo mismo con menos dentro de una organización, empleando para ello un estudio sistemático y crítico de las operaciones, procedimientos y métodos de trabajo (García, Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo, 2005).

5.21. Proceso

Es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico (Torres, 2003). Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema.

5.22. Descripción del producto

En la embotelladora como producto final, se obtiene una bebida carbonatada en envase de vidrio y tapa de aluminio, siendo esta la presentación que se opera en la línea de producción, teniendo el característico envase de la marca, el cual es distribuido por medio de cajas que cuentan con 24 botellas cada una.

5.23. Materias primas

Como materias primas se tienen las siguientes:

- Botellas vacías
- Bebida carbonatada
- Cajilla
- Tapa
- Tarima

5.24. Presentaciones

- 12 onzas (355 ml) envase de vidrio retornable: es una de las presentaciones clásicas y características de la empresa.
- ½ litro (500 ml) envase de vidrio retornable: este tipo de presentación se acostumbra a consumirse para dos personas.

5.25. Descripción de equipos en la línea de producción

La línea de producción donde se realizará la investigación cuenta con la siguiente maquinaria:

5.26. Despaletizadora

Al principio de la línea de producción se posee una despaletizadora la cual es de la marca Sanmartín tiene como función separar los pallets con todas las cajas las cuales contienen las botellas vacías, es una maquina automática, necesita de 1 operario, este equipo posee una capacidad nominal de aproximadamente 800 botellas por minuto.

5.27. Desencajonadora

La desencajonadora es la encargada de sacar las botellas vacías de las respectivas cajas, la maquina es de la marca Sanmartín a pesar de ser una maquina totalmente automática, se requiere de 1 operario que supervise el trabajo de la máquina, ya que en algunas ocasiones no salen todas las botellas de las cajas lo que requiere que el operario las saque manualmente. Posee una capacidad nominal de 750 botellas por minuto.

5.28. Lavadora de botellas

La lavadora de botellas vacías que se tiene actualmente es de la marca Bongal es una maquina totalmente automática necesita de 3 operarios y posee una capacidad nominal de 1,000 botellas por minuto.

5.29. Inspector de botella limpia

El inspector de botellas limpias es de la marca Heuft es una maquina automática que necesita 1 operario, es la encargada de revisar todas las botellas que pasan en las estaciones anteriores verificando que todas se encuentren en buen estado y perfectamente limpias de no ser así estas son descartadas y pasan a otra estación. Tiene una capacidad nominal de 1,200 botellas por minuto.

5.30. Llenadora de botellas

La llenadora es una maquina automatizada, es la maquina más importante en el proceso ya que se encarga del llenado (la misma cantidad en cada botella) de las botellas con su sistema de carbonatación y el sellado de la botella, necesita de 1 operario, es de la marca Krones este equipo posee una capacidad nominal aproximada de 1 000 botellas por minuto.

5.31. Inspector de llenado

El inspector de llenado tiene como función revisar las botellas previamente llenadas con el fin de verificar la cantidad de llenado de las botellas, si en algún caso la botella no contiene el llenado optimo es rechazada. El inspector de llenado es de la marca Heuft y posee una capacidad nominal de 1,200 botellas

por minuto. Necesita de 1 operario para su funcionamiento y el operador es compartido para el inspector de llenado y el inspector de tapa.

5.32. Inspector de tapa

El inspector de tapa verifica que el tipo de sellado se encuentre bien y el producto no presente fugas, la maquina es de la marca Heuft y tiene una capacidad nominal de 1,200 botellas por minuto.

5.33. Encajonadora

La encajonadora es la encargada de colocar el producto terminado en las respectivas cajas de distribución, a pesar de ser una maquina automática se requiere un operario que supervise el trabajo ya que no todas las botellas son extraídas por la máquina. Posee una capacidad nominal de 850 botellas por minuto y es de la marca Sanmartín.

5.34. Paletizadora

La paletizadora tiene como función clasificar en grupos las cajas que fueron llenadas recientemente y colocarlas en su respectivo pallet para su transporte o su almacenamiento, la maquina es de la marca Bogal y posee una capacidad nominal de 900 botellas por minuto.

5.35. Descripción del proceso de embotellado

El proceso de embotellado comienza por la despaletizadora, la cual es la encargada de separar los pallets de las cajas donde van contenidos las botellas

que se utilizarán más adelante, estas son enviadas al transporte denominado transporte de cajilla con envase vacío hasta la desencajonadora.

