



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA DE
LA EFICACIA EN LA PRODUCTIVIDAD, DE UN TANQUE DE AGITACIÓN EN UNA
INDUSTRIA DE LIMPIEZA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Luis Alfonso Tejeda Méndez

Asesorado por MSc. Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA DE
LA EFICACIA EN LA PRODUCTIVIDAD, DE UN TANQUE DE AGITACIÓN EN UNA
INDUSTRIA DE LIMPIEZA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ALFONSO TEJEDA MÉNDEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. VÍCTOR MANUEL MONZÓN VALDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Cesar Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Estuardo Edmundo Monroy Benites
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
SECRETARIO	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA DE LA EFICACIA EN LA PRODUCTIVIDAD, DE UN TANQUE DE AGITACIÓN EN UNA INDUSTRIA DE LIMPIEZA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 25 de junio de 2020.

Luis Alfonso Tejeda Mendez

Ref. **EEPF1-0830-2021**
Guatemala, 13 de julio de 2021

Director
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Ing. Álvarez:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA DE LA EFICACIA EN LA PRODUCTIVIDAD, DE UN TANQUE DE AGITACION EN UNA INDUSTRIA DE LIMPIEZA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante Luis Alfonso Tejeda Méndez carné número 200714342, 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. Víctor Manuel Monzón Valdez
Asesor



Mtro. Carlos Humberto Aroche
Coordinador de Maestría
Gestión Industrial - Fin de Semana



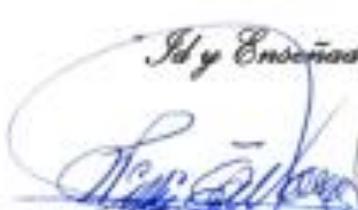
Mtro. Edgar Darío Alvar
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Ref.EEP.EIQ. 010.2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Química 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: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA DE LA EFICACIA EN LA PRODUCTIVIDAD, DE UN TANQUE DE AGITACION EN UNA INDUSTRIA DE LIMPIEZA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Luis Alfonso Tejeda Méndez, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

Id y Enseñad DIRECCIÓN

Ing. Williams G. Alvarez Mejía, M.C. M.I.E.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, julio de 2021



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101 – 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 561-2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MEJORA DE LA EFICACIA EN LA PRODUCTIVIDAD, DE UN TANQUE DE AGITACIÓN EN UNA INDUSTRIA DE LIMPIEZA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Alfonso Tejeda Méndez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad y la sabiduría, para poder culminar un sueño más en mi vida.
- Mis padres** Luis Alfonso Tejeda Méndez y Karla Lissette Méndez Lemus, por su ejemplo y su apoyo a lo largo de mi vida.
- Mis hermanas** Karla, Luisa, Nickte y Krista Tejeda, por aconsejarme siempre y confiar en mí en todo momento.
- Familia** Por ser una importante influencia en mi carrera.
- Amigos** Por ser una importante influencia en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación
Mis amigos de la Facultad	Por acompañarme y ayudarme a culminar mis estudios
MSc. Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez	Por su apoyo, tiempo y paciencia en la elaboración de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Definición del problema	7
3.2. Descripción del problema	7
3.3. Formulación de preguntas.....	8
3.3.1. Pregunta central	8
3.3.2. Preguntas auxiliares	8
3.4. Delimitación.....	8
3.5. Viabilidad.....	9
3.6. Consecuencias de investigación	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13

6.	NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	15
7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	Agitación y mezclado de líquidos	17
7.1.1.	Tipos de agitadores para tanques de mezclado.....	19
7.1.1.1.	Agitador propulsor de tres aspas...	20
7.1.1.2.	Agitadores de paletas.....	20
7.1.1.3.	Agitadores de turbina	20
7.1.1.4.	Agitadores de banda helicoidal	20
7.1.2.	Selección del agitador en intervalos de viscosidad	21
7.1.3.	Diseño típico de un sistema de agitación	22
7.1.4.	En los recipientes de agitación potencia consumida.....	23
7.1.5.	Tiempo de mezclado para líquidos miscibles...	24
7.1.6.	Dinámica de fluidos	26
7.1.7.	Flujo laminar y turbulento	26
7.1.8.	El número de Reynolds	26
7.1.9.	Flujo laminar y turbulento; fricción y caída de presión.....	27
7.1.10.	Pérdidas de fricción por accesorios y válvulas .	28
7.2.	Tuberías, válvulas y accesorios	30
7.2.1.	Tubos y tuberías.....	31
7.2.2.	Selección del tamaño de tubería	31
7.2.3.	Juntas y accesorios.....	32
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO	33

9.	METODOLOGÍA.....	35
9.1.	Enfoque de la investigación.....	35
9.2.	Diseño de la investigación	35
9.3.	Tipo de estudio.....	36
9.4.	Variables e indicadores	36
9.4.1.	Variables independientes	36
9.4.2.	Variables dependientes	37
9.5.	Fases de la Investigación	39
9.5.1.	Fase 1: Revisión documental de la teoría y bibliografía existente.....	39
9.5.2.	Fase 2: Descripción del control y monitoreo de la productividad del tanque de agitación previo a la solución y análisis de la situación actual.	39
9.5.3.	Fase 3: Desarrollo de los procesos e indicadores de la propuesta.....	40
9.5.4.	Fase 4: Evaluación de los beneficios de la propuesta.....	41
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	43
11.	CRONOGRAMA.....	45
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	47
13.	REFERENCIAS.....	49
14.	APÉNDICES.....	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución.....	16
2.	Tanque de proceso de agitación	18
3.	Modelo de flujo en un tanque con placas deflectoras y un.....	19
4.	Tipos de agitadores para mezcladores	21
5.	Dimensiones de un agitador de turbina normal.....	22
6.	Número de Reynolds correlacionado con la potencia	24
7.	Factor de tiempo de mezcla en tanques agitados.....	25
8.	Diagrama de Moody.....	28

TABLAS

I.	Intervalos de viscosidad para los diferentes tipos de agitadores ...	21
II.	Proporciones geométricas para un sistema de agitación normal ...	23
III.	Pérdidas por fricción en accesorios y válvulas.....	29
IV.	Intervalos representativos de velocidad en tuberías	31
V.	Cuadro de variables e indicadores.....	37
VI.	Cronograma de ejecución	45
VII.	Recursos financieros.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g_m	Aceleración debida a la gravedad
Z_b	Altura de descarga de bomba
H	Altura del líquido
J	Ancho de deflector
W	Ancho de rodete
HP	Caballos de fuerza
C_T	Capacidad de tanque
h_{fa}	Carga de fricción debida a accesorios
h_{ft}	Carga de fricción debida a la tubería
h_f	Carga de fricción total
cm^3	Centímetro cúbico
cP	Centipoise
X_n	Dato n de observación
ρ	Densidad
E	Desviación
S	Desviación estándar
D_t	Diámetro de tubería
D_a	Diámetro del agitador
D_T	Diámetro del tanque
D	Dilución eficaz máxima
n	Eficacia de bomba
f_t	Factor adimensional de mezcla

α_b	Factor de corrección de energía cinética
f	Factor de fricción
g_c	Factor de gravedad masa-fuerza
K_f	Factor de pérdida de accesorios
Q	Flujo volumétrico
g	Gramo
kg	Kilogramo
L	Litro
l	Longitud
X	Media aritmética
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mL	Mililitro
α	Nivel de significancia
N_p	Número de potencia
n	Número de Repeticiones
N_{Re}	Número de Reynolds
P	Potencia
ut	Rapidez de flujo en tubería
N	Rapidez de rotación
rpm	Revoluciones por minuto
t_r	Tiempo de llenado de tanque
t_t	Tiempo óptimo de agitación
W_p	Trabajo de bomba por unidad de masa
S²	Varianza
μ	Viscosidad

GLOSARIO

Abrasión	Rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un tejido.
Agentes antiestáticos	Previenen o eliminan la energía estática de un tejido.
Componente activo	Componente principal encargado de dar suavidad a un tejido.
Deflectores	Aparatos encargados de cambiar la dirección de un fluido dentro de un tanque de mezcla.
Dispersabilidad	Grado en que el suavizante se comporta como agente emulsivo al entrar en contacto con el agua.
Emulsión	Sistema de dos fases que consta de dos líquidos parcialmente miscibles.
Emulsionante	Sustancia que estabiliza una emulsión.
Flujo axial	Flujo en el cual el líquido en cuestión gira en paralelo al eje de rotación.
Germicidas	Agentes encargados de la eliminación de gérmenes en un suavizante.

Grado de suavidad	Efecto potencial de un suavizante sobre un tejido
Hidrófugo	Sustancia que evita la humedad o las filtraciones.
Número de Reynolds	Número adimensional que caracteriza el movimiento de un fluido dando una medida de la relación entre fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas.
Potencial zeta	Medida de la magnitud de la repulsión o atracción entre las partículas. Su medida proporciona una idea detallada de los mecanismos de dispersión.
Ensuciamiento	Tendencia de un tejido al entrar en contacto con determinados agentes tensioactivos.
Suavizante	Sustancia que confiere suavidad y frescura a los tejidos.
Tacto lleno	Elevada suavidad percibida en un tejido al realizar un contacto físico.
Volatilidad	Medida de la facilidad con que una sustancia se evapora.
Vórtice	Flujo turbulento en rotación espiral con trayectorias de corriente cerradas
Stakeholder	En el ámbito empresarial significa, parte interesada.

RESUMEN

El presente estudio busca describir la situación actual del tanque de agitación en una industria de productos de limpieza, específicamente en relación con su eficacia y eficiencia.

La finalidad de dicho estudio es conocer la manera con que se opera el equipo, para poder identificar fallas en el mismo o problemas de operación que estén provocando que el sistema sea poco eficiente al momento de producción, para esto se recolectarán datos de operación y registros de corridas anteriores.

Por último, interpretar estos resultados para generar un sistema que permitan cumplir con las especificaciones de la planta y que el efecto en la eficiencia sea lo mejor posible, sin dejar por un lado el tema de la calidad.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación abordará el problema de control de calidad en el proceso de mezclado de una industria de fabricación de productos de limpieza, que genera ineficacia en el desempeño de un tanque de agitación y una productividad no óptima en la producción, incurriendo en costos adicionales para la empresa, los cuales afecta directamente la productividad de la esta. La finalidad de dicha investigación es mejorar el control de la productividad, obtener una reducción de costos relacionados al proceso de mezclado y brindar una mejor calidad de productos a los clientes

El método propuesto para resolver el problema planteado consiste en el seguimiento de un proceso de mejora para el sistema de agitación, fundamentado en la teoría existente para la evaluación de rendimiento en la agitación y mezclado de fluidos en un tanque.

La necesidad de la realización del estudio consiste en que se espera que el mismo sea tomado como un punto de partida para implementar un ciclo de mejora continua en relación con la productividad y preparación de productos de limpieza por medio de evaluaciones periódicas empleando indicadores de productividad concretos de los que se pueda extraer información clara que facilite la toma de decisiones.

La realización de esta investigación es viable ya que se posee la autorización de la empresa para el acceso a toda la información necesaria y se cuenta con los recursos humanos, económicos y materiales necesarios para

llevarla a cabo y contribuir así a la solución del problema o propuesta de mejora para incrementar la productividad en el proceso de mezclado.

Los resultados que se esperan obtener son un incremento en la productividad y un eficiente proceso de mezclado, por medio de un adecuado control en el desempeño. De esta manera se espera una reducción en los costos que se generan por el inadecuado control y manejo en el proceso de producción y mezclado. Se espera incrementar la eficiencia del proceso de producción.

Los beneficios que se obtendrán con esta investigación se verán reflejados en reducciones de costos por producto rechazado, lo que permitirá mejorar la toma de decisiones de la empresa. Entre los beneficiarios de la investigación se pueden mencionar a los propietarios, quienes, al reducir los costos del proceso de producción, percibirán un incremento en las utilidades, las cuales podrán ser invertidas para proyectos de mejora en la empresa. A la empresa, que obtendrán una mayor capacidad de operación siendo más eficientes sus actividades, también a los clientes, quienes recibirán un mejor producto final.

2. ANTECEDENTES

A nivel nacional se han realizado diferentes estudios, sobre el mezclado y diseño de tanque de agitación, estos estudios ayudan al entendimiento del problema en la planta de producción de productos de limpieza, entre estos estudios se pueden mencionar los siguientes.

Carrillo (2018) en su tesis de maestría titulada *Propuesta de mejora de una línea de bebidas para incrementar su productividad*, donde realizó un estudio de paros en una línea de producción, en su estudio lograron implementar por medio de indicadores de tiempo y la filosofía Lean, mejoras que ayudaron de forma considerable la productividad de la planta. Para el estudio propuesto esto sirve para comprender las distintas metodologías de mejoras para la productividad en una planta de producción.

Hurtado (2019) en sus tesis de maestría titulada *Mejoramiento continuo y la productividad de una empresa privada*, menciona la relación que existen entre la mejora continua y la productividad, para el caso de estudio esta relación también ayuda para estudiar la interacción entre una mejor productividad sin sacrificar la calidad o la mejora continua en la elaboración de productos de limpieza.

García (2018) en su tesis de maestría titulada *La medición de la productividad y la evaluación del desempeño de una empresa hidroeléctrica*, estudio la medición sobre la productividad y la correlación que existen entre esta y el personal, para aumentar la productiva siempre se debe de tomar en cuenta al personal de trabajo, para el estudio esto sirve para conocer o involucrar la variable humana en el cálculo de la productividad.

Salgado (2017) En su tesis de maestría titulada *Evaluación hidrodinámica de la mezcla de fluidos monofásicos en tanques de mezcla mediante CFD*, realizó un estudio exhaustivo sobre la influencia del diseño del tanque en los procesos de agitación y en cómo este afecta el resultado final de la mezcla. Para el estudio esto es importante debido a que las variables de diseño del tanque pueden influenciar en la eficiencia en el proceso de mezclado que se busca mejorar

García (2020) en su tesis de maestría titulada *Propuesta de mejoramiento de la productividad en el Departamento de Producción de la empresa Remodularsa S.A mediante la aplicación de la teoría de restricciones (TOC)*, desarrolla un estudio en la planta de producción por medio de la teoría de restricciones, con lo cual determina cuellos de botella y tiempos muertos de la línea, para el estudio que se pretende realizar esto es de utilidad para verificar el rendimiento del equipo además de identificar posibles tiempos muertos en el proceso de mezclado además del trabajo de los operarios.

Calvache (2018) en su tesis de maestría titulada *Incremento de la Productividad basado en un modelo de gestión por procesos en la empresa Poliacrilart*, desarrolla un mapeado del proceso de producción, además de agregar manuales e indicadores para la medición del desempeño. Esto para el estudio es importante debido a que actualmente se cuenta con documentación, pero sin indicadores que ayuden a medir correctamente la productividad de la planta.

Chambergó (2017) en su artículo científico titulado *Estudio del comportamiento fluido-dinámico de un agitador a escala reducida mediante simulación numérica*, donde realiza un modelo de agitación en forma de simulación y realiza de forma gráfica la relación entre el número de potencia con

el número de Reynolds, información que es relevante para el estudio que se pretende realizar.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Definición del problema

Ineficacia en el método de agitación de un tanque en una planta de productos de limpieza, incurriendo en costos adicionales y tiempos muertos ocasionados por la mala calidad del producto terminado.

3.2. Descripción del problema

Una planta que fabrica productos de limpieza que emplea un tanque con agitación de tipo axial, la emplea para el mezclado y agitación de diversos productos químicos, con la finalidad de obtener una mezcla homogénea de los componentes. El sistema de agitación (agitadores, motor, tanque y baffles) no está dando los resultados esperados, al realizarse una preparación por lotes el producto final no tiene la consistencia deseada y en muchas ocasiones es incapaz de realizar la mezcla y agitación en el tiempo deseado, esto genera una pérdida considerada de producto, pausas y repercusiones en la mala calidad del producto final. Esto hace que los materiales de producción se eleven, la merma de producto también y el tiempo de producción sea bajo

El sistema cuenta con un tanque de agitación de acero inoxidable, con una capacidad de 200 litros, con medidas de 1.7 m por 0.72 m de diámetro y un motor de 1HP. Se pueden realizar mejoras en el tiempo de agitación, tamaño de tanque y tipos de baffles, con la intención de mejorar la calidad del producto final y mejorar la eficiencia de todo el sistema, además de obtener un ahorro económico al producir una mayor cantidad de producto en menor tiempo.

3.3. Formulación de preguntas

A continuación se presentan las preguntas formuladas para la resolución del problema a desarrollar en la investigación.

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo desarrollar una propuesta de un sistema que mejore la eficacia en la productividad de un tanque de agitación en una industria de limpieza de la ciudad de Guatemala?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuál es la situación actual del sistema de producción en el tanque de agitación de productos de limpieza?
- ¿Cuál es el diseño de los procesos e indicadores de rendimiento adecuados, que, tras la implementación de las mejoras en el tanque, permita mantener el control de productividad en la planta?
- ¿Cuáles son los beneficios económicos, la eficiencia y la productividad en la planta con las mejoras en el tanque de agitación?

3.4. Delimitación

La propuesta es para mejorar la eficiencia de la planta de producción de productos de limpieza, ubicada en la ciudad de Guatemala en la zona 7. Se realizará utilizando un tanque de agitación de 200 litros de capacidad y una

agitación de tipo axial a una potencia de 1HP. Se tomará el tiempo de producción por cada *batch* de producto, y se medirá su eficiencia en la agitación de productos de limpieza (detergente y desinfectante), además de un análisis del beneficio económico obtenido, en un periodo de septiembre a diciembre de 2020.

3.5. Viabilidad

La planta de producción desea una solución lo más pronto posible, al problema que tienen, esperando un resultado positivo a las operaciones de la planta. Debido a esto se tiene la autorización para que se realicen las visitas pertinentes, para tomar datos y recabar la mayor información posible para respaldar la investigación. Para cambiar el sistema actual, se realizaron diversas pruebas basadas en la reducción de desperdicios (tiempos muertos, sobre procesamientos y defectos). Por la accesibilidad a las pruebas e interés de la planta por el proyecto se puede decir que es viable llevar a cabo este trabajo de investigación.

3.6. Consecuencias de investigación

Las consecuencias de la elaboración de esta investigación, recaerá tanto en la planta de producción, como en la empresa misma. Debido a ello se debe explicar cómo afecta a cada una de las partes involucradas.

En cuanto a la industria de productos de limpieza, se espera que pueda incrementar su eficiencia de trabajo entre un 50 % y 90 %, lo que mejorará el cumplimiento en sus parámetros de calidad. Así mismo se mejorará la eficiencia en la agitación, se obtendrá una disminución de gasto económico al mejorar la calidad del producto terminado, el beneficio económico lo podrán emplear en las áreas que mejor consideren.

Si la investigación no se puede llevar a cabo, existirán pérdidas económicas como las han tenido antes de la investigación, reflejadas en un mayor consumo de energía eléctrica y mayor consumo de materia prima. Implicando un mayor tiempo de lo necesario para completar un Bach de producción, la calidad del producto final se mantendrá baja y no se cumplirán los objetivos de mejora continua planteados por la producción.

4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo de graduación se enmarca en la línea de investigación de gestión de la calidad, debido a que propone la mejora de un sistema de agitado, en un tanque de mezclado, buscando garantizar su correcto aprovechamiento y alcanzar así una alta eficiencia, en la planta de producción.

La necesidad de su realización radica en que el control de la línea de producción tiene como cuello de botella el tanque de agitación. Este tiene la función principal de mezclar los distintos productos químicos, que posteriormente se llenan en el producto terminado. Por lo tanto, se busca mejorar el proceso de mezclado, el cual en las condiciones que se encuentra, presenta varios problemas a la hora de mezclar los diferentes productos químicos.

Con la propuesta de mejora, se desea que la planta mejore su eficacia y eficiencia, en la mezcla de productos de limpieza, además de obtener una mejora económica durante el proceso de producción del producto. Se debe de tener un buen control del equipo y las condiciones de trabajo del mismo, para así asegurar que el tanque de agitación cumple con las normas de calidad que se desean alcanzar.

La importancia de la presente investigación es mejorar la eficacia y eficiencia en la productividad de un tanque de agitación en una planta de producción, a medida que la productividad del tanque mejore, se obtendrán mejoras en el producto terminado y mejor rendimiento de la materia prima, reflejado también en un beneficio económico al reducir los tiempos muertos de producción.

Los beneficios se pueden ver reflejados en varios ámbitos.

- Impacto medio ambiental reducido, debido a que no se desperdicia materia prima y producto terminado en mal estado.
- Mayor y mejor control por medio de indicadores de desempeño tales como indicadores en relación con el tiempo de trabajo, eficiencia, eficacia, y agitación del tanque. Para tener en norma el sistema de agitación, esto refleja un beneficio a la industria, pues mantendría sus indicadores altos.
- Los costos de producción se reducirían, lo que ayudaría al ahorro económico.

Como beneficiarios de la investigación se pueden mencionar a los *stakeholders* relacionados con la empresa. Por un lado, se tiene al dueño y demás accionistas a quienes se espera poderlos ayudar a reducir los costos asociados a las actividades realizadas en la planta de producción, lo que incrementa sus utilidades.

Por otro lado, se beneficiarán los empleados de la planta, al poder llevar un mejor control de la agitación, pues funcionando correctamente el sistema del tanque se observará una mejoría en la velocidad de producción, la empresa también se ve beneficiada, al no incurrir en gastos innecesarios debido a la baja productividad y así obtener un producto terminado dentro de sus parámetros de calidad, creando satisfacción en su cartera de clientes.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Desarrollar un sistema de mejora para la eficacia y eficiencia en la productividad, de un tanque de agitación en una industria de limpieza ubicada en la ciudad de Guatemala.

5.2. Específicos

- Determinar la situación actual del sistema de producción en el tanque de agitación de productos de limpieza.
- Diseñar los procesos e indicadores de rendimiento adecuados, que, tras la implementación de las mejoras en el tanque, permita mantener el control de operación en la planta.
- Evaluar los beneficios económicos, la eficiencia y la productividad en la planta con las mejoras del sistema en la agitación del tanque.

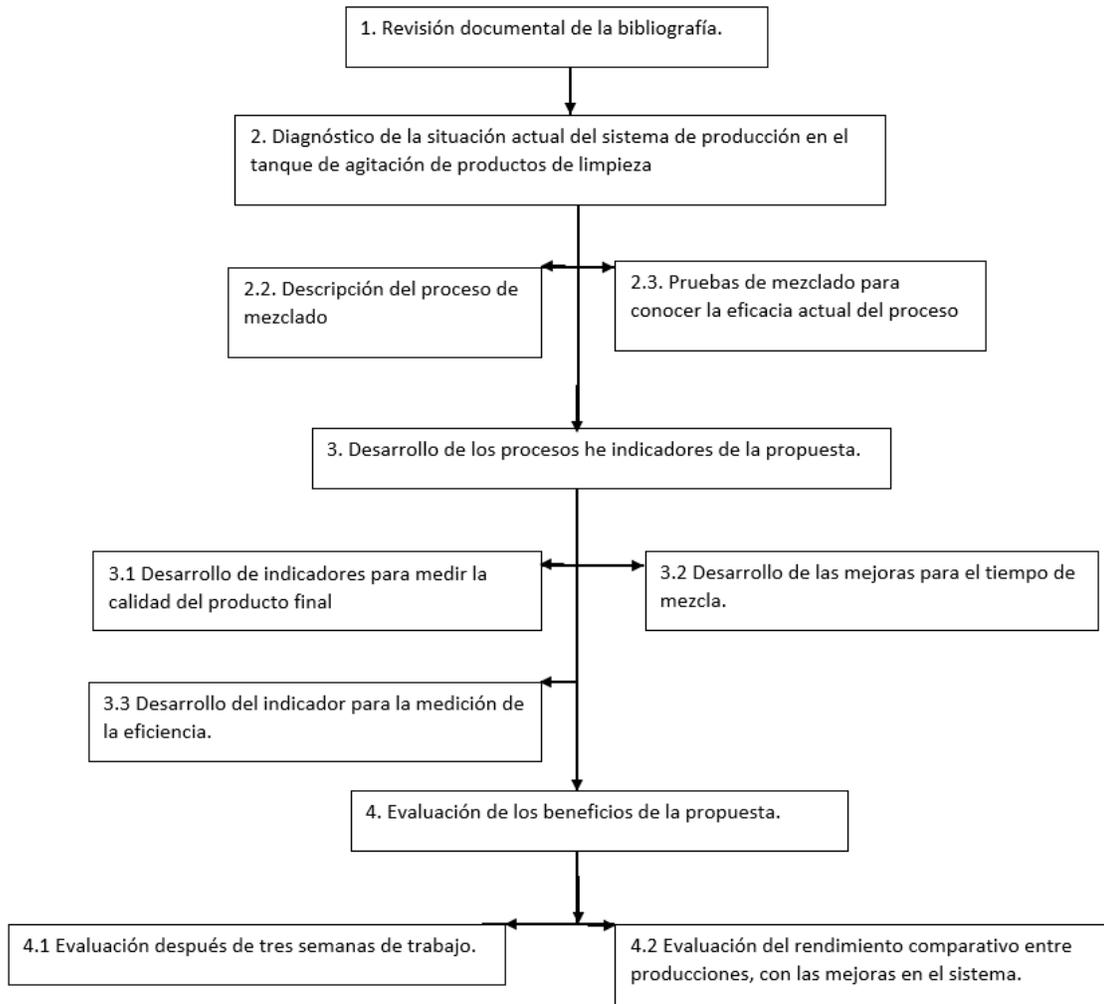
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad que se pretende solucionar en la industria de limpieza es la mejora de la productividad en el uso del tanque de agitación, por medio de un sistema de mejora en la eficacia y eficiencia, en el proceso de producción, con la intención de además mejorar la calidad del producto final. En el 2020 no se contó con los datos necesarios para realizar este tipo de análisis, ni para conocer la factibilidad de cómo mejorar el proceso de agitación, pero si se cuenta con procedimientos documentados que ofrecen los parámetros de proceso para garantizar la calidad en el producto final.

La planta de producción opera de forma continua y la evaluación del tanque de agitación se verifica diariamente según parámetros de trabajo, el poco rendimiento y desperdicios que se dan en el proceso son los que se verificarán, además del manejo que se le dé al tanque. Las pruebas se realizan durante la producción, para conocer el rendimiento en planta apropiado y la metodología de trabajo apropiada para aumentar la productividad del tanque de agitación, así como investigar los parámetros óptimos a los que puede trabajar todo en conjunto de forma confiable y exacta.

El esquema de solución se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de la investigación se basará en la teoría recopilada acerca de la eficacia y productividad de un tanque de agitación para productos de limpieza, cómo estas son medidas, los factores que la afectan y cómo puede incrementarse, analizando los factores que influyen en el agitado y en el método de trabajo del tanque de agitación.

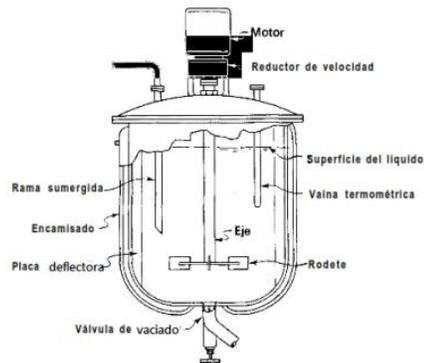
7.1. Agitación y mezclado de líquidos

Para Barbosa, Gutiérrez y Jiménez (2015) una mezcla se define como “un sistema formado por dos o más componentes unidos, pero no combinados químicamente” (p. 298). El mezclado se inicia con dos fases individuales, las cuales pueden ser de un fluido y un sólido que esté pulverizado o bien dos fluidos, con la finalidad de lograr que ambas fases se formen una única fase final.

Lo que se buscan durante la agitación de fluidos es el mezclado de dos líquidos miscibles, también disolución de sólidos en líquidos, además de buscar la dispersión de un gas en un líquido formando pequeñas burbujas, también se busca en la agitación, la suspensión de partículas de un sólido fino en un líquido.

En la agitación también se puede buscar la transferencia de calor entre ambos fluidos uno frío y uno caliente, empleando a su vez un serpentín o una camisa en el recipiente.

Figura 2. **Tanque de proceso de agitación**

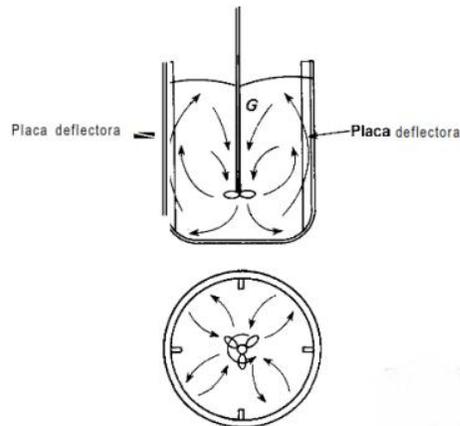


Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

Si se desea lograr una agitación vigorosa empleando agitadores verticales, se pueden utilizar deflectores estos reducen el tamaño del remolino y ayudan a obtener un buen mezclado, en los tanques se suelen colocar cuatro de estos, las medidas de estos están cerca de $1/12$ del diámetro del tanque en las turbinas y los propulsores. Cuando las viscosidades son mayores de 2.5 a 5 pascales -segundo o incluso más, no se emplean deflectores, debido a que hay poca turbulencia.

El movimiento que tenga el flujo en un tanque de agitación dependerá de las propiedades del mismo, las disposiciones geométricas del tanque, además de los deflectores que se utilicen y del mismo agitador. Se recomienda utilizar posiciones angulares en los agitadores, cuando no hay se tienen deflectores y el agitador está colocado de forma vertical, esto para evitar la formación de vórtices y oleadas, en propulsores de baja potencia.

Figura 3. **Modelo de flujo en un tanque con placas deflectoras y un agitador de turbinas con flujo**



Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

Geankopolis (1998) afirma que “la agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiera un movimiento circulatorio en el interior de un recipiente” (p. 161). Además, que para un sistema de agitación, con bajas velocidades, se puede llegar a conseguir una agitación suave en un recipiente en ausencia de deflectores, y a velocidades altas se requiere el uso de deflectores, para que el fluido no solo esté haciendo remolinos y se pueda obtener un mezclado.

7.1.1. Tipos de agitadores para tanques de mezclado.

Se disponen de diferentes tipos de agitadores, los cuales pueden ir con distintas formas de paletas, aspas e inclinación. Estos van a depender del tipo de mezclado y la disposición del tanque según se requiera la demanda.

7.1.1.1. Agitador propulsor de tres aspas

El de tipo marino, similar a la hélice de un motor para lanchas, es uno de los más utilizados. Son agitadores que se emplean para líquidos de baja viscosidad, se trabajan con velocidades de 400 a 1 750 rpm, suelen también colocarse de forma móvil o en una pared del tanque para montarlos. (Geankopolis, 1998, p. 161)

7.1.1.2. Agitadores de paletas

Dependiendo del tipo de velocidad se pueden emplear distintos tipos de agitadores, en un rango de 20 a 200 rpm, los sistemas pueden ser de dos a cuatro paletas en forma plana. Las dimensiones pueden variar dependiendo del diámetro del tanque, entre el 60 % a 80 % del tanque. Si se utilizan velocidades bajas, se puede obtener mezcla sin el uso de deflectores, si se emplean velocidades altas no se obtendrá mezcla debido a que se formara un vórtice, de modo que se requerirán los deflectores.

7.1.1.3. Agitadores de turbina

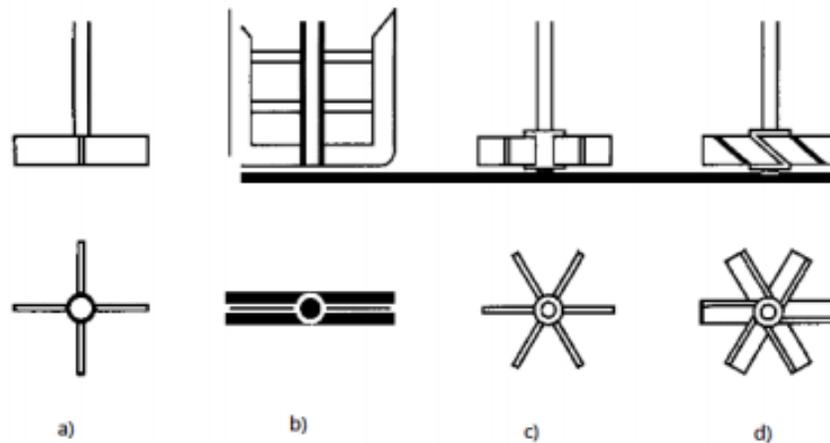
Los agitadores de paletas múltiples de aspas cortas se emplean con líquidos de amplia diversidad de viscosidades, el porcentaje de medición de las paletas respecto al tanque son entre el 30 % al 50 %. Estas aspas se pueden utilizar en flujo axial o inclinado y es útil para mezclas de sólidos en suspensión.

7.1.1.4. Agitadores de banda helicoidal

Este tipo de agitadores se utilizan para fluidos muy viscosos, a pocas revoluciones por minuto. Se une a un eje central que forma una banda helicoidal,

donde el fluido se mueve de forma axial hacia abajo y sube hacia los lados con un movimiento de giro.

Figura 4. Tipos de agitadores para mezcladores



Fuente: Geankoplis (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*.

7.1.2. Selección del agitador en intervalos de viscosidad

La selección de un agitador depende de la viscosidad del fluido. En la tabla I, se muestra el tipo de agitador según la viscosidad de trabajo.

Tabla I. Intervalos de viscosidad para los diferentes tipos de agitadores

Tipo de Agitador	Viscosidad (Pa)
Propulsores	< 3
Turbina	< 100

Continuación tabla I.

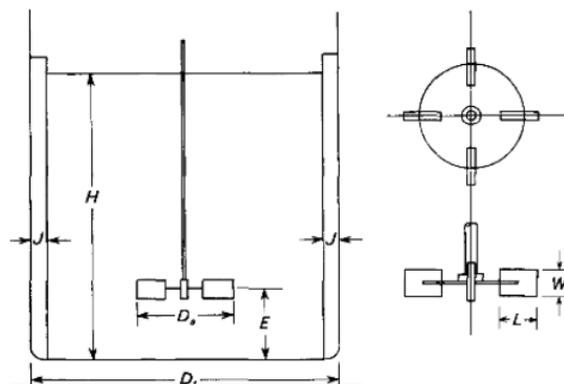
Paleta modificada	50 - 100
Helicoidales y banda	> 500

Fuente: elaboración propia.

7.1.3. Diseño típico de un sistema de agitación

En las industrias de procesos se utiliza en mayor medida el agitador de turbina. Cuando se realiza un diseño de agitación se utiliza regularmente un agitador de turbina. Los deflectores que se utilizan generalmente son cuatro, en el agitador sus aspas suelen estar entre seis y ocho. Dependiendo del sistema que se desea diseñar puede variar la posición del agitador, más alto o bajo, además de la profundidad del tanque.

Figura 5. Dimensiones de un agitador de turbina normal



Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

En la tabla II, se muestran para un sistema típico de agitación, las relaciones geométricas.

Tabla II. **Proporciones geométricas para un sistema de agitación normal**

Relación	Proporción
Da/Dt	0.3-0.5
W/Da	1/5
Dd/Da	2/3
H/Dt	1
L/Da	¼
C/Dt	1/3
J/DT	1/12

Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

7.1.4. En los recipientes de agitación potencia consumida

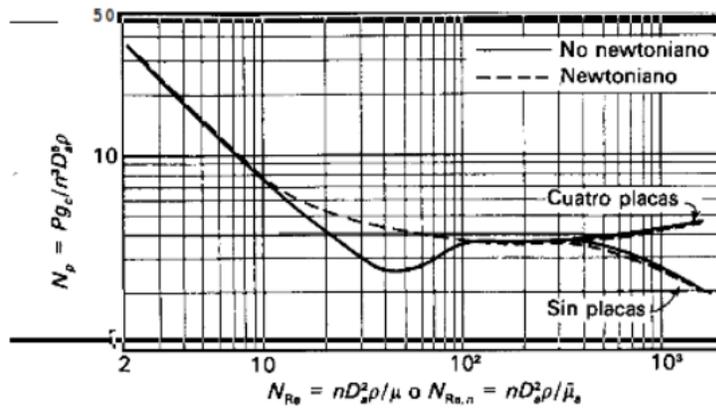
Geankopolis (1998) menciona que “la potencia requerida para un sistema dado no puede predecirse teóricamente, se tienen correlaciones empíricas para estimar los requerimientos de potencia” (p 164). La potencia para mover el impulsor es uno de los factores más importantes en el diseño para el tanque de agitación.

La potencia que se requiera para mover un fluido no puede predecirse fácilmente, para ello se utilizan correlaciones empíricas para estimar la potencia, considerando la presencia o no de turbulencia se puede relacionar con el número de Reynolds del impulsor, definido por la fórmula:

$$N_{RE} = \frac{Da^2 N \rho}{\mu} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La medición de la potencia vendría dada por la correlación entre el diámetro del impulsor, la velocidad de rotación, la densidad del fluido y la viscosidad, donde el número de Reynolds se divide en flujo laminar, turbulento y flujo en transición siendo estos de 10 a 1000.

Figura 6. **Número de Reynolds correlacionado con la potencia**



Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

7.1.5. Tiempo de mezclado para líquidos miscibles

El tiempo de mezcla para líquidos miscibles se debe de estimar, esto empleando un factor adimensional de mezcla, este se relaciona con el número de Reynolds, llamado factor adimensional de mezcla; ecuación definida de la siguiente manera, donde:

$$f_t = nt_T \left(\frac{D_a}{D_t}\right)^2 \left(\frac{D_t}{H}\right)^{1/2} \left(\frac{g}{n^2 D_a}\right)^{1/6} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

f_t = Factor de tiempo de mezcla, adimensional.

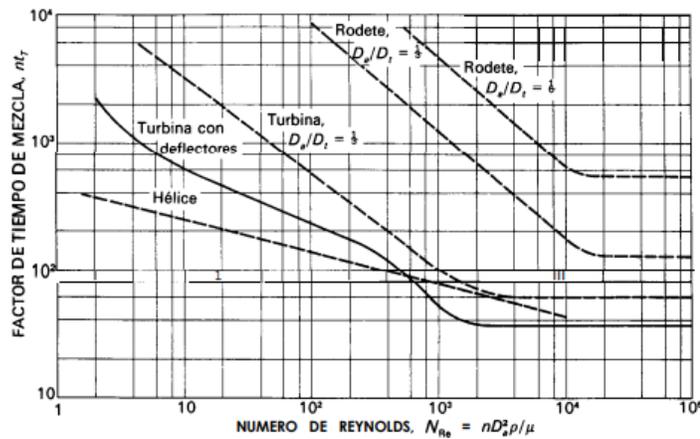
D_a = Diámetro del rodete (pies).

D_t = Diámetro de tanque (pies).

g = Aceleración de la gravedad $\left(\frac{\text{pies}}{\text{s}^2}\right)$.

t_T = Tiempo de mezcla (s).

Figura 7. **Factor de tiempo de mezcla en tanques agitados**



Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

En la figura 7, se muestra el tiempo de mezcla en tanques agitados. Las líneas de trazos son para tanques sin placas deflectoras; la línea continua es para un tanque con placas deflectoras.

7.1.6. Dinámica de fluidos

Cómo se va a comportar un fluido se ve afectado por la influencia que este tenga con las superficies sólidas. En la zona donde la influencia de la superficie es pequeña, se puede despreciar el esfuerzo cortante, lo que significa que el fluido podría considerarse ideal, o no compresible, además de una viscosidad de cero.

7.1.7. Flujo laminar y turbulento

Chereque (1987) menciona que “hay fluidos de dos tipos, laminar y turbulento, los cuales dependen del canal y su interacción con el mismo al momento de moverse a través del conducto” (p. 48). Flujo laminar es el tipo de fluido donde el desplazamiento es sin remolinos ni turbulencia, en la capa límite. Los fluidos turbulentos se mueven a velocidades más altas, además de formar turbulencia. Además de estas diferencias, se pueden representar de forma matemática según el número de Reynolds.

7.1.8. El número de Reynolds

Giles, Evett y Liu (2003) definen que “el número de Reynolds es una variable adimensional, viene dado por el coeficiente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad” (p. 96). Las variables de densidad, velocidad, diámetro y viscosidad de un fluido se combinan para la expresión adimensional llamada número de Reynolds. Esta ecuación determina a través del uso de cada una de estas propiedades, si un fluido es turbulento o laminar.

$$N_{RE} = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

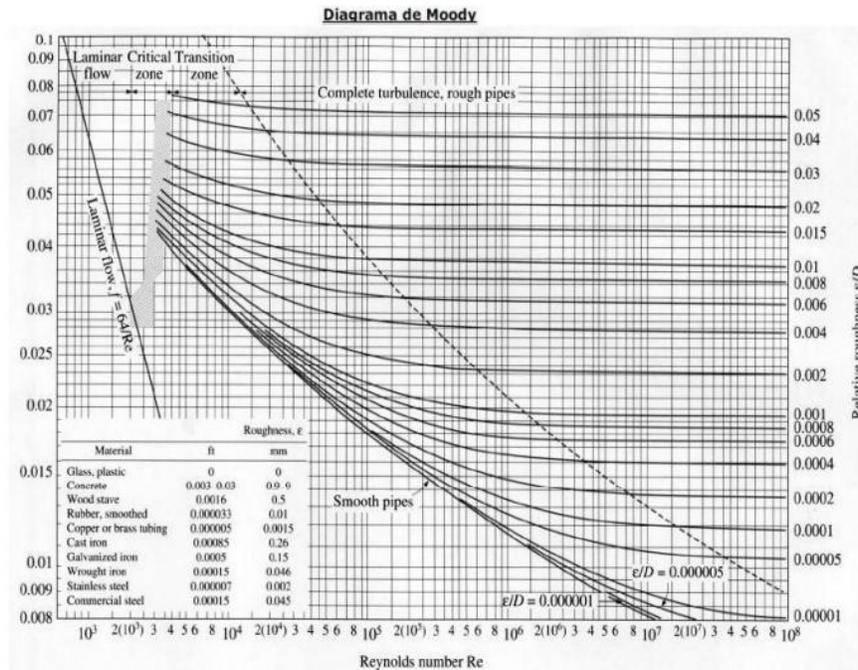
Para diferenciar un flujo laminar de uno turbulento se emplea el número de Reynolds, este los define si el número es menor de 2 100 (número adimensional) en una tubería, el flujo es laminar, sí el valor es superior a 4 000, el flujo se puede considerar turbulento. Los valores intermedios son considerados flujos en transición, el comportamiento del fluido se puede determinar, pero