



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APLICACIÓN DE LOS PILARES MANTENIMIENTO
AUTÓNOMO Y PLANIFICADO DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA REDUCCIÓN DEL
INDICADOR TIEMPO MUERTO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA VIDRIERA
GUATEMALTECA S.A.**

Giovanna Betzabé Cappa Vásquez

Asesorado por M.A. Arq. Daniel Rodolfo Calderón Castillo

Guatemala, octubre 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APLICACIÓN DE LOS PILARES MANTENIMIENTO
AUTÓNOMO Y PLANIFICADO DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA REDUCCIÓN DEL
INDICADOR TIEMPO MUERTO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA VIDRIERA
GUATEMALTECA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA DIRECCIÓN DE LA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POR

GIOVANNA BETZABÉ CAPPA VÁSQUEZ

ASESORADO POR M.A. ARQ. DANIEL RODOLFO CALDERÓN CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE 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 Martinez
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. Juan Carlos Godínez Orozco
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADORA	Inga. Ericka Nathalie López Torres
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:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN APLICACIÓN DE LOS PILARES MANTENIMIENTO
AUTÓNOMO Y PLANIFICADO DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA REDUCCIÓN DEL
INDICADOR TIEMPO MUERTO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA VIDRIERA
GUATEMALTECA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 13 de octubre de 2023.



Giovanna Betzabé Cappa Vásquez



EEPFI-PP-1603-2023

Guatemala, 14 de octubre de 2023

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Mtro. 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: **APLICACIÓN DE LOS PILARES MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y PLANIFICADO DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR TIEMPO MUERTO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA S.A.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Excelencia operacional**, presentado por la estudiante **Giovanna Betzabé Cappa Vásquez** carné número **201901547**, 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.

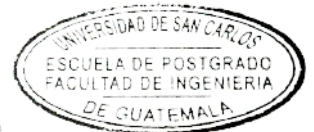
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Daniel Rodolfo Calderón Castillo
Asesor(a)

DANIEL RODOLFO
CALDERÓN CASTILLO
ARQUITECTO 6845

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



Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP-EIMI-1464-2023

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: **APLICACIÓN DE LOS PILARES MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y PLANIFICADO DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR TIEMPO MUERTO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Giovanna Betzabé Cappa Vásquez**, 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, octubre de 2023

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: **APLICACIÓN DE LOS PILARES MANTENIMIENTO AUTÓNOMO Y PLANIFICADO DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR TIEMPO MUERTO DE OPERACIÓN EN LA EMPRESA VIDRIERA GUATEMALTECA S.A.**, presentado por: **Giovanna Betzabé Cappa Vásquez** 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: 03/11/2023 14:25:27
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, octubre 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: 115 CUI: 3004885720101

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 acompañarme en cada paso que he dado, por sorprenderme con su infinita misericordia, brindarme su sabiduría y permitirme alcanzar esta meta. Toda la gloria y honra para ti.

Mis padres

Edgar Cappa y Eugenia Vásquez, por ser mi mayor inspiración, por darme su fuerza, apoyo incondicional y sus alas para volar.

Mi hermano

José Cappa, gracias por llenar mis días de alegría cuando más lo he necesitado.

Mi familia

Por alentarme con su cariño y palabras de ánimo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió culminar mi carrera profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme la enseñanza profesional para contribuir al bienestar de mi patria Guatemala.
Vidriera Guatemalteca S.A.	Por abrir sus puertas para la realización de este trabajo de investigación.
Mis amigos	Por su apoyo y motivación a lo largo de mi vida.
Mi asesor	M.A. Arq. Daniel Calderón, por compartirme sus conocimientos y brindarme su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Contexto general	9
3.2. Descripción del problema	9
3.3. Formulación del problema	11
3.3.1. Pregunta central	11
3.3.2. Preguntas Auxiliares.....	11
3.4. Delimitación.....	12
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	17
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Vidriera Guatemalteca.....	21

7.1.1.	Antecedentes	21
7.1.2.	Proceso productivo.....	21
7.1.2.1.	Materia Prima	23
7.1.2.2.	Fundición.....	24
7.1.2.3.	Formado de envases.....	24
7.1.2.3.1.	Soplo-Soplo.....	25
7.1.2.3.2.	Prensa-Soplo	27
7.1.2.3.3.	Prensa Soplo Boca Angosta	28
7.1.2.4.	Proceso de Templado	29
7.1.2.5.	Empaque	29
7.1.3.	Principales indicadores.....	29
7.1.3.1.	<i>Pack To Melt</i> (PTM)	30
7.1.3.2.	Porcentaje Tiempo Muerto	30
7.1.3.3.	Defectivo	30
7.1.4.	Mantenimiento en la planta	30
7.1.4.1.	Mantenimiento preventivo	31
7.1.4.2.	Mantenimiento correctivo	31
7.2.	Tiempos muertos de operación.....	32
7.2.1.	Planeado	32
7.2.2.	No planeado	33
7.3.	Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	33
7.3.1.	Historia	33
7.3.2.	Actividades fundamentales del desarrollo del TPM	34
7.3.3.	Pilares del TPM.....	36
7.3.4.	Eficacia global de la planta.....	40
7.3.4.1.	Las principales 8 pérdidas de un centro de producción.....	40

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	43
9.	METODOLOGÍA.....	45
9.1.	Características del estudio	45
9.2.	Unidad de análisis	46
9.3.	Variables.....	46
9.4.	Fases.....	48
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	53
11.	CRONOGRAMA.....	55
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	57
	REFERENCIAS	59
	APÉNDICES	65
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Esquema de solución.....	20
Figura 2.	Flujo del proceso de fabricación de envases de vidrio	22
Figura 3.	Materias primas	24
Figura 4.	Proceso Soplo-Soplo	26
Figura 5.	Proceso Prensa-Soplo.....	27
Figura 6.	Proceso Prensa Soplo Boca Angosta.....	28
Figura 7.	Pilares del TPM	37
Figura 8.	Cronograma.....	55

TABLAS

Tabla 1.	Fases del proyecto de investigación.....	18
Tabla 2.	Aportes de las materias primas	23
Tabla 3.	VARIABLES de análisis.....	47
Tabla 4.	Presupuesto.....	58

GLOSARIO

Autónomo	Capacidad adquirida por alguien o algo para llevar a cabo una acción por sus propios medios.
Eficacia	Capacidad de alcanzar las metas y objetivos trazados.
Eficiencia	Capacidad de lograr un objetivo establecido haciendo uso óptimo de los recursos.
Implementar	Hace referencia a poner en funcionamiento un determinado elemento.
Indicador	Unidad de información que permite establecer puntos de referencia, para evaluar el rendimiento de un proceso.
Maquinaria	Conjunto de máquinas utilizadas para un mismo objetivo.
Metodología	Uso de procedimientos que se siguen en una investigación para el logro de un objetivo.

Moldura	Hace referencia a los moldes utilizados para fabricar un tipo de botella en específico.
Paro	Interrupción de las actividades en el lugar de trabajo.
Pilar	Elemento que forma parte fundamental en un asunto o situación.
Preforma	Producto intermedio del proceso de la formación de botellas, en el que el paso siguiente es el soplo de esta.
Preventivo	Es definido como un elemento que previene un suceso futuro, comúnmente es asociado con prevenir un peligro o daño.
Proceso	Conjunto de pasos ordenados que permiten el logro de un fin determinado.
Súbito	Acontecimiento que se produce sin previo aviso.
Tonelada	Es la unidad del sistema internacional relacionada a la masa, es equivalente a 1,000 kg.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es una sistematización en los programas de mantenimiento, por medio de la implementación de los pilares mantenimiento autónomo y planificado de la metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM), con el objetivo de poder reducir el indicador de tiempo muerto de operación en la producción de envases de vidrio.

El vidrio es un material altamente utilizado en la actualidad por diversas industrias, esto se debe a sus cualidades que lo hacen ser un material muy versátil; entre sus características se encuentran que es resistente, inalterable higiénico y reciclable. La empresa Vidriera Guatemalteca S.A. es líder en la industria de manufactura y comercialización de envases de vidrio, el proceso productivo utilizado por la empresa abarca a grandes rasgos desde la preparación de la materia prima, fundición de esta, formado de los envases, tratamientos térmicos y empaque.

Dentro del proceso productivo uno de los problemas más relevantes es la generación de tiempo muerto de maquinaria, especialmente en la maquinaria utilizada para la formación de los envases ya que esto se traduce directamente como una pérdida para la empresa. Estos paros de maquinaria se pueden clasificar en programados que son aquellos que se dan generalmente por un mantenimiento ya planificado, o pueden ser paros no programados, que generalmente están relacionados con las fallas de la maquinaria. Para tener un control sobre el tiempo muerto, en la empresa se hace uso de un indicador denominado tiempo muerto de operación.

La importancia de la solución al problema radica principalmente en la reducción de este indicador de tiempo muerto que generan las maquinarias, disminuyendo a su vez las pérdidas de toneladas de vidrio que deberían estarse empacando para la venta, consecuencia directa del tiempo muerto.

Los resultados esperados de la implementación están enfocados en la generación de nuevos programas de mantenimiento basados en los pilares de mantenimiento autónomo y planificado de la metodología TPM, esto con el objetivo de reducir los paros de maquinaria, especialmente los no planificados.

Los beneficios esperados abarcan desde la reducción de pérdida monetaria de la empresa hasta el involucramiento de los colaboradores operativos en las tareas de mantenimiento, generando trabajo en equipo para el cumplimiento de los objetivos. La investigación es factible ya que cuenta con los recursos necesarios para el desarrollo de las fases de investigación, desde la recopilación de la información hasta del desarrollo del informe final.

El informe final cuenta de 5 capítulos, en el capítulo 1 se darán a conocer los antecedentes, en donde se explicará el funcionamiento previo de la metodología en problemas similares. En el capítulo 2 se desarrollará el marco teórico en donde se establecen las bases teóricas de la investigación, abarcando la descripción del proceso productivo, definiciones del tiempo muerto y la teoría de la metodología Mantenimiento Productivo Total.

En el capítulo 3 se presenta el desarrollo de la investigación, en esta se darán a conocer todas las acciones y análisis de información utilizado para llevar a cabo la investigación. En el capítulo 4 se presentan los resultados de la investigación, es decir, lo que se ha obtenido a partir de la investigación. En el

capítulo 5 se presenta la discusión de resultados en donde se analizará si se ha llegado a los objetivos específicos planteados.

2. ANTECEDENTES

Los antecedentes presentados dan a conocer información de gran relevancia que sustentan el buen desempeño de la metodología TPM como herramienta para la optimización de procesos en industrias alimenticias, de metalmecánica, de construcción, de conservación de los equipos industriales, entre otras. Esto confirma la adaptación de la metodología a diversas industrias y el logro de resultados.

Llontop (2018) afirma en su investigación que es posible implementar el TPM para la optimización del indicador eficiencia global del equipo en la zona de producción de jugo de caña de azúcar. Para ello, se dio la realización de un diagnóstico actual que permita establecer áreas en que se están dando pérdidas de gran magnitud. Recabada la información se procedió a realizar un análisis minucioso de las causas principales que derivan a la reducción de la productividad; estableciendo el mantenimiento autónomo y la herramienta 5S como recursos fundamentales para la reducción de pérdidas de tiempo y de producto terminado. El programa de mantenimiento autónomo tiene como finalidad alcanzar condiciones de funcionamiento óptimas por medio de programación de tareas rutinarias que permitan el mantenimiento preventivo. La importancia de este antecedente para la investigación es establecer el precedente que puede reducirse tiempo muerto por medio de la metodología.

Aportando al estudio, Espinosa (2018) establece que la metodología TPM es útil para la implementación de planes de mantenimiento preventivo, que permitan la reducción de costos asociados a reparaciones correctivas de maquinaria. El uso de esta metodología permite el monitoreo y supervisión de

acciones a llevar a cabo en el área de mantenimiento, que posibilita la identificación de causas de averías y establece prioridades en el desempeño de las actividades. Para el cumplimiento de la finalidad de la investigación, se realizó un plan rector o general de TPM el cual contiene actividades como evaluar los equipos y comprender las condiciones actuales de partida, restablecer los daños presentes, corregir posibles desviaciones, crear un mecanismo para compartir información, por último, actividades relacionadas al mantenimiento constante y con antelación. Se complementó con la creación de un mecanismo que permite administrar la calidad de los equipos y un sistema para la instalación de nueva maquinaria. Como resultado de la investigación, se estimó un potencial ahorro del 10 % de los costos de mantenimiento, logrando la optimización de los recursos económicos y los tiempos de producción. La importancia de este antecedente para la investigación es explicar el uso del plan maestro del TPM y sus actividades como herramienta para la reducción de costos asociados al mantenimiento.

Adicionalmente, Anaya (2020) establece que el mantenimiento productivo total es una herramienta que permite la reducción de las fallas en los equipos por medio de la implementación de sus pilares. Para lo cual se hizo uso de una encuesta como herramienta de evaluación del conocimiento, en ella, se reveló el grado de noción que tenían los colaboradores de la metodología y qué fundamentos presentaban una mayor posibilidad de implementación. Se llevó a cabo un estudio de variables estadísticas de las respuestas obtenidas, estableciendo porcentajes de los resultados y los porcentajes deseados para cada uno de los fundamentos de la metodología. Por último, para cerrar las brechas entre lo diagnosticado y el resultado deseado, se establecieron 81 actividades divididas en planes de estrategia de implementación; enlazadas a los fundamentos con el objetivo de establecer un entorno de mantenimiento. Para confirmar la viabilidad del proyecto, se realizó una estimación de los retornos

esperados para la organización, logrando la mejora del rubro de costos de mantenimiento. La importancia de este antecedente para la investigación es presentar el uso de planes de actividades para el cumplimiento de los objetivos, utilizando el diagnóstico como principal recurso.

Como complemento al estudio, Canahua (2021) concluye que la metodología es útil para la reducción de la demora en la entrega de productos terminados en una línea de producción. Para ello, se analizó inicialmente la eficiencia operativa de los equipos como indicador fundamental de la metodología, contemplando la calidad, velocidad y disponibilidad. Por medio de un análisis exhaustivo, se encontró que la principal causa de demoras en la entrega de productos es la mala gestión de los mantenimientos preventivos y el exceso de tiempo empleado en los mantenimientos correctivos. Para ello, se utilizó la metodología para el aumento de los mantenimientos preventivos con base en las fallas presentadas en los equipos, con un riguroso compromiso para el cumplimiento de estos, esperando con ello reducir los mantenimientos correctivos. Con ello, se logró el aumento de los factores que componen el indicador OEE, logrando que este sobrepasara el porcentaje mundial de 85 %. La importancia de este antecedente para el estudio radica en la explicación del uso de mantenimientos preventivos como herramienta para mejorar la efectividad de las cadenas de fabricación.

Solís y Torres (2021) dan a conocer en su artículo que el TPM es un mecanismo que está dirigido a las cero pérdidas, deficiencias y accidentes. Haciendo la mención que la metodología puede ser de más ayuda en aquellas industrias, que hacen uso de procesos automatizados por medio del uso de la maquinaria. Para su aplicación, el operario no es visto como un simple trabajador enfocado en sus tareas productivas, este es capacitado para llevar a cabo acciones diarias que repercuten en el buen funcionamiento del mantenimiento.

Es por ello, que los autores establecen que al hablar de la metodología rápidamente los directivos se enfocan en el mantenimiento autónomo. Asimismo, mencionan que el valor del mantenimiento en la actualidad es que representa uno de los procesos más importantes para lograr competitividad para una empresa. La importancia de este antecedente a la investigación es el establecimiento del mantenimiento autosuficiente por parte de los colaboradores como base fundamental para el cumplimiento de la finalidad del TPM.

Por último, Moreira (2022) afirma que el TPM permite la mejora de los procesos operativos, esto con base en el diagnóstico inicial de la organización, que es base para establecer las áreas en donde mayor impacto tendrá la implementación. Posterior a ello, se elaboraron diversos programas de mantenimiento para el cumplimiento del propósito de la investigación, se inició con el programa de mantenimiento autosuficiente usando la herramienta 5S como principio fundamental. Adicional, se estableció un amplio programa de mantenimiento preventivo con base en el análisis presentado de fallas frecuentes en las maquinarias estudiadas, dando a conocer la periodicidad con que deben realizarse. Con ello, se logró el mejoramiento significativo del índice de efectividad global de equipos, presentando una mejoría directa en las operaciones de la empresa. La importancia de este antecedente es la utilización del análisis de fallas en el diagnóstico inicial como herramienta para establecer los correspondientes planes de mantenimiento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

Para la empresa Vidriera Guatemalteca S.A., el correcto funcionamiento del proceso de transformación de la materia prima es vital, ya que esto se traduce en producto terminado que generará ingresos. Es por ello que con el paso del tiempo han establecido indicadores que permiten medir la eficiencia del proceso, revelando áreas de oportunidad para implementar mejoras. Entre estos indicadores se puede mencionar el indicador de porcentaje de tiempos muertos. Los tiempos muertos pueden definirse como tiempo en que no se está realizando un trabajo útil, por lo que genera pérdidas de producción y a su vez se traduce en pérdidas monetarias.

En VIGUA el proceso productivo se basa fundamentalmente en el uso de maquinaria, por lo que el tiempo muerto se aplica al tiempo en que la maquinaria se encuentra parada, deteniendo el flujo de productos. Es por ello que se han implementado mejoras destinadas a reducir el tiempo muerto, como lo son: SMED para cambios de moldura, 5S, entre otros. Con estas mejoras se ha logrado reducir significativamente el indicador de porcentaje de tiempo muerto, sin embargo, siempre se está en constante búsqueda de su perfeccionamiento

3.2. Descripción del problema

La producción en la empresa Vidriera Guatemalteca S.A. es continua, lo que significa que en el escenario ideal los procesos de producción no se detendrían durante todo el día, para ello invierten recursos y establecen turnos

de operarios que permitan el funcionamiento ininterrumpido. Sin embargo, los paros en el proceso son inevitables y abarcan paros programados y no programados. Los paros programados generalmente están relacionados con aplicación de mantenimiento preventivo y ajustes necesarios de la producción, como lo son los cambios de moldura para cambiar el tipo de botella que se está elaborando.

Por otro lado, se encuentran los paros de maquinaria no programados que como dice su nombre, son aquellos que no se espera que pasen y que, dependiendo de su magnitud pueden afectar en gran manera el proceso productivo. Un aspecto que comparten los paros programados y no programados es que dan paso a la generación de tiempo muerto.

El tiempo muerto en las maquinarias incide directamente en uno de los indicadores más importantes para la industria del vidrio, el *Pack To Melt* (PTM), que compara la cantidad de toneladas fundidas contra la cantidad de toneladas empacadas. Esto se debe a que el indicador es el resultante de la sumatoria de tres factores: eficiencia, defectivo y tiempo muerto y este resultado es equivalente al 100 % de la producción fundida. Asimismo, el tiempo muerto afecta la productividad de la planta, reduciendo la eficiencia del proceso. Todo lo anteriormente mencionado se traduce en menores ingresos monetarios para la organización, siendo este un problema relevante que debe ser tratado.

La generación de tiempo muerto en el proceso puede adjudicarse a diversas causas, entre las principales podemos mencionar paros de maquinaria debido a fallas de mecanismos, paros de maquinaria programados, paros de maquinaria debido a fallas electrónicas y caídas de corriente, paros de maquinaria debidos a tiempos de cambios de moldura excesivos, constantes cambios de piezas en máquina, entre otros. De las causas resulta relevante

analizar aquellas en las que influyen factores que pueden controlarse. Por ejemplo, los paros de maquinaria debidos a fallas de mecanismos pueden verse afectados por un mantenimiento deficiente. Es de este supuesto que nace la necesidad de aplicar una metodología que permita establecer mantenimientos que se acoplen al funcionamiento de la planta de producción y que a su vez permitan extender el tiempo de operación sin paros de maquinaria.

3.3. Formulación del problema

Para la presente investigación, se formularon preguntas que analizan el problema:

3.3.1. Pregunta central

¿Es posible aplicar una metodología para la reducción del indicador de tiempo muerto de operación en la empresa Vidriera Guatemalteca S.A.?

3.3.2. Preguntas Auxiliares

- ¿Cuáles son los factores que influyen directamente en la incidencia de tiempos muertos en la operación de la maquinaria?
- ¿Cuál es la herramienta apropiada para mitigar los tiempos muertos resultantes de la operación de las máquinas?
- ¿Puede la aplicación de la metodología TPM reducir el tiempo empleado en los paros de maquinaria no programados?

3.4. Delimitación

La empresa Vidriera Guatemalteca S.A. tiene capacidad de fundir 470 toneladas de vidrio al día, esto gracias a dos hornos con tecnología de punta que permite alcanzar altos niveles de eficiencia. El proceso productivo cuenta con 5 líneas que permite la producción de los envases de vidrio. El considerar todas las líneas de producción para el estudio de los tiempos muertos requeriría la inversión de muchos recursos, especialmente de tiempo. Es por ello, que el estudio se reducirá al área de fabricación, Horno 1; considerando las máquinas 11, 12 y 13.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación utilizada para el estudio es la de excelencia operativa, esta se enfoca en lograr que cada aspecto de la organización se desarrolle en condiciones óptimas. Se incluyen factores como la calidad percibida de los clientes, entregas a tiempo, costos de los procesos, tiempos de espera, entre otros. Para aportar al objetivo de la excelencia operativa se utilizará la metodología mantenimiento productivo total. Con el fin de minimizar los tiempos muertos que se generan en el proceso productivo, debido a paros de maquinarias; teniendo como propósito la continuidad del tiempo de producción y la reducción de costos.

La medición del índice de tiempo muerto de operación forma parte vital del proceso de control de la empresa Vidriera Guatemalteca S.A., debido a que el tiempo muerto es traducido directamente como una pérdida de producción y debe evitarse a toda costa. Para ello, la empresa utiliza hojas de control que permiten una recolección muy detallada de las paradas de maquinaria programadas y no programadas, sus causas y el tiempo que la máquina permaneció sin funcionar.

Es por ello, que la realización de este estudio tiene el objetivo de proporcionar una metodología que permita la reducción del tiempo de paradas de maquinarias no deseadas. Para ello se utilizará el mantenimiento productivo total, en específico la utilización de dos de sus pilares: mantenimiento autónomo y planificado. Siendo el mantenimiento planificado una estrategia, que tiene el objetivo de extender el tiempo de producción continuo y evitar paros de máquina en horas del día en que se cuenta con poca asistencia de personal especializado. Y añadiendo el mantenimiento autónomo que tiene el objetivo de estandarizar

acciones diarias que sostienen en el largo tiempo el funcionamiento óptimo de la maquinaria.

El mantenimiento productivo total es una herramienta de mejora continua enfocada al mantenimiento y al buen funcionamiento de los equipos, para ello, involucra a gran parte de la organización con el fin de que todos participen en la generación de ideas y en el sostenimiento de la metodología. Esta metodología ha generado resultados comprobables en el logro de mejora de eficiencia operacional, reducción de costos del proceso y asociados a mantenimiento, reducción de tiempo muerto, mejoras de productividad, entre otros logros.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Aplicar los pilares mantenimiento autónomo y planificado de la metodología TPM para la reducción del indicador de tiempo muerto de operación en la empresa Vidriera Guatemalteca S.A.

5.2. Específicos

1. Definir los factores que influyen de forma directa en la incidencia de tiempos muertos en la operación de la maquinaria.
2. Establecer la herramienta apropiada que permita reducir los tiempos muertos de operación.
3. Examinar si la metodología TPM puede reducir el tiempo empleado en los paros de maquinaria relacionados al mantenimiento.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

En esta investigación se busca aplicar una metodología para cumplir la necesidad de reducir los tiempos muertos de operación en el proceso productivo, esto se debe a que actualmente si bien es cierto la operación de la empresa está dentro de los límites permitidos de tiempo muerto, sigue siendo un valor considerable que a su vez reduce las ganancias.

Los tiempos muertos de operación afectan directamente los resultados de producción obtenidos en la planta, esto se debe a un principio bastante lógico, si la maquinaria no está operando no obtendremos producción. Este tiempo perdido se traduce en toneladas de vidrio no fundidas, que afectan a su vez el indicador principal de la industria de vidrio, el Pack To Melt. El principal objetivo de la empresa es aumentar la eficiencia operativa logrando que estos tiempos muertos sean reducidos al mínimo, para ello, es necesario analizar las causas que producen los paros de la maquinaria.

Las causas de paros de maquinaria son diversas y se dividen principalmente en dos grupos, los paros programados y no programados. Los primeros se enfocan en mantenimientos planificados y en cambios de moldes según lo requiera el plan de producción. Por otro lado, los paros no programados se dan de forma súbita y generalmente cuando se presenta algún fallo; es por ello que se hace necesario analizar las principales causas de estos paros y atacarlos de raíz a modo que no su incidencia no sea elevada. Para ello, se presenta la metodología TPM como una herramienta que nos permitirá abarcar las principales causas de paro no programado con el fin de reducirlos, haciendo uso específicamente de sus pilares de mantenimiento autónomo y mantenimiento

plantificado. A continuación, se definen las fases en las que se dividirá el proyecto:

Tabla 1.

Fases del proyecto de investigación

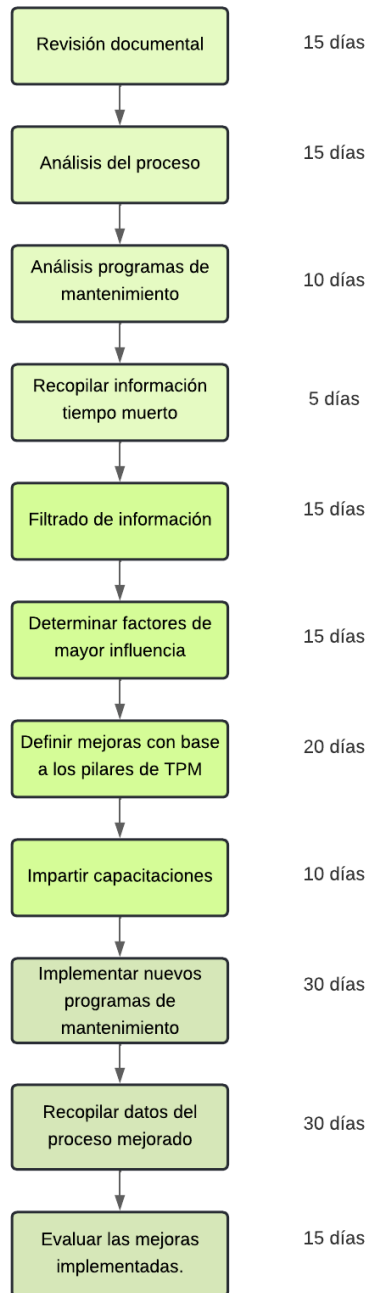
No.	Fase	Descripción	Tiempo estimado
01	Revisión documental	Descripción teórica del proceso productivo, conociendo los indicadores de mayor relevancia utilizados en la industria.	15 días
02	Análisis del proceso	Se recorrerá la planta para conocer el proceso productivo utilizado para la generación de los envases de vidrio, haciendo énfasis en la utilización de la maquinaria.	15 días
03	Análisis programas de mantenimiento	Se analizarán los programas actuales de mantenimiento y su ejecución.	10 días
04	Recopilar información tiempo muerto	Se recopilará la información de tiempos muertos de maquinaria registrados en un período de 1 año.	5 días
05	Filtrado de información	Se filtrarán los datos, enfocándose en los tiempos muertos no programados y sus respectivas causas.	15 días
06	Determinar factores de mayor influencia	Se analizará la información para identificar los factores que inciden mayormente en los paros de maquinaria no programados.	15 días

Continuación de la Tabla 1

No.	Fase	Descripción	Tiempo estimado
07	Definir mejoras con base en los pilares de TPM.	Utilizar los pilares de mantenimiento planificado y autónomo para establecer mejoras en los programas de mantenimiento.	20 días
08	Impartir capacitaciones	Desarrollar un plan de capacitación para dar a conocer las nuevas medidas de mantenimiento.	10 días
09	Implementar nuevos programas de mantenimiento	Ejecutar los nuevos programas de mantenimiento.	30 días
10	Recopilar datos del proceso mejorado	Recopilar los datos de tiempos muertos de maquinaria no programados del período de evaluación de la metodología.	30 días
11	Evaluar las mejoras implementadas.	Comparar los índices de tiempo muerto antes de la implementación y después de la misma, para verificar si se hubo mejora.	15 días
Tiempo total			180 días

Nota. Fases del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 1.
Esquema de solución



Nota. Esquema de solución. Elaboración propia, realizado con Lucidchart.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Vidriera Guatemalteca

El Grupo Vidriero Centroamericano (VICAL), se dedica a la producción y comercialización de envases de vidrio, inició sus operaciones en el año 1964 con una planta en Guatemala. Para ello, contó con diversos socios que permitieron el establecimiento de la empresa. El 1 de octubre de 1978, inició operaciones en Costa Rica bajo el nombre oficial de Vidriera Centroamericana S.A. y contaba con un horno de fundición y cuatro líneas de fabricación.

7.1.1. Antecedentes

Referente a la planta de producción ubicada en Guatemala, presentó problemas con el personal, lo que provocó que esta cambiara de nombre, y en 1991 se estableció oficialmente como Vidriera Guatemalteca S.A. Actualmente, VICAL mantiene sus operaciones en Costa Rica con 2 hornos de 220 y 160 toneladas y siete líneas de producción; en Guatemala con 2 hornos de 240 y 180 toneladas con 6 líneas de producción. Su liderato y posición en la industria le permite: “abastecer el mercado nacional e internacional de la industria de alimentos, medicamentos y bebidas como licores, refrescos y cervezas.” (VICAL, s.f.).

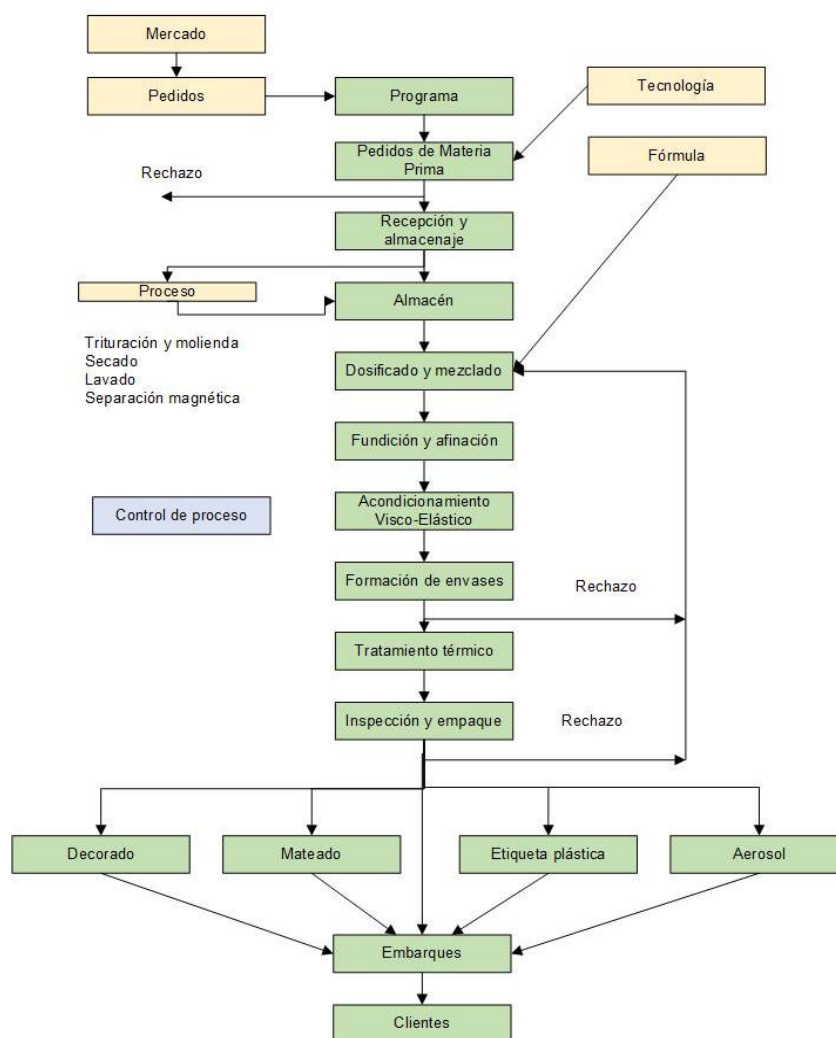
7.1.2. Proceso productivo

El proceso productivo para la fabricación del vidrio abarca desde la obtención y preparación de las materias primas hasta transformarlas a un

producto físico, en este caso, los envases de vidrio. En las siguientes secciones se hablará de los procesos principales.

Figura 2.

Flujo del proceso de Fabricación de Envases de Vidrio



Nota. Proceso de Fabricación Envases de Vidrio. Elaboración propia, realizado con Lucidchart, con información de Manual Vitro Envases

7.1.2.1. Materia Prima

Los materiales empleados para la elaboración de recipientes de vidrio son:

- Feldespato
- Caliza
- Dolomita
- Soda
- Arena sílica

Cada uno de los materiales aporta ciertas características al envase de vidrio:

Tabla 2.

Aportes de las materias primas

Material	Aporte	Fundición
Arena sílica	SiO ₂	Base del vidrio
Feldespato	Al ₂ O ₃	Dureza
Caliza, Dolomita	CaO y MgO	Dureza, propiedades mecánicas
Sulfato de Sodio	SO ₃	Afinante

Nota. Aportes químicos y físicos de las materias primas. Obtenido de H. Torres (2016) *Fabricación de botellas de vidrio.* (p. 6).

Figura 3.

Materias primas



Nota. Materiales primarios para producción de recipientes de vidrio. Elaboración propia.

Asimismo, se utiliza en un porcentaje vidrio reciclado. Para esto, la empresa recolecta de distintos lugares los envases de vidrio, para someterlos a un riguroso proceso en donde se separa lo que no es útil de las botellas, se limpian, se trituran y se incorporan a las demás materias primas.

7.1.2.2. Fundición

Las materias primas se trasladan hacia los hornos en donde se fundirán completamente, para esto, la empresa hace uso de hornos que funcionan continuamente durante los 365 días del año, alcanzando temperaturas de hasta 1,500 °C. Los hornos son alimentados con un combustible llamado Bunker.

7.1.2.3. Formado de envases

El vidrio fundido es transportado desde el horno por un canal hasta donde se encuentran las máquinas formadoras de envases. Estos equipos son de tipo I.S. según Vidrio Formas (s.f.), “La máquina I.S., Secciones Independientes por sus siglas en inglés, es la encargada de formar las botellas a partir de las gotas o velas” (párr. 4.). Permiten detener una sección de la máquina y que las demás

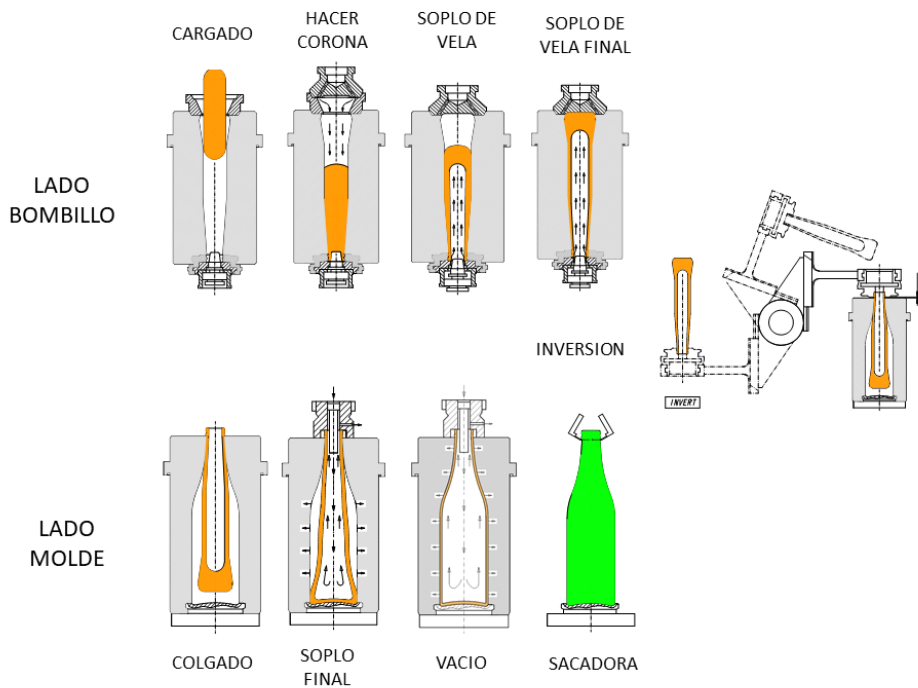
sigan funcionando, sin ninguna interrupción. Esto es de gran utilidad al reducir los tiempos muertos de operación al no ocasionar el detenimiento de todo el proceso.

Estas máquinas funcionan formando la preforma de la botella y la corona, es decir, la forma inicial y posteriormente es trasladada al molde final en donde se le produce la botella final. Para este proceso, la empresa utiliza tres métodos; soplo- soplo, prensa - soplo y prensa soplo boca-angosta, la selección del método depende de las características que se desea que tenga el envase final. La diferencia entre los métodos es cómo se elabora la proforma antes de aplicarle el soplo final.

7.1.2.3.1. Soplo-Soplo

Este proceso es el que comúnmente se utiliza en las industrias de vidrio y es gracias a su flexibilidad en la forma de la botella final, logrando formar diversos modelos. Una variable que influye en gran manera en la decisión del método a utilizar es el diámetro de la corona; la corona es la parte superior de la botella en donde el consumidor toma la bebida. “En este proceso se forma primero la corona y después la preforma, el límite del rango de boca es desde 10 mm hasta 40 mm” (Fonseca, G. y Calderón, D., s.f., p.21).

Figura 4.
Proceso Soplo-Soplo



Nota: Proceso Soplo-Soplo. Obtenido de G. Fonseca, & D. Calderón, (s. f.). *Fabricación y cambios de moldura.* (p. 21.)

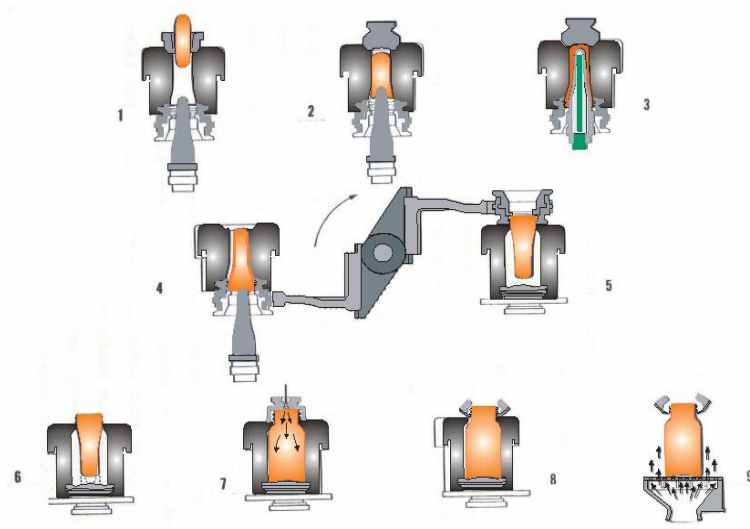
Cuando la gota de vidrio cae dentro de la maquinaria, esta realiza el primer soplo para dar paso a la corona, posteriormente se aplica un segundo soplo que da paso a la preforma. De ahí proviene su nombre soplo-soplo. La preforma es trasladada al molde por medio del equipo de inversión y se le aplica el último soplo para dar paso al envase final.

7.1.2.3.2. Prensa-Soplo

A diferencia del proceso anterior, cuando la gota de vidrio cae dentro de la maquinaria se elabora la proforma por medio de un pistón que se introduce en la gota, prensando el vidrio con las paredes del sistema. Posteriormente es trasladada nuevamente al lado del molde por medio del sistema de inversión y se le aplica el soplo para la formación de la botella. Estos envases son denominados comúnmente como boca ancha porque los diámetros pueden oscilar entre 40 mm hasta 120 mm

Figura 5.

Proceso Prensa-Soplo



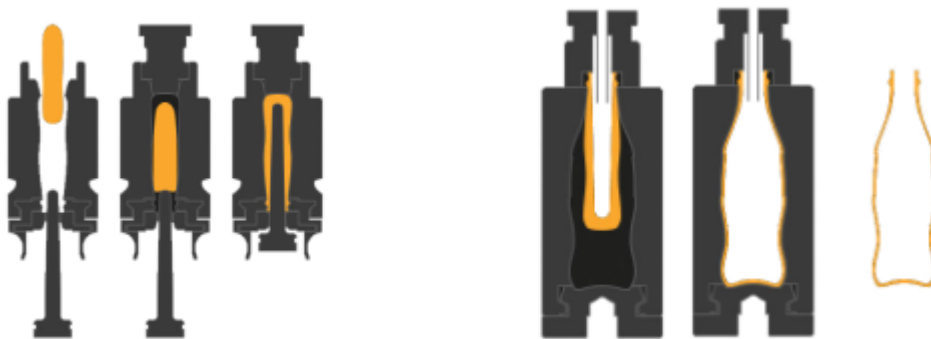
Nota: Proceso Prensa-Soplo. Obtenido de G. Fonseca, & D. Calderón, (s. f.). *Fabricación y cambios de moldura.* (p. 25.)

7.1.2.3.3. Prensa Soplo Boca Angosta

Este proceso es de los más modernos y tiene la capacidad, como indica su nombre, de producir envases de vidrio con boca angosta con cierta medida en específico: “El proceso de PSBA o NNPB por sus siglas en inglés, es el proceso productivo más nuevo que se utiliza en VICAL, el rango de operación está limitado para un diámetro de coronas desde 24 mm hasta 43 mm” (Fonseca, G. y Calderón, D., s.f., p.26).

Figura 6.

Proceso Prensa Soplo Boca Angosta



Nota: Proceso Prensa Soplo Boca Angosta. Obtenido de G. Fonseca, & D. Calderón, (s. f.). *Fabricación y cambios de moldura.* (p. 26.)

El proceso utilizado es el mismo que para el prensa-soplo, la única diferencia es que permitirá producir envases con boca más angosta, esto en función del pistón utilizado.

7.1.2.4. Proceso de Templado

Luego de la fabricación del recipiente de vidrio, estos son transportados a un templador, este es definido como: “Horno de revenido y sus accesorios periféricos de tratamientos los cuales para funcionar correctamente necesita de sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos, hidráulicos en buen estado.” (Vidriera Guatemalteca, 2014, p.2).

En el templador se aumentará la temperatura de los envases, para posteriormente enfriarlos a temperaturas controladas. Esto tiene el objetivo de eliminar esfuerzos internos que provocan que el envase sea muy frágil y se quiebre con facilidad.

7.1.2.5. Empaque

Los envases son sometidos a un proceso de control de calidad, que determina si están en condiciones óptimas para ser distribuidos. Para ello, se hace uso de maquinaria especializada que inspecciona continuamente el flujo de productos. Los recipientes que cumplen con todas las características determinadas son transportados a la sección de empaque, en donde se acondicionan para su posterior entrega.

7.1.3. Principales indicadores

Estos son las unidades de medición que permiten analizar el rendimiento del proceso productivo de los recipientes de vidrio.

7.1.3.1. Pack To Melt (PTM)

Este indicador es muy importante para las industrias de vidrio, según Rivera (2016), “El pack to melt (PTM) es un indicador que visualiza directamente el aprovechamiento entre las toneladas empacadas versus las toneladas fundidas en el horno” (p. 10). En donde las toneladas empacadas hacen referencia a la producción empacada para la venta en un determinado período de tiempo y las toneladas fundidas es la cantidad de materia prima que fue fundida en el horno en el mismo período de tiempo. Es la división de toneladas empacadas entre toneladas fundidas.

7.1.3.2. Porcentaje Tiempo Muerto

Este indicador es medido con base en la cantidad de envases de vidrio que no ingresan al templador y esto abarca diversos aspectos, como el paro de maquinaria, errores de los operarios, fallos en el proceso, ciclos de lubricación, entre otros.

7.1.3.3. Defectivo

Este indicador mide la cantidad de defectos generados en los envases de vidrio, teniendo una clara diferenciación entre defectos por variables y defectos por atributos

7.1.4. Mantenimiento en la planta

El mantenimiento es un proceso de gran importancia en la empresa, esto se debe a que su proceso productivo se basa casi en su totalidad al uso de maquinaria, por lo que asegurar su buen funcionamiento es fundamental. El mantenimiento es un procedimiento en el que se pretende que la maquinaria

funcione en condiciones óptimas. Pérez (2021) brinda una mejor definición del mantenimiento definiéndolo como: “Toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas” (p. 21).

El mantenimiento dentro de la organización puede ser de tipo eléctrico, mecánico o de equipos especiales. Y se divide en preventivo y correctivo.

7.1.4.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que se aplica a los equipos con anticipación a que fallen, y que se realiza con el objetivo de mantener la planta funcionando correctamente. Dentro de la empresa, la definición es la siguiente: “Actividades de mantenimiento que se realizan en maquinaria y equipo en respuesta a un programa previamente definido sin que se haya detectado falla o funcionamiento irregular.” (Vidriera Guatemalteca, 2023, p.2).

Para ello, la empresa hace uso de un plan anual, en el que se tiene establecido minuciosamente las partes de los mecanismos que deben recibir tratamiento, las inspecciones a realizar y la calendarización de mantenimientos mayores. Generalmente los mantenimientos son programados en paros de maquinaria ya planificados, como lo son el cambio de moldura para fabricar otro tipo de envase, o cambios de piezas importantes.

7.1.4.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo entra en funciones cuando los equipos presentan fallas, generando muchas veces que el proceso productivo se detenga.

Dentro de la empresa, la definición es la siguiente: “Actividad de mantenimiento que se realiza en maquinaria y equipo como consecuencia de haber detectado falla o funcionamiento irregular.” (Vidriera Guatemalteca, 2023, p.2).

Este debe aplicarse en la brevedad posible, para que el proceso regrese a su normalidad, si los encargados de mantenimiento no pueden resolver el problema, es necesario contratar a personal especializado.

7.2. Tiempos muertos de operación

El tiempo muerto en las organizaciones es considerado como una de las más grandes pérdidas dentro de un proceso productivo. El impacto que tiene se ve reflejado en pérdidas de producción y pérdidas monetarias, relacionadas a las mismas pérdidas de producción y costos de reparación, ya que, en su mayoría, los tiempos muertos de operación son consecuencias de desperfectos. Según Vázquez (2017): “Se puede definir como tiempo muerto a aquel periodo de tiempo en el que algún sistema se encuentra fuera de operación debido a alguna falla o por estar en mantenimiento” (p.7).

En la definición anterior la palabra sistema hace referencia al sistema de producción, en el cual el tiempo muerto puede generarse por fallos de maquinaria, errores cometidos por los operarios, accidentes laborales u otra causa que detenga el flujo de producción.

7.2.1. Planeado

Los tiempos muertos planeados son aquellos que han sido destinados para llevar a cabo acciones necesarias como lo son el mantenimiento, cambios de variables en el proceso, limpiezas, entre otros. Un aspecto para tomar en

cuenta es que si bien es cierto los tiempos son necesarios, se deben intentar reducir al máximo.

7.2.2. No planeado

Los tiempos muertos no planeados son aquellos que como indica su nombre, no se espera que se den y generalmente tienen una causa súbita, entre ellas se puede mencionar la falla de equipos, perturbaciones en el proceso, entre otras. Estos tiempos suelen tener un mayor impacto, porque generalmente debe determinarse qué es lo que ha fallado para posteriormente implementar una medida correctiva en la brevedad posible, sin embargo, esto puede significar mucho tiempo.

7.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es una estrategia de mantenimiento que involucra a todos los miembros de la organización, con el fin de mejorar el rendimiento y la eficiencia de la maquinaria.

7.3.1. Historia

El TPM tuvo su origen en Japón al cambiar el enfoque hacia la automatización en las plantas de producción, convirtiendo el mantenimiento en una actividad fundamental para el buen funcionamiento del proceso. Esta metodología puede definirse como una estrategia de mantenimiento productivo que permite el involucramiento de todos sus empleados teniendo como objetivo cero pérdidas, defectos y averías. Inicialmente la metodología se utilizó en las industrias de automóviles, pero con el paso del tiempo su uso se fue ampliando a otras industrias.

7.3.2. Actividades fundamentales del desarrollo del TPM

La metodología utiliza una estructura definida para su implementación, Suzuki (1995) indica que “El TPM se implanta normalmente en cuatro fases (preparación, introducción, implantación, y consolidación), que pueden descomponerse en doce pasos” (p. 8), este esquema permite que el proceso de aplicación se vaya desarrollando de modo que no resulte invasivo ni molesto, sino, conforme el desarrollo gradual se logran los objetivos establecidos.

- Fase de Preparación (pasos 1-5)

Como indica su nombre, en esta fase la compañía se alista para la introducción de la metodología, los altos directivos les comunican a los colaboradores la futura implementación. Esto resulta de gran importancia, ya que refleja el total apoyo hacia el proyecto y compromiso de los altos mandos en brindar los recursos necesarios. Asimismo, se elabora el plan de trabajo anual de la metodología.

- Paso 1 La junta directiva da a conocer su elección de implantar el TPM: este paso implica anunciar a los colaboradores que la metodología TPM será utilizada en la empresa. Esto se basa no solamente en dar el aviso sin más información, al contrario, los colaboradores deben saber por qué se hace necesario utilizar la metodología y cuáles son los principales problemas que tiene el objetivo de reducir. Como se mencionó anteriormente, el anuncio por parte de la alta directiva y no solo por las personas encargadas del proyecto de implementación, denota el respaldo y apoyo.

- Paso 2 Formación inicial para el TPM: los colaboradores deben tener un primer acercamiento a metodología, se les brinda la teoría por medio de capacitaciones.
- Paso 3 Crear una estructura organizativa para promover TPM: para que un plan se desarrolle correctamente resulta fundamental el establecimiento de responsables, esto permite una buena organización del trabajo. Para ello, es preferible que dentro de la compañía exista un área dedicada directamente al desarrollo del TPM, esta área es la encargada de velar continuamente por el buen desempeño del método y la constante innovación.
- Paso 4 Determinar normativas y objetivos TPM: se deben fijar políticas que se despliegan en objetivos y estrategias a largo y corto plazo que tengan coherencia con los planes organizacionales. Recordando que todo lo que se desarrolla dentro de una empresa debe tener como objetivo, el logro de los objetivos establecidos en su planificación. Para el cumplimiento de lo anteriormente mencionado, es de suma importancia que se tome en cuenta a todas las áreas de la compañía y en especial a la junta directiva.
- Paso 5 plan maestro TPM: Para el diseño del plan maestro la organización debe tener claro el diagnóstico inicial y los objetivos del TPM hacia donde se quiere llegar. Partiendo de estos dos elementos, se debe establecer los métodos más eficaces que permitan cerrar brecha entre el diagnóstico y los objetivos. En este plan es importante hacer uso de actividades relacionadas a los 8 pilares de la metodología, que se detallarán más adelante.

- Fase de introducción (paso 6)

La introducción del proyecto consiste en reafirmar el compromiso de la alta directiva de implementar la metodología, ahora tomando en cuenta el plan maestro que se elaboró en los pasos anteriores.

- Fase de implantación (pasos 7-11)

Consiste en el establecimiento de actividades basadas en los pilares de la metodología, con el fin de cumplir los objetivos del plan maestro del TPM.

- Fase de consolidación (paso 12): Fortalecer los niveles alcanzados y elevar los objetivos

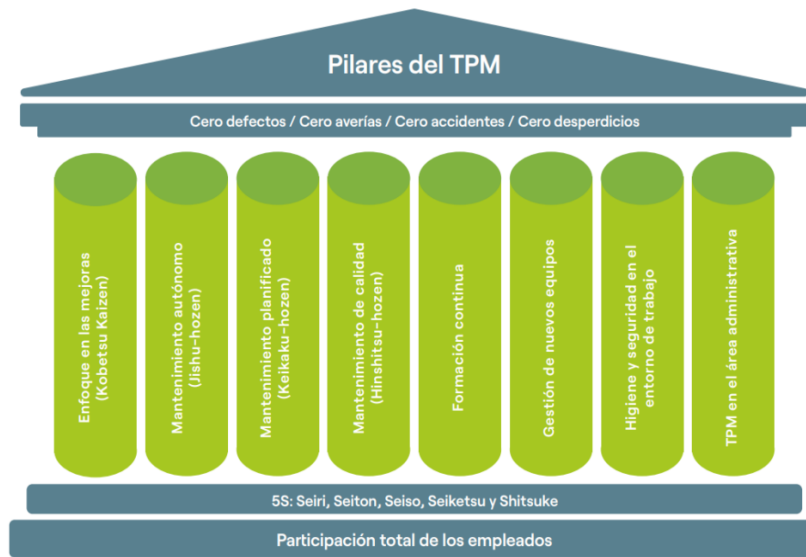
Alcanzados los objetivos establecidos en un corto período, la empresa debe continuar con el uso de la metodología. Esto con el objetivo de lograr mejoras en los resultados ya alcanzados y encontrar nuevas oportunidades de mejora.

7.3.3. Pilares del TPM

Los pilares son el fundamento de la metodología, estos abarcan según el creador de la metodología los aspectos más importantes en los que se ve involucrado el mantenimiento y como al aplicarlos correctamente se podrán obtener mejoras.

Figura 7.

Pilares del TPM



Nota. El gráfico muestra los pilares del TPM. Obtenido de Mapex, (2023), (<https://mapex.io/news/tpm-o-como-aumentar-la-disponibilidad-y-eficiencia-de-los-equipos/>), consultado el 10 de junio de 2023. De dominio público.

- **Pilar 1 Mejoras Orientadas**

Las mejoras orientadas permiten al equipo concentrarse en problemas a resolver en específico, Suzuki (1995) afirma que: “Las mejoras orientadas son un tipo de actividad realizada por equipos de proyectos interfuncionales. Estas actividades están pensadas para minimizar las pérdidas que se busca erradicar, que se han medido y evaluado cuidadosamente”. (p.31)

Este pilar se basa esencialmente en la búsqueda del perfeccionamiento del procedimiento, el equipo multidisciplinario es el encargado de realizar análisis de causalidad que permitan establecer acciones que reducirán las pérdidas.

- Pilar 2 Mantenimiento Autónomo

Este pilar es el que ha dado un mayor reconocimiento a la metodología y es con este que más se identifica el TPM, tiene la finalidad de eliminar la brecha existente entre operarios que solamente trabajan en la fabricación de los productos y personal enfocado únicamente en la preservación de los equipos. Para ello, involucra al operario de planta en funciones de mantenimiento, convirtiéndolo en actividades diarias y capacitando al personal. Tiene el objetivo de disminuir el deterioro y mantener los equipos en condiciones óptimas.

- Pilar 3 Mantenimiento Planificado

La planificación del mantenimiento permite reducir los fallos de equipo en la organización, García (2018) asegura que: “La misión de planificar responde a la necesidad de que no surjan averías en los equipos mientras se está operando” (p.12), de esta afirmación se establece la importancia de contar con la planificación del mantenimiento. Este pilar abarca el mantenimiento de averías, el preventivo y el predictivo.

- Pilar 4 Mantenimiento de calidad

La calidad se ha definido como el cumplimiento de estándares establecidos en el proceso. Con el pasar del tiempo la calidad depende menos de la operación de los trabajadores y más de la operación de los equipos. Esto se debe a que, con más frecuencia, las empresas optan por automatizar sus operaciones introduciendo maquinaria al proceso de producción. Así pues, se hace imprescindible el mantenimiento de calidad, que posee el objetivo de preservar los equipos en sus condiciones óptimas, para llegar al objetivo de cero defectos.

- **Pilar 5 Gestión temprana o de nuevos equipos**

Se fundamenta en la puesta en práctica de los conocimientos ya adquiridos, para implantar actividades de mantenimiento en la incorporación de nuevos equipos en la organización. Tiene el objetivo de planificar el buen funcionamiento del nuevo equipo, para reducir costos de mantenimiento y el rápido deterioro de este.

- **Pilar 6 Formación y adiestramiento**

La fuerza de trabajo es base para el éxito de una empresa, por esa razón, aumentar su conocimiento es de suma importancia. Este pilar tiene el objetivo de capacitar continuamente al personal en temas referentes al mantenimiento productivo total, esto con el fin de buscar la mejora continua. Asimismo, que los trabajadores puedan sentirse identificados con el proceso. Las empresas que no invierten en la capacitación de su personal se verán afectados con gran frecuencia por los fallos y el mal funcionamiento del proceso.

- **Pilar 7 Gestión de seguridad y entorno**

La seguridad ocupacional es una de las actividades más importantes dentro de una organización, ha tomado mucha relevancia con el paso del tiempo. Este pilar tiene el objetivo de implantar el mantenimiento como una herramienta para reducir los accidentes laborales. Esto se logrará mediante la reducción de equipo en mal estado, limpieza de superficies que puedan contener algún elemento que las haga peligrosas, operarios más capacitados podrán identificar mejor los actos inseguros que no deben cometer, entre otros.

- **Pilar 8 TPM en departamentos administrativos y de apoyo**

Una organización debe buscar la incorporación de las labores y responsabilidades de sus partes, como estrategia para la puesta en práctica de la planeación estratégica establecida inicialmente. Es por ello, que el TPM puede implementarse más allá que únicamente en el área de producción, las áreas administrativas deben enfocarse en maximizar su propia eficiencia y apoyar la implementación de la metodología.

7.3.4. Eficacia global de la planta

Toda industria tiene la finalidad de cumplir con sus objetivos planteados y ser exitosa, por esta razón, es necesario que utilice todos los recursos accesibles de forma eficiente, para así elevar su rendimiento. Esta eficacia hace referencia al enfoque que debe tomarse para verificar el buen funcionamiento de cada elemento que compone la planta, manteniendo las operaciones en buen estado y eliminando los aspectos que intervienen en ese objetivo.

7.3.4.1. Las principales 8 pérdidas de un centro de producción

Para lograr un alto nivel de eficacia, es necesario analizar las pérdidas principales que se dan en un centro de producción. Estas fueron definidas por Tokutaro Suzuki en su libro TPM en industrias de proceso:

- **Pérdidas de paradas programadas**

Se enfoca en el tiempo que es utilizado para la ejecución de mantenimiento preventivo en los distintos escenarios de tiempo ya sea semanal,

mensual o anual. En las industrias de proceso es común que el procedimiento de fabricación sea ininterrumpido y estas paradas programadas se den pocas veces al año. Este tiempo debe considerarse como pérdida y procurar su minimización.

- Pérdidas por ajustes de la producción

Estas pérdidas hacen referencia al tiempo empleado para el cambio de variables dentro del proceso productivo. Por ejemplo, se está fabricando un bien inicial X y se necesita cambiar a producir el bien Y, y para ello se necesita un ajuste en las piezas del equipo.

- Pérdidas por fallas de equipos

Como su nombre indica, estas pérdidas están asociadas al tiempo perdido que se produce cuando un equipo deja de funcionar debido a un mal funcionamiento en sus piezas.

- Pérdidas de fallas de proceso

Se refiere a la pérdida de tiempo que se da cuando el centro de producción detiene sus operaciones debido a causas externas. Es decir, los paros no se deben a fallos en los equipos sino a diversas causas como operación errónea, accidentes de derrames o algún daño con las materias primas.

- Pérdidas de producción normales

Aluden a pérdidas de rendimiento en el proceso debido al paro de la producción, posterior a estos paros se da un tiempo de estabilización, en el que

el equipo debe alcanzar sus condiciones óptimas. Ese tiempo en el que el equipo aún no produce bienes sin defectos, debe considerarse una pérdida.

- Pérdidas de producción anormales

Tiene similitud con las pérdidas del inciso anterior, pero la diferencia es que estas pérdidas no son producidas por causas que están estipuladas como un factor inevitable. Por el contrario, estas pérdidas de producción que causan un descenso en el rendimiento normal del equipo deben evaluarse a profundidad.

- Pérdidas de defectos de calidad

Son pérdidas que se generan debido al rechazo de un producto por no cumplir con las especificaciones requeridas.

- Pérdidas de reprocesamiento

Estas se producen por la inversión de tiempo y recursos necesarios para procesar un producto que tiene un defecto pero que puede ser averiado.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Vidriera Guatemalteca

2.1.1. Antecedentes

2.1.2. Proceso productivo

2.1.2.1. Materia prima

2.1.2.2. Fundición

2.1.2.3. Formado de envases

2.1.2.3.1. Soplo-Soplo

2.1.2.3.2. Prensa-Soplo

2.1.2.3.3. Prensa Soplo Boca Angosta

2.1.2.4. Proceso de Templado

2.1.2.5. Empaque

2.1.3. Principales indicadores

2.1.3.1. Pack To Melt (PTM)

- 2.1.3.2. Porcentaje Tiempo Muerto
 - 2.1.3.3. Defectivo
 - 2.1.4. Mantenimiento en la planta
 - 2.1.4.1. Mantenimiento preventivo
 - 2.1.4.2. Mantenimiento correctivo
 - 2.2. Tiempos muertos de operación
 - 2.2.1. Planeado
 - 2.2.2. No planeado
 - 2.3. Metodología Mantenimiento Productivo Total (TPM)
 - 2.3.1. Historia
 - 2.3.2. Actividades fundamentales del desarrollo del TPM
 - 2.3.3. Pilares del TPM
 - 2.3.4. Eficacia global de la planta
 - 2.3.4.1. Las principales 8 pérdidas de un centro de producción
3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta lo referente a la metodología para llevar a cabo cada una de las fases establecidas para la realización de la investigación.

9.1. Características del estudio

- **Enfoque**

El presente trabajo de graduación posee un enfoque mixto, esto se debe a que inicialmente se realizará un análisis cuantitativo por medio de la recopilación de datos de tiempo muerto de maquinaria; haciendo un especial énfasis en los paros de maquinaria no programados. De este análisis se podrán obtener los principales factores que afectan la operación continua dentro de la empresa, de esta información se realizará un análisis cualitativo que permita establecer los principales factores que pueden implementarse dentro de los planes de mantenimiento.

Es decir, se analizarán las sub-causas de las causas de paros de maquinaria no programados, para atacar la frecuencia en que se presentan.

- **Alcance**

El alcance de la investigación será inicialmente descriptivo ya que se dará a conocer las características del proceso de producción y se recopilará toda la información referente a los paros de maquinaria con el fin de establecer las principales causas. Posterior a ello, la investigación será explicativa ya que se

espera explicar las causas, porqué ocurren y en qué condiciones se pueden llegar a presentar.

- **Diseño**

El diseño por utilizar es no experimental ya que toda la información de los paros de maquinaria que se recopilará es obtenida a través de la observación de los operarios en el proceso de producción de los envases de vidrio. Esta información no será modificada en ningún aspecto, únicamente se utilizará para realizar análisis y como fundamento para estructurar los planes de mantenimiento basados en los pilares de mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado de la metodología TPM.

9.2. Unidad de análisis

La unidad de análisis será el proceso de fabricación de los envases de vidrio, específicamente la parte del proceso de formado en donde se hace uso de las máquinas I.S. ya que es aquí donde se generan los tiempos muertos.

9.3. Variables

Las variables en estudio se describen en la siguiente tabla:

Tabla 3.*Variables de análisis*

Nombre de la variable	Definición teórica	Definición operativa	Indicador
Tiempo muerto de operación	Período de tiempo en el que la maquinaria o el sistema se encuentra detenido.	Recopilación de la información de paros de maquinaria por medio de documentos de control interno.	% Tiempo Muerto
Causa de paro de maquinaria.	Motivo responsable de un paro de maquinaria.	Recopilación de información referente al ingreso de porcentajes del templador, se determina que porcentaje se perdió en paros y qué porcentaje se perdió en defectivo.	% Ingreso de envases al templador
Toneladas empacadas	Cantidad de toneladas de vidrio empacadas para la venta.	Resultante del indicador proporcionado por el ERP (sistema de planificación de recursos empresariales) de la compañía.	% Pack To Melt
Paros de maquinaria no programado.	Período de tiempo en que la máquina está fuera de operación y este paro no se ha definido con anterioridad.	Recopilación de la información de paros de maquinaria por medio de documentos de control interno especificando tipo de paro (programado y no programado).	% Paros programados en relación con paros no programados.

Nota. Variables de análisis. Elaboración propia, realizado con Excel.

9.4. Fases

Se presentan las fases para la realización de la investigación:

- Fase 1: Revisión documental

En esta etapa se recopilará toda la información teórica del proceso productivo, abarcando manuales, procedimientos de gestión de calidad, indicadores, entre otros documentos; que permitan al investigador comprender claramente cómo funciona el proceso y que elementos intervienen en el mismo. Esta información será vital para el establecimiento de los antecedentes de la industria.

- Fase 2: Análisis del proceso

En esta etapa se analizará el proceso por medio de observación, se recorrerá la planta junto al jefe de fabricación para entender cada una de las etapas plasmadas en la revisión documental. En este análisis es fundamental hacer énfasis en la utilización de la maquinaria. El recorrido iniciará directamente en las máquinas formadoras I.S. para observar el proceso de formación de los envases, se mostrará el área de control de proceso, el área de formación de la gota de vidrio y los equipos de entrega. Asimismo, se observará el área donde se encuentran las máquinas de inspección que verifiquen que los envases cumplan con las especificaciones.

- Fase 3: Análisis programas de mantenimiento

Junto con el encargado de mantenimiento se analizarán los programas de mantenimiento de maquinaria establecidos para la planta, especialmente se hará

énfasis en analizar los componentes de la máquina que se revisan con periodicidad. Asimismo, se observará los paros de maquinaria ya programados en concepto de mantenimientos.

- Fase 4: Recopilar información tiempo muerto

Para esta etapa se utilizará el ERP de la compañía que permite tener un riguroso control de proceso, se utilizará para recopilar toda la información registrada por los operarios en concepto de tiempo muerto de maquinaria. Incluyendo dentro de la información, datos importantes como lo son el código asignado a la causa de paro de maquinaria.

- Fase 5: Filtrado de información

Para filtrar la información recopilada de tiempo muerto se hará uso de un documento Excel y la herramienta de tablas dinámicas que permita consolidar la información por mes y realizar un especial énfasis en las causas de paro de maquinaria, su frecuencia y tiempo muerto aportado.

- Fase 6: Determinar factores de mayor influencia

Se hará uso de gráficas de barras para mostrar la frecuencia en que se presentan los paros de maquinaria no programados en un determinado tiempo y en máquinas I.S. específicas. Los gráficos utilizarán específicamente la causa de paro de maquinaria y el tiempo muerto que aporta cada una de las causas. Esto permitirá ordenar la información de mayor a menor tiempo muerto, lo que revelará qué causas son aquellas que tienen una mayor participación en los paros de maquinaria. En esta etapa es de suma importancia analizar también las

observaciones realizadas por los operarios, esto puede resultar en un elemento vital para el análisis para identificar causas ocultas.

- Fase 7: Definir mejoras con base en los pilares de TPM.

Con base en las causas que aportan un mayor tiempo muerto de maquinaria, se deberá realizar un análisis minucioso con ayuda del jefe de fabricación y el encargado de mantenimiento, que permita identificar los mantenimientos que pueden realizarse para reducir la frecuencia de los paros. Es en esta etapa que deberá analizarse los principios establecidos en los pilares de mantenimiento planificado y mantenimiento autónomo como herramienta para el establecimiento de nuevos programas de mantenimiento que permitan la integración de los operarios en estas actividades y la reducción del tiempo muerto.

- Fase 8: Impartir capacitaciones

Se deberá desarrollar un plan de capacitación que abarque a los involucrados en los nuevos planes de mantenimiento, esto con el fin de que cada uno pueda conocer los pilares de la metodología que se está implementando y logren comprometerse con los nuevos procedimientos.

- Fase 9: Implementar nuevos programas de mantenimiento

Con ayuda de los operarios ya capacitados se procederá a implementar las acciones requeridas en los nuevos planes de mantenimiento. Para ello, se necesita del total compromiso de los colaboradores para lograr el objetivo y del apoyo de la alta gerencia.

- Fase 10: Recopilar datos del proceso mejorado

Posterior a la implementación, es de suma importancia recopilar los datos de paros de maquinaria ya que sin esta información será imposible establecer si los planes de mantenimiento están siendo útiles o es necesario reevaluarlos.

- Fase 11: Evaluar las mejoras implementadas.

Luego de la recopilación de la información de los paros de maquinaria se deberán comparar los índices de tiempo muerto antes de la implementación y después para obtener una evaluación objetiva de la utilidad de la metodología TPM.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para conocer el proceso productivo utilizado en la fabricación de envases de vidrio, se realizarán visitas a la planta de producción con el objetivo de recopilar la información necesaria. El recorrido abarcará desde el área de materias primas hasta el área de control de calidad en donde se entregan los envases listos para el embalaje.

A partir de comprender el proceso de producción, se identifica los indicadores más importantes para su control, siendo uno de ellos el indicador de porcentaje de tiempo muerto. Para analizar este indicador, se hará necesaria la recopilación de la información relacionada a los paros de maquinaria que son los principales causantes de la generación de tiempo muerto. Para la extracción de la información se hará uso del ERP utilizado en la empresa, generando reportes que incluyan el tiempo que se mantuvo detenida la maquinaria y el motivo.

Posterior a ello, se examinará detalladamente las causas de paros de maquinarias con un enfoque en los paros no programados, el objetivo de este análisis es encontrar aquellas causas que puede controlarse su ocurrencia por medio de una acción previa y que presentan una considerable frecuencia. Para ello, se utilizarán tablas dinámicas que permitan consolidar la información más importante y se utilizará el diagrama Pareto que permite identificar los factores que tienen una mayor relevancia en un problema determinado. Los resultados se presentarán en tablas y directamente por medio de los gráficos.

Ya con estas causas identificadas deberá realizarse una investigación con ayuda del personal de fabricación y de mantenimiento para la identificación de

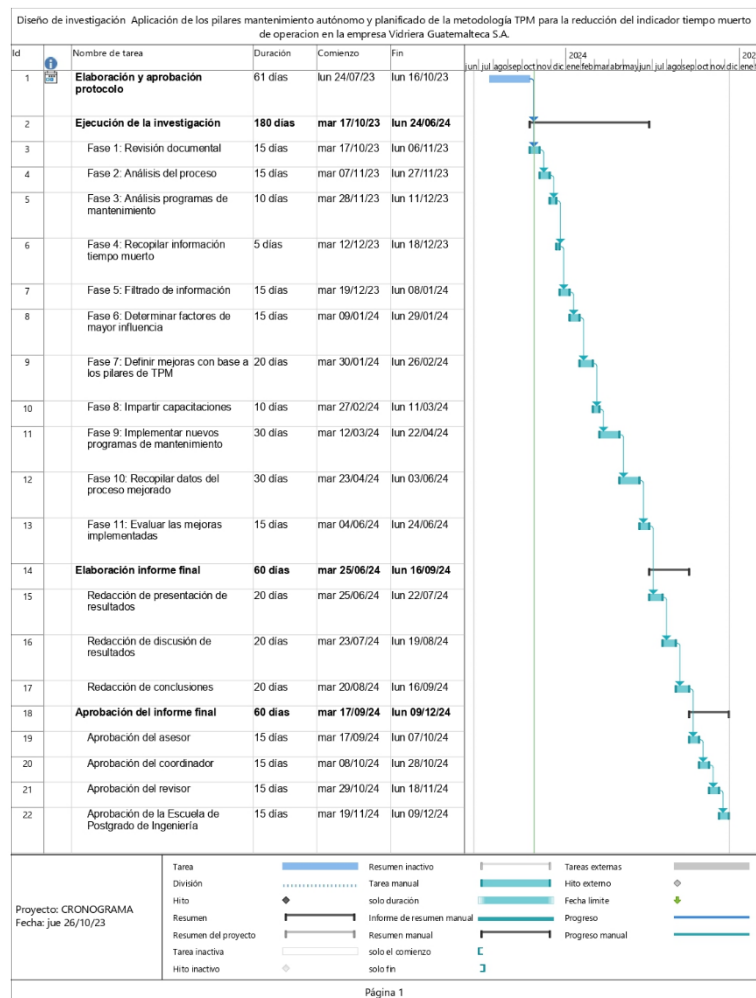
actividades que disminuyan la ocurrencia de los paros de maquinaria. Para ello, se utilizarán diagramas Ishikawa, que permitan analizar cada uno de los factores.

Ya con toda la información recopilada, se hará uso de los dos pilares de la metodología TPM: mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado para el establecimiento de programas y actividades que abarquen las acciones necesarias anteriormente y que involucren tanto al personal operativo como al de mantenimiento. Los resultados deberán presentarse en tablas y en formatos detallados.

Por último, deberá recopilarse nuevamente información del proceso mejorado después de un tiempo prudencial de implementación para analizar el funcionamiento de la metodología. Para ello, nuevamente deberá utilizarse el ERP empleado en la empresa.

11. CRONOGRAMA

Figura 8.
Cronograma



Nota. Cronograma de la investigación. Elaboración propia, realizado con Project.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación cuenta con la factibilidad necesaria para su realización, la empresa se encuentra en constante búsqueda del mejoramiento de sus procesos y reducción de pérdidas, es por eso que brinda apoyo para llevar a cabo la presente investigación. Entre los recursos aportados se encuentra el recurso humano, este es personal de la empresa que aporta su conocimiento a la investigación, explicando los procesos. Asimismo, información, son los datos necesarios para la investigación, diagramas de procesos, entre otros documentos.

El recurso financiero será aportado por el investigador, se presenta el siguiente presupuesto relacionado a la investigación:

Tabla 4.*Presupuesto*

	Ítem	Cantidad	Costos (Q)	Fuente de financiamiento
Recurso humano	Asesor	1	Q. 0.00	No aplica
	Investigador	1	Q. 0.00	No aplica
Recursos materiales	Útiles y papelería	-	Q. 400.00	Propia
Recursos físicos	Gasolina	-	Q. 4,000.00	Propia
Recursos tecnológicos	Computadora	1	Q. 3,000.00	Propia
	Internet	-	Q. 350.00	Propia
Equipo	No aplica	-	-	No aplica
	Total		Q. 7,750.00	Propia

Nota. Detalle del presupuesto para la realización de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

El presupuesto será cubierto por el investigador en un 100 %, ascendiendo el total a Q7,750.00

REFERENCIAS

Anaya, G. (2020). *Diseño de la propuesta de implementación de un sistema de mantenimiento productivo total TPM para la Empresa Colombiana de Cementos S.A.S. en la región de Rio Claro - Antioquia* [Tesis de maestría, Universidad Escuela de Administración de Negocios.]. Archivo digital. <https://repository.universidadean.edu.co/handle/10882/10058>

Angeles, M. (2011, abril). *PROCESOS PRODUCTIVOS*. Elaboración de Vidrios. <http://cs1011mariangelesespejo.blogspot.com/2011/04/procesos-productivos.html>

Canahua, N. (2021). *Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16972>

D. ABC. (s.f.). *Definición de Autónomo*. <https://www.definicionabc.com/general/autonomo.php>

Espinosa, M. (2018). *Mejoramiento de la producción y operaciones de mantenimiento de equipo pesado, mediante un modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM), para la empresa Homiconcretos Cía. Ltda.* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.]. Archivo digital. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14906>

Fonseca, G., & Calderón, D. (s. f.). *Fabricación y cambios de moldura* [Diapositivas].

García, G. (2018). *Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú] Archivo digital. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12015>

Gestión, R. (2023, 20 junio). *Conoce las diferencias entre eficiencia y eficacia*. *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/management-empleo/eficiencia-eficacia-diferencias-eficaz-eficiente-significado-conceptos-nnda-nnlt-249921-noticia/>

Llontop, L. (2017). *Propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de extracción de jugo de trapiche para medir el impacto de la productividad de la agroindustria Pomalca SAA* [Tesis de maestría, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Archivo digital. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1426>

Mapex. (2023, mayo 17). *TPM o cómo aumentar la disponibilidad y la eficiencia en tu fábrica*. <https://mapex.io/news/tpm-o-como-aumentar-la-disponibilidad-y-eficiencia-de-los-equipos/>

PlantWeb. (2003, mayo). *Mejorando la disponibilidad con la arquitectura de planta digital*. <https://www.emerson.com/documents/automation/training-espanolplantweb-availability-es-41538.pdf>

Moreira, O. (2022). *Aplicación de mantenimiento productivo total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador]. Archivo digital...
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22961>

Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Ediciones USTA:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

RETAL. (2022, 30 junio). *Preformas*.
[https://www.retalgroup.com/es/products/preforms/#:~:text=Una%20preforma%20es%20un%20producto,tereftalato%20de%20polietileno%20\(PET\)](https://www.retalgroup.com/es/products/preforms/#:~:text=Una%20preforma%20es%20un%20producto,tereftalato%20de%20polietileno%20(PET))

Real Academia Española (Madrid) Maquinaria | *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 15 de junio de 2023 de
<https://dle.rae.es/metodolog%C3%ADa>

Real Academia Española (Madrid) Metodología | *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 15 de junio de 2023 de
<https://dle.rae.es/metodolog%C3%ADa>

Rivera, P. (2016). *Mejoramiento de productividad en la elaboración de envases de vidrio en una empresa de producción industrial* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Archivo digital.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/38947/1/D-CD88503.pdf>

..

VICAL.. (s. f.). Sobre Vical. <https://grupovical.com/sobre-vical/>

Solís-, M., & Torres, R. (2021). Contribuciones del TPM en la mejora de la gestión del mantenimiento. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8 Edición especial diciembre), 58-78. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0051>

Suzuki, T. (1996). *TPM en industrias de proceso*. Productivity Press.

Lean Manufacturing. (2023, 9 mayo). *TPM – Mantenimiento productivo total*. <https://leanmanu.com/tpm/>

Unidad de Cultura Científica e Innovación de la Universidad de Burgos. (2020, 30 septiembre). *Historia y evolución del vidrio - Historia de los materiales*. <https://historiamateriales.ubuinvestiga.es/vidrio/#:~:text=El%20vidrio%20surge%20en%20Mesopotamia,fabricar%20peque%C3%B1as%20cuentas%20de%20collar.>

Vázquez, P. (2017). *Prototipo de Aplicación para la Gestión de Datos de Tiempos Muertos en una empresa*. <https://n9.cl/f9r37>

Vidriera Guatemalteca (2014). *Procedimiento para el arranque de los templadores de liso y decorado*. Guatemala: VICAL S.A.

Vidriera Guatemalteca (2023). *Procedimiento para mantenimiento preventivo y correctivo de máquinas I.S*. Guatemala: VICAL S.A.

Vidrio Formas -. (s. f.). *Fabricación*

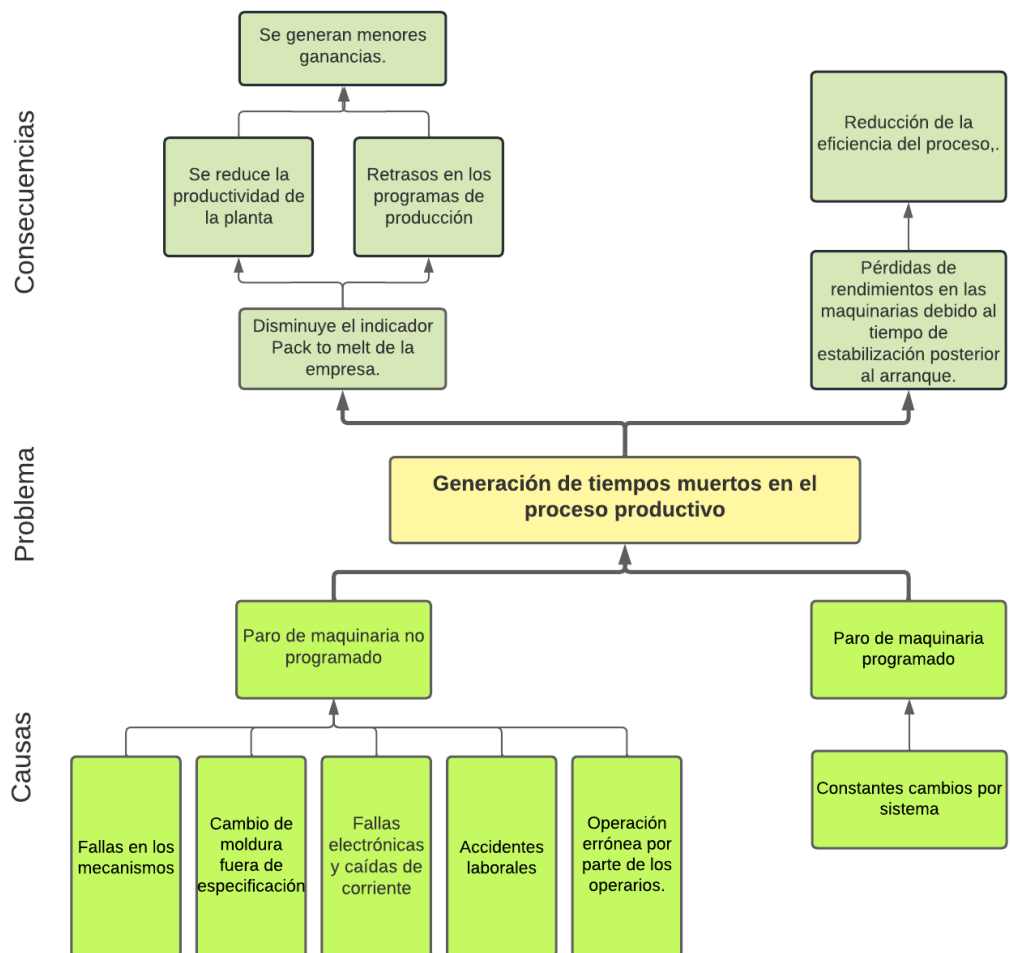
[https://vidrioformas.com/fabricacion.php#:~:text=La%20m%C3%A1quina%20I.S.%20\(Secciones%20Independientes,velas%20provenientes%20de%20la%20norria](https://vidrioformas.com/fabricacion.php#:~:text=La%20m%C3%A1quina%20I.S.%20(Secciones%20Independientes,velas%20provenientes%20de%20la%20norria).

Villareal, F. (1984). *Proceso de fabricación de envases de vidrio*. Manual Vitro Envases.

APÉNDICES

Apéndice 1

Árbol de problemas



Nota. Árbol de problemas. Elaboración propia, realizado con Lucidchart.

Apéndice 2

Matriz de coherencia

Problema: Generación de tiempos muertos en el proceso productivo

Preguntas de investigación	Objetivos	Variables	Indicadores
¿Es posible aplicar una metodología para la reducción del indicador de tiempo muerto de operación en la empresa Vidriera Guatemalteca S.A.?	Aplicar los pilares mantenimiento autónomo y planificado de la metodología TPM para la reducción del indicador de tiempo muerto de operación en la empresa Vidriera Guatemalteca S. A	Tiempo muerto de operación Toneladas empacadas	% Tiempo Muerto % Pack To Melt
¿Cuáles son los factores que influyen directamente en la incidencia de tiempos muertos en la operación de la maquinaria?	Definir los factores que influyen de forma directa en la incidencia de tiempos muertos en la operación de la maquinaria.	Causa de paro de maquinaria.	% Ingreso de envases al templador % Cumplimiento de programa de mantenimiento.
¿Cuál es la herramienta apropiada para mitigar los tiempos muertos resultantes de la operación de las máquinas?	Establecer la herramienta apropiada que permita reducir los tiempos muertos de operación	Incidencia de una causa de paro de maquinaria.	Tasa de incidencia = Paros de maquinaria por x razón / Total paros de maquinaria
¿Puede la aplicación de la metodología TPM reducir el tiempo empleado en los paros de maquinaria programados?	Examinar si la metodología TPM puede reducir el tiempo empleado en los paros de maquinaria relacionados al mantenimiento.	Tiempo muerto de operación. Paros programados. Paros no programados.	% Tiempo Muerto % Paros programados en relación con paros no programados.

Nota. Matriz de coherencia. Elaboración propia., realizado con Excel

ANEXOS

Anexo 1

Documentos del asesor



DANIEL CALDERÓN

MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL

ARQUITECTO COLEGIADO 6845

PERFIL PROFESIONAL

Poseo un perfil de liderazgo innovativo con 15 años de experiencia en la industria de producción de vidrio, en los puestos de diseñador industrial, jefe de departamento de diseño y jefe de fabricación a cargo del personal y la administración de tres líneas de producción, conocimiento y manejo de las normas de gestión ISO y FSSC-22000, auditor interno de la empresa y normas de inocuidad de los alimentos. **Uso avanzado de los software para diseño.**

CONTACTO

TELÉFONO
+502 5493 9460

EMAIL
dcalderon.imporsersa@gmail.com

Ciudad San Cristóbal, Mixco
Guatemala

EDUCACIÓN

MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
2017-2019

LICENCIADO EN ARQUITECTURA
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala
2005-2012

**BACHILLER EN DIBUJO
TÉCNICO Y CONSTRUCCIÓN**
Liceo Siglo XXI
2003-2004

HABILIDADES TÉCNICAS

- Creatividad
- Comunicación
- Diseño
- Administración
- Inglés

EXPERIENCIA LABORAL

ARQUITECTO
2020 - Presente

IMPORSERSA, S.A.
Guatemala

JEFE DE PRODUCCIÓN
2018 - Presente

VICAL
Guatemala

JEFE DE DISEÑO
2012 - 2018

VICAL
Guatemala

DIBUJANTE
2007 - 2009

VICAL
Guatemala

DIBUJANTE
2006 - 2007

DICONSUR
Santa Rosa

Desarrollo del diseño de proyectos de desarrollo urbano, mediciones topográficas, avalúos, tramites de licencias municipales, proyectos inmobiliarios particulares.

Encargado de un homo de producción y tres máquinas formadoras de envases de vidrio, gestión de personal, gestión de recursos y cumplimiento de metas.

Encargado de la gestión del departamento de diseño de la empresa de fabricación de envases de vidrio.

Dibujo y diseños de molduras para envases de vidrio.

Proyectos de ingeniería y diseño para las municipalidades de Santa Rosa.

Guatemala Abril 2023

Continuación del Anexo 1

DANIEL CALDERÓN
MAESTRO EN
GESTIÓN INDUSTRIAL

CONTACTO

TELÉFONO
+502 5493 9460

EMAIL
dcalderon.imporsersa@gmail.com

Ciudad San Cristóbal, Mixco
Guatemala

CERTIFICACIONES

- DICABI- Valuador de Bienes Inmuebles
- RIC- Profesional Agrimensor NO. 863-PA
- REVIT, 2022 - AUTODESK International Certification
- AUTOCAD, 2020 – AUTODESK International Certification
- DALE CARNEGIE INSTITUTE, 2017- High Impact Presentation
- ISO 22000 - 2018 -Auditor Interno
- ISO 9001 - 2015 – Auditor Interno - SERCAL
- ISO 14001 - 2015 – Auditor Interno - SERCAL
- BUCHER EMHART, 2015 Glass Diseño de envases, Lisboa, Portugal
- AGR, 2014 - Diagnóstico de Fracturas, Pittsburg, USA.
- AGR, 2014- Aligeramiento de Envases, Pittsburg, USA.
- DALE CARNEGIE INSTITUTE, 2010 - Dale Carnegie Training
- MINEDUC, 2004 -Técnico Operador y Programador en Computación.

REFERENCIAS LABORALES

LIC. JUAN CARLOS CHOCOOJ
Abogado Independiente

+502 5267 1144,

ARQ. AL MOSHE ASTURIAS
Gerente General

DIPROY, S.A.
+502 5699 0221

ING. DAVID QUEZEL
Jefe de Proyectos

Municipalidad de Barberena
+502 5916 1850

DRA. INGA. NATHALIE LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
+502 54939460

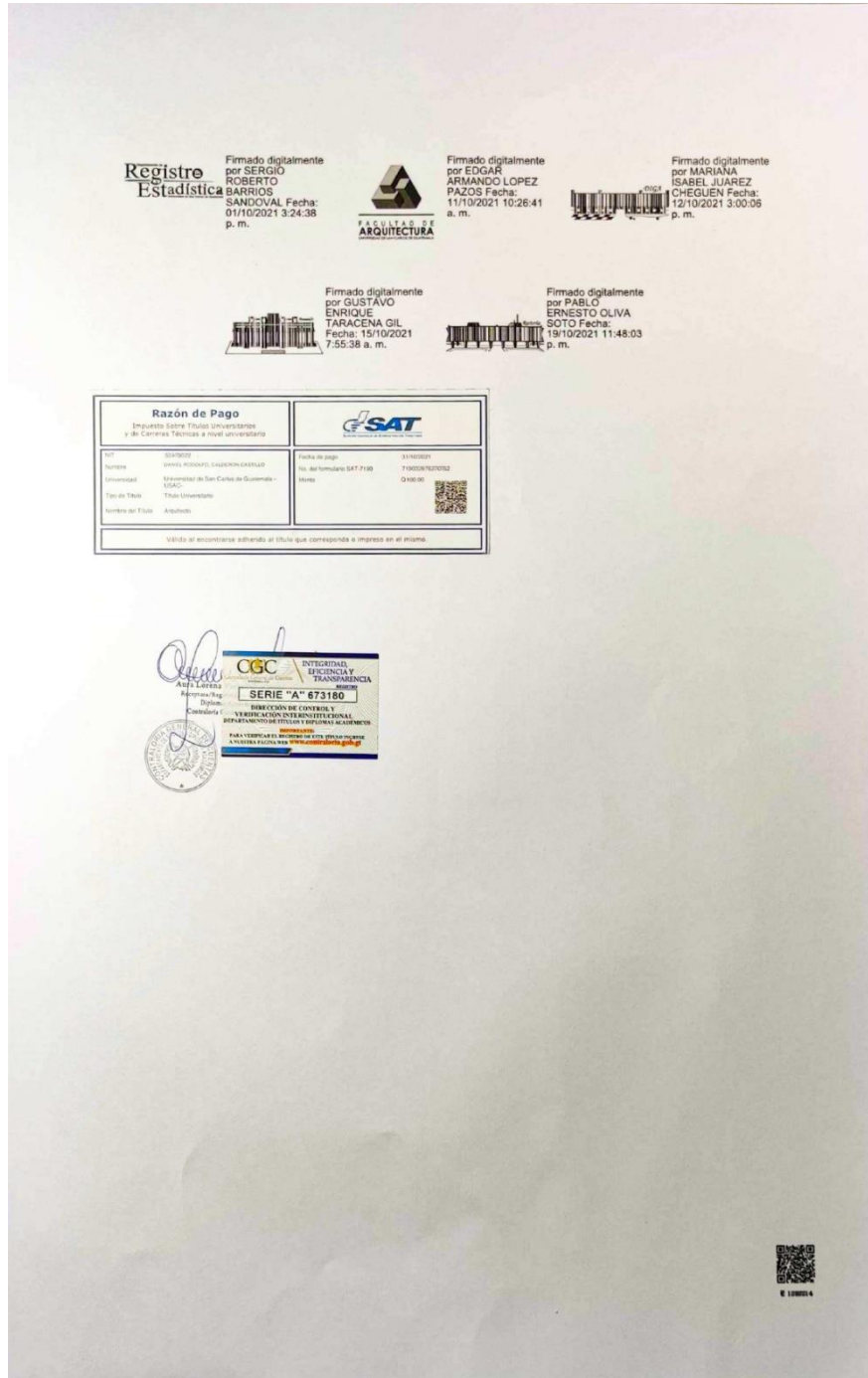
Continuación del Anexo 1



Continuación del Anexo 1



Continuación del Anexo 1



Continuación del Anexo 1



Continuación del Anexo 1

Registro Estadística

Firmado digitalmente por **SERGIO ROBERTO BARRIOS SANDOVAL** Fecha 23/03/2023 9:42:18 p. m.

Firmado digitalmente por **AURELIA ANABELA CORDOVA ESTRADA** Fecha 26/03/2023 9:25:17 p. m.

Firmado digitalmente por **BRYAN OTTO FUENTES PAZ** Fecha 27/03/2023 7:15:59 a. m.

Firmado digitalmente por **LUIS FERNANDO CORDON LUCERO** Fecha 27/03/2023 3:40:59 p. m.

Firmado digitalmente por **WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BLOIS** Fecha 10/04/2023 1:42:32 p. m.

Razón de Pago			
Impuesto Sobre Plusvalía Universitaria y de Carreras Técnicas e Inicial Universitaria			
SEI	009902	Fecha de pago:	14/02/2023
Nombre:	SORAL REBECA CALDERON CASTILLO	No. de Comprobante SAT-FIS:	7160886330077
Universidad:	Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)	Monto:	Q 126.00
Tipo de Título:	Título de Maestría		
Nombre del Título:	MAESTRÍA EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL		
Servicio al contribuyente administrado al título que corresponde a registrar en el sistema.			

Continuación del Anexo 1

Verificador: e4a7feebae49181760	CAG No. #181760
---------------------------------	-----------------



**EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL
COLEGIO DE ARQUITECTOS DE GUATEMALA**

CERTIFICA

Que según consta en los registros de los Profesionales Colegiados, aparece inscrito el (la)

LICENCIADO EN ARQUITECTURA

DANIEL RODOLFO CALDERÓN CASTILLO

Numero de colegiado: 6845 y goza de los derechos y obligaciones que la Ley de Colegiación Profesional Obligatoria confiere a los miembros activos de este Colegio.
Fecha de Colegiación: 11/11/2021

Esta certificación tiene vigencia hasta el: 31/12/2023

Ley de Colegiación Profesional Obligatoria, Decreto Numero 72-2001, emitido por el Congreso de la Republica de Guatemala "Artículo 6. Pérdida de la calidad de activo. La insolvencia en el pago de tres meses vencidos, determina, sin necesidad de declaratoria previa, la pérdida de la calidad de colegiado activo, la que se recobra automáticamente, al pagar las cuotas debidas."

Para los usos legales que al interesado convenga, se extiende la presente certificación, en la ciudad de Guatemala, el 14 de abril de 2023.

 Arq. Dafne Adriana Acevedo Quintanilla Colegiado activo No. 1839 Secretario Junta Directiva 2022-2024	El colegiado indicado en la presente certificación, firma y sella en constancia de su autenticidad y de la responsabilidad que asume por el uso que pueda dársele.
--	--

Hora de Generación: 14/04/2023 13:33:02
Elaborado Por: V
e4a7feebae49e1fe523b8bcbff901ab



0 Calle 15-70, Colonia El Maestro, Zona 15. Guatemala, C.A. (01015)
PBX: (502)2245-2424
servicio_colegiados@colegiodearquitectos.org.gt
www.colegiodearquitectos.org.gt

Continuación del Anexo 1

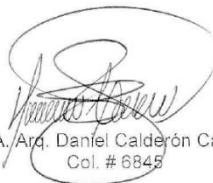
Guatemala, 18 de agosto de 2023

M.A. Inga. Anabela Cordova
Directora Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimada M.A. Inga. Anabela Cordova :

Por este medio informo a usted, que he aceptado ser el asesor ad honorem del Diseño de Investigación titulado: "Aplicación de los pilares mantenimiento autónomo y planificado de la metodología TPM para la reducción del indicador tiempo muerto de operación en la empresa Vidriera Guatemalteca S.A.", de la estudiante CAPPA VÁSQUEZ, GIOVANNA BETZABÉ del Programa de Maestría en **Gestión Industrial** identificada con número de carné: **999010485**; quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en el programa de **Maestría**. Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,


M.A. Arq. Daniel Calderón Castillo
Col. # 6845

DANIEL RODOLFO
CALDERÓN CASTILLO
ARQUITECTO

Nota. Papelería del asesor de trabajo de investigación. Obtenido de D. Calderón (2023) Papelería asesor.