La desencajonadora es la encargada de sacar las botellas de las cajas y colocarlas directamente en el siguiente transporte el cual es denominado transporte de tablillas para botella vacía el cual va dirigido hacia la lavadora de botellas.

Con el producto en la lavadora de botellas, se procede a la limpieza y colocación en el transporte llamado transporte de tablilla unifilar y son enviadas al inspector de botella limpia.

Las botellas entran en el inspector de botella limpia donde solo continúan en la línea las que se encuentren perfectamente limpias y sin defectos, las otras son descartadas, las botellas que pasan el inspector son llevadas a un transporte de tablilla unifilar.

El transporte de tablilla lleva a las botellas hacia la siguiente estación la cual es la llenadora de botellas, donde se llena con la bebida carbonatada que se esté trabajando en ese momento, seguido de esto, procede a taparse la bebida y seguir su trayecto por el transporte llamado transporte de tablilla para botella llena.

La siguiente etapa es la del inspector de llenado donde se verifica que la cantidad de líquido que tienen las botellas sea el establecido, seguido de esto se dirige al inspector de tapa el cual tiene como función verificar el sellado del producto, de estar todo correcto las botellas son dirigidas al transporte llamado transporte de tablilla de botella llena.

En la siguiente estación se encuentra la encajonadora la cual es la encargada de colocar al producto en sus respectivas cajas de distribución y enviarlas a la última estación por el transporte denominado Transporte de cajilla con envase lleno.

En la última estación se encuentra la paletizadora la cual es la encargada de colocar en grupos las cajas que contienen las botellas y colocar estos grupos en los respectivos pallets para ser transportados o almacenados.

5.36. Capacidad de un proceso

La capacidad de un proceso consiste en la amplitud de una variación que se tiene de un proceso para una característica específica, la cual permitirá saber cuál cumple con las especificaciones requeridas. También se denomina capacidad al nivel actual en el cual una estación de trabajo está funcionando bajo condiciones normales.

5.37. Herramientas para la solución de problemas

Son herramientas las cuales ayudan la resolución de problemas. En el área de ingeniería son muy comunes ya que permiten visualizar de manera gráfica, estadística y ordenada todos los procesos que involucran un proceso productivo, con la ayuda de estas herramientas es más sencillo encontrar causas las cuales estén generando problemas los cuales afecten a la productividad de la empresa.

5.38. Planeación del proceso

Es el conjunto de estrategias y acciones estimadas con el fin de obtener un objetivo en concreto. Así pues, se trata de una previsión de futuro y definición de una estrategia para alcanzar los resultados esperados.

5.39. Indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño son herramientas las cuales nos sirven para poder medir si una variable, proyecto o proceso está logrando satisfacer con las necesidades que se presentan o el fin para el que fueron hechos.

Los indicadores son utilizados por los ingenieros para la gestión de proyectos con el fin de alcanzar metas y volverlas medibles y poder ejecutarlas en lapsos de tiempo específicos, los indicadores de alto nivel pueden representar el alto desempeño de una organización, mientras que los indicadores bajos al contrario pueden representar acciones correctivas a realizar.

5.40. Demanda

La demanda es la cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos, a los distintos precios que propone el mercado, por los consumidores en un momento determinado (Hollahan, 1985). La demanda indica a las empresas las cantidades las cuales están siendo consumidas en el mercado, lo cual ayuda para estimar la cantidad de productos que se tienen que producir.

La embotelladora es la encargada de suplir y operar en la zona suroccidental de Guatemala y actualmente para presentaciones de vidrio de 12 onzas y ½ litro se tiene una demanda estimada mensual de 616,000 botellas.

5.41. Restricción

En general una restricción es cualquier factor que está provocando una limitación o está siendo capaz de afectar la consecución del propósito y de la meta de un sistema.

5.42. Teoría de las restricciones

Es todo un proceso de mejoramiento continuo, basado en un pensamiento sistémico, que ayuda a las empresas a incrementar sus utilidades con un enfoque simple y práctico, identificando las restricciones para lograr sus objetivos, y permitiendo efectuar los cambios necesarios para eliminarlos (Goldratt, 2001).

5.43. Identificar

Se refiere a lo que es reconocer o distinguir que determinada persona o cosa es la misma que se busca o se supone.

5.44. Explotar

Se refiere a lograr el máximo desempeño de algo, es decir enfocarse en que sea lo más eficiente posible.

5.45. Subordinar

Es decir, no importa que tan rápido trabajen las demás actividades y operaciones, se debe asegurar flujo continuo en la restricción.

5.46. Elevar

Crear un aumento en la capacidad limitante de las restricciones, ósea disminuir la diferencia entre la restricción y el objetivo.

5.47. Repetir

Se refiere a reevaluar el nuevo sistema y ver si no se han generado nuevas restricciones al haber mejorado los procesos.

5.48. Oferta

La oferta la podemos definir como la cantidad de un producto, bien o servicio que se está dispuesta a vender en un mercado determinado a un precio en específico.

6. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

TÍTULO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 - 3.1. Descripción del proceso
 - 3.1.1.1. Despaletizado
 - 3.1.1.2. Desencajonado
 - 3.1.1.3. Lavado de botellas
 - 3.1.1.4. Inspección de botella limpia
 - 3.1.1.5. Llenadora de botellas
 - 3.1.1.6. Inspección de llenado
 - 3.1.1.7. Inspección de tapa
 - 3.1.1.8. Encajonado

- 3.1.1.9. Paletizado
- 3.2. Análisis del proceso
 - 3.2.1.1. Diagrama de operaciones
 - 3.2.1.2. Diagrama de flujo
 - 3.2.1.3. Diagrama de recorrido
 - 3.2.1.4. Cantidad de personas que operan la línea
 - 3.2.1.5. Diagrama hombre-maquina
 - 3.2.1.6. Plan de mantenimiento actual
 - 3.2.1.7. Diagrama de causa y efecto
 - 3.2.1.8. Análisis de la capacidad de cada uno de los equipos
 - 3.2.1.8.1. Capacidad nominal de los equipos
 - 3.2.1.8.2. Capacidad real de los equipos
 - 3.2.1.8.3. Eficiencia de los equipos
- 3.3. Aplicación de la teoría de restricciones
 - 3.3.1. Identificar la restricción
 - 3.3.2. Aprovechar la limitación
 - 3.3.3. Subordinar todo lo demás de la restricción
 - 3.3.4. Elevar la restricción
 - 3.3.5. Repetir la búsqueda de la siguiente restricción

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Plan de acción
 - 4.1.1. Análisis
 - 4.1.2. Objetivos y estrategias
 - 4.1.3. Actividades
 - 4.1.4. Responsabilidades
 - 4.1.5. Recursos
 - 4.1.6. Plazos
 - 4.1.7. Ajustes

- 4.2. Diagramas del proceso nuevos con la implementación de la propuesta
 - 4.2.1. Diagrama de operaciones
 - 4.2.2. Diagrama de flujo del proceso
 - 4.2.3. Diagrama de recorrido
 - 4.3. Diseño de equipos
 - 4.3.1. Diseño mecánico
 - 4.3.2. Especificaciones
 - 4.3.3. Análisis de la función
 - 4.3.4. Definición de la maquina
 - 4.3.5. Mecanismos que la integran
 - 4.3.6. Seguridad en sistemas mecánicos
 - 4.3.7. Ergonomía
 - 4.3.8. Medio ambiente
 - 4.4. Controles de calidad del producto con la nueva maquinaria
 - 4.4.1. Control de calidad en la recepción de materiales
 - 4.4.2. Control de calidad durante el proceso
 - 4.4.3. Control de calidad en el producto final
 - 4.5. Layout actualizado
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- 5.1. Ritmo de producción con la propuesta nueva
 - 5.1.1. Comparación teórica del sistema actual con la propuesta
 - 5.2. Análisis de costos con la propuesta
 - 5.2.1. Costos nuevos de mantenimiento de equipos
 - 5.2.2. Costos nuevos operativos
 - 5.2.3. Costos de implementación
 - 5.3. Eficiencia de la línea de producción con la propuesta

- 5.4. Beneficios de la nueva propuesta
- 5.5. Indicadores de productividad
 - 5.5.1. Índice de productividad de mano de obra
 - 5.5.2. Índice de productividad de materiales utilizados
 - 5.5.3. Índice de productividad de indirectos
 - 5.5.4. Control de tiempos muertos
 - 5.5.5. Control de índice de calidad
 - 5.5.6. Auditorías de limpieza de equipos
 - 5.5.7. Auditorías de inspección del personal
 - 5.5.8. Auditorías de seguridad industrial

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

7. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará para elaborar la investigación toma en cuenta diferentes factores para su desarrollo.

7.1. Características del estudio

El estudio tendrá las siguientes características.

7.2. Enfoque

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque mixto, ya que está basado en la identificación de la o las restricciones que presente la línea de producción las cuales están evitando un aumento de la productividad, por medio de la observación y análisis profundo a los diferentes procesos que llevan a cabo el embotellamiento de bebidas carbonatadas, siendo esta la parte cualitativa y la parte cuantitativa refiriéndose específicamente a todos los cálculos que se vayan a efectuar para poder determinar con números la situación actual y a donde se quiere llegar respectivamente.

7.3. Alcance

El alcance de esta investigación será del tipo descriptivo, ya que tiene como objetivo recolectar toda la información sobre el proceso de embotellamiento de bebidas carbonatadas, estudiar a fondo todos sus procesos y poder proponer una solución a la limitante que se está teniendo al día de hoy, se espera dar una solución solida la cual esté al alcance de la empresa el poder corregirla ya sea

con los recursos con los que se cuentan actualmente o con un proyecto de inversión el cuál se demuestre que sea factible.

7.4. Diseño

El diseño adoptado será no experimental ya que la información se obtendrá directamente por medios propios, mediante la observación, visitas técnicas, con base en la experiencia de los operarios y supervisores de planta actuales, evaluación de antecedentes (si los hubiera), aplicación de herramientas aprendidas en la carrera tanto de ingeniería mecánica industrial, como de la maestría en gestión industrial y la experiencia laboral adquirida.

7.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis será el proceso de embotellado de bebidas carbonatadas ya que por medio de este se podrá obtener el problema el cual se desea encontrar y poder estudiar con el fin de poder eliminarlo y lograr una mayor productividad.

7.6. Variables

A continuación, se presenta la operatividad de variables.

Tabla 1.*Unidad de análisis*

Nombre de la variable	Definición teórica	Definición operativa	Indicador
Establecimiento de las etapas del proceso	Etapas del proceso de producción actual, serie de pasos que se realizan de forma ordenada para lograr la transformación de un bien en un producto final.	Detalle de las etapas que conlleva el proceso de embotellamiento de bebidas carbonatadas.	Cantidad de botellas por minuto (BPM)
Identificación de las restricciones	Restricción: limitación que se produce en un proceso.	Identificación de restricciones en la línea de producción de embotellamiento de bebidas carbonatadas.	Restricciones en los equipos. Restricciones en la mano de obra Restricciones en los procesos.
Establecimiento de los puntos críticos del proceso	Puntos críticos del proceso: es aquella etapa de un Proceso en el que es necesario garantizar que se opera bajo unos determinados parámetros con el fin de mantener los peligros alimentarios a límites tolerables.	Es la determinación de las etapas del proceso que requieren mayor atención para garantizar el funcionamiento óptimo de la línea de producción.	Árbol de decisiones y descripción de puntos críticos del proceso.
Definición de las acciones correctivas	Acción correctiva: es aquella emprendida para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación no deseada, con el propósito de evitar que vuelva a ocurrir.	Establecer la solución para contrarrestar las restricciones de la línea de producción	Establecimiento de índices de productividad, eficacia y eficiencia.

Nota. La presente tabla muestra las variables de la unidad de análisis de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

7.7. Fases del estudio

A continuación, se describen las fases en las cuales se divide el desarrollo de la investigación.

- **Fase 1. Revisión de antecedentes**

En esta etapa se plantea revisar todos los documentos que puedan servir como aporte a esta investigación, archivos tales como bitácoras de mantenimientos, diseños y planos de modificaciones anteriores a la línea, manuales de producción, manuales de equipos entre otros., Se le solicitará a los encargados de planta si se poseen antecedentes de cambios anteriores efectuados en la línea de producción, así como también recopilar la información que puedan ofrecer los operarios de la línea según la experiencia o lo que han podido notar en los últimos años.

- **Fase 2. Analizar el proceso actual de producción**

Se debe de estudiar cómo se está desarrollando actualmente el proceso de embotellamiento de bebidas carbonatadas, observar que estaciones requieren mano de obra, cuales son totalmente automatizadas y cuales son en parte manuales y automáticas, mediante visitas técnicas, donde se podrá observar de mejor manera el proceso productivo, se espera contar con el apoyo del ingeniero a cargo para poder simplificar y comprender el proceso de mejor manera.

- **Fase 3. Análisis del producto**

Es necesario analizar el producto del cual se va a realizar la investigación ya que se desea saber si sus características tales como dimensiones, material,

empaques primario y empaque secundario están afectando a la configuración actual de la línea de producción, en esta fase también se desea averiguar el porqué del diseño y si este tuvo alguna relación o fue escogido de esa manera debido a algún factor que pueda afectar en el proceso productivo.

- Fase 4. Análisis de la productividad

En esta etapa se realizará el cálculo de la productividad actual que se está teniendo en la línea de producción, así como también se realizarán cálculos de eficiencia y eficacia de acuerdo a las metas establecidas por planta de producción, se evaluará la capacidad nominal que presenten los equipos y se realizará un comparativo entre la capacidad nominal y la real para encontrar datos que sean relevantes para la investigación.

- Fase 5. Aplicación de la herramienta de la teoría de restricciones

En esta etapa se pretende aplicar la herramienta a la línea de producción para identificar los cuellos de botella, y ver que estaciones de trabajo están limitando la productividad en la actualidad, por lo que se requiere un análisis completo y también evaluar si el problema fue identificado. Esto mediante a los 5 pasos de focalización de la teoría siendo: la identificación principal de la restricción, el aprovechamiento de la restricción, la subordinación a la restricción, la elevación de la restricción y repetir la búsqueda de la siguiente restricción.

- Fase 6. Definir los puntos críticos

Luego de aplicar la herramienta, se tienen que definir cuales están siendo las restricciones actuales de la línea de producción, tener seguridad que al cambiar estas restricciones se tendrán resultados positivos y se podrá observar

un cambio, se plantea utilizar el árbol de decisiones como herramienta para esta fase ya que este funciona siguiendo una secuencia de una serie de preguntas enfocadas en medidas preventivas para la eliminación de las restricciones.

- Fase 7. Evaluación de alternativas

En esta fase se pretende ya brindar una solución a las restricciones encontradas analizar todas las opciones posibles para poder reducir los cuellos de botella o quitarlos definitivamente, ya sea mediante el estudio industrial o mecánico, como principal objetivo se plantea brindar una solución en la cual se puedan aprovechar los recursos actuales de una mejor manera y de lo contrario se espera plantear una solución la cual sea viable y rentable para la empresa, y demuestre ser sólida.

- Fase 8. Definir las acciones correctivas

En esta fase se pretende dar la solución final al problema principal, habiendo considerado todas las requisiciones por parte de planta, También se debe de tomar en consideración todas las normas, tanto sanitarias como de calidad que maneja la planta ya que se lleva un control exacto y se es muy minucioso en todos estos aspectos al tratarse de una industria alimenticia.

- Fase 9. Análisis de la productividad

Considerando las acciones correctivas anteriores reevaluar la línea y ver si se ha contemplado un aumento de la productividad y evaluar si se logra a la meta que por parte de la empresa se espera alcanzar, demostrar tanto de manera cualitativa como de manera cuantitativa que los números (refiriéndose a índices

de productividad) son los deseados y se ha alcanzado el propósito de esta investigación.

8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Lo primero que se realizará serán visitas técnicas a la planta de producción, con el fin de poder observar el proceso que existe actualmente, luego se realizarán los respectivos diagramas de proceso, diagrama de flujo de proceso y el diagrama de recorrido, con el fin de poder detallar el proceso completo de una manera gráfica una vez entendido como funciona la línea de producción.

Lo siguiente a realizar es analizar cada una de las operaciones que conforman el proceso, ayudándonos con herramientas tales como: los 10 enfoques del análisis de la operación, la observación directa, consultando a los operarios, analizando el ritmo de producción por estación, observando los tiempos de cada estación y la manera en que se realiza cada uno (ya sea de forma automatizada o no) ya que esto nos abrirá más análisis por realizar.

Analizada la información se procederá a aplicar la herramienta de la teoría de restricciones y esta se aplicará mediante los 5 pasos de enfoque los cuales son:

- Identificar la restricción: se debe de identificar qué es lo que está deteniendo la productividad de la línea, por qué no se puede aumentar, donde se encuentra el cuello de botella y si existe más de uno en la línea entera.
- Aprovechar la limitación: en este paso se tiene que optimizar la restricción, a manera de poder resolver el problema utilizando los recursos que se

tienen actualmente, también es importante asegurarse que las medidas tomadas para realizar este paso no afecten al resto de la línea.

- Subordinar todo lo demás a la restricción: en esta etapa se debe de asegurar de sincronizar todos los recursos que no son una restricción al ritmo de la restricción del sistema.
- Elevar la restricción: Una vez se hayan realizado los dos pasos anteriores, entonces se considera la elevación de la restricción que no es más que invertir más recursos para aumentar su capacidad o el rendimiento de la estación en sí, se debe de evaluar esta inversión previamente y si resulta factible para la empresa.
- Repetir la búsqueda de la siguiente restricción: Se repite el proceso, con el fin de asegurarse que el problema haya sido resuelto y si se ha alcanzado la meta propuesta por la empresa.

10. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

10.1. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto estimado para la elaboración del trabajo de investigación para la línea de embotellado de bebidas carbonatadas.

Tabla 2.

Presupuesto

Descripción	Cantidad	C/U	Total
Alimentación	16 tiempos	Q 50.00	Q 800.00
Gasolina	40 galones	Q 25.00	Q 1,000.00
Hospedaje	12 noches	Q 170.00	Q 2,040.00
Equipo de protección personal			
Casco	1 unidad	Q 35.00	Q 35.00
Taponos de oídos	4 pares	Q 2.00	Q 8.00
Lentes de protección	1 par	Q 30.00	Q 30.00
Chaleco reflector	1 unidad	Q 30.00	Q 30.00
Equipo de sanidad			
Mascarillas	20 unidades	Q 6.00	Q 120.00
Guantes	100 unidades	Q 75.00	Q 75.00
Alcohol en gel	2 unidades	Q 13.00	Q 26.00
Total			Q 4,164.00

Nota. La tabla muestra el presupuesto que se utilizará para realizar la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

El presupuesto será cubierto por el investigador en un 100 %, siendo esta una suma total de Q. 4,164.00.

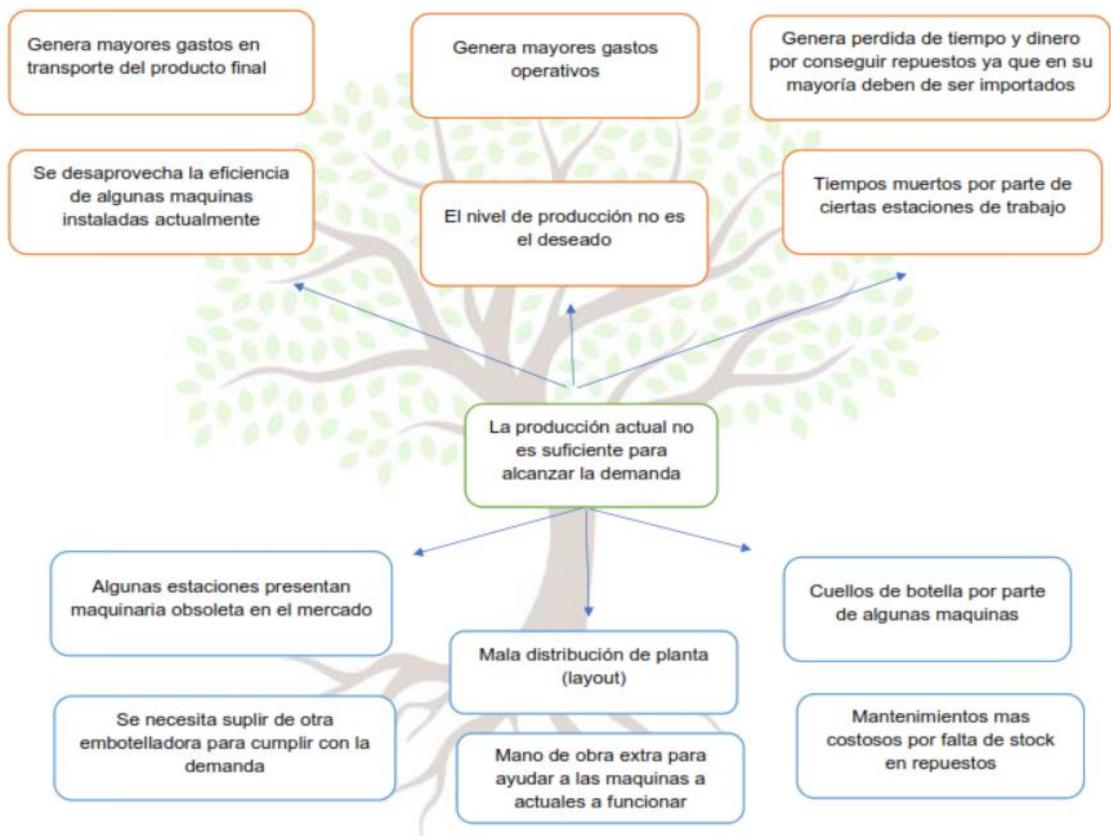
REFERENCIAS

- Avallone, E. (2010). *Manual del ingeniero mecánico*. McGraw-Hill.
- Capuz, S. (2001). *Introducción al Proyecto de Producción*. Limusa.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de Métodos y medición del trabajo*. McGraw-Hill.
- Gayle, L. (1999). *Contabilidad y administración de costos*. McGraw-Hill.
- Hernández R., Fernández C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Educación.
- Jacobs, R. (2005). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. McGraw-Hill.
- Konz, E. (1992). *Manual de distribución en plantas industriales: diseño e instalación*. Limusa.
- Niebel, B. (2004). *Ingeniería industrial, métodos estándares y diseño del trabajo*. Alfaomega.
- Torres, S. (2003). *Introducción al Proyecto de Producción*. Imprenta Universitaria.
- Sumanth, D. (1990). *Ingeniería y administración de la productividad*. McGraw-Hill.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol de problemas



Nota. Diagrama árbol de problemas de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

Apéndice 2.

Matriz de coherencia

PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	VARIABLES	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Metodología
Problema principal	Pregunta central	Objetivo general	Variable dependiente			
<ul style="list-style-type: none"> El nivel de producción actual de la línea de embotellamiento, no cumple con la demanda del mercado actual. 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo la teoría de restricciones puede aumentar la capacidad de la línea de embotellado de bebidas carbonatadas? 	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar mediante la herramienta de teoría de restricciones la productividad de la línea de embotellado de bebidas carbonatadas en presentaciones de 12 onzas y ½ litro. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicar la herramienta de teoría de restricciones aumentará la productividad de la línea de producción. 	Nivel de productividad de la línea	Revisión de antecedentes, observación y aplicación de técnicas de ingeniería	Visitas de campo
Problemas secundarios	Preguntas secundarias	Objetivos específicos	Variable independiente			
<ul style="list-style-type: none"> Algunos de los equipos utilizados en la línea de producción son obsoletos 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las causas y las consecuencias de la baja productividad de la línea? 	1. Identificar las principales causas que afectan la baja productividad en el proceso de embotellado.	Identificación de las restricciones de la línea	5 pasos de la teoría de restricciones	Aplicación de la herramienta	Cualitativa y cuantitativa
<ul style="list-style-type: none"> Estaciones de trabajo ineficientes 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Los equipos que se tienen actualmente están funcionando de la manera más óptima posible? 	2. Evaluar la capacidad de cada uno de los equipos y maquinaria involucrados en el proceso productivo.	La cantidad de botellas por minuto que se producen por estación	Capacidad real y nominal de las estaciones	Indicadores de productividad, observación directa y análisis	Cuantitativa
<ul style="list-style-type: none"> Mantenimientos con elevados precios por falta de stock en repuestos 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Existen cuellos de botella en la línea actualmente? 	3. Proyectar un plan de acción que permita organizar y ejecutar las soluciones que se habrán planteado luego del proceso de investigación.	Creación de un plan de acción	Aprobación por parte de la empresa	Experiencia en campo, análisis y aplicación de herramientas de ingeniería	Análisis de ingeniería de proyectos
<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de trabajo extra para cumplir con la demanda del mercado 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Todas las estaciones de trabajo están debidamente alineadas? 	4. Definir la eficiencia y la productividad del proceso de embotellado, y determinar los posibles resultados, ejecutando los cambios en la línea de producción.	Indicadores cuantitativos	Diferencia entre los porcentajes de antes con la solución	Niveles deseados por la empresa	Elaboración de propuesta con plan de acción
<ul style="list-style-type: none"> Métodos ineficientes de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son las restricciones que presenta la línea actual de producción? 	5. Establecer un método de mejora continua para asegurar el rendimiento nuevo alcanzado.	Brindar una solución viable	Indicadores de rentabilidad	VPN, TIR, VAN	Aplicación de herramientas financieras

Nota. Matriz de coherencia de la investigación. Elaboración propia, realizado con Word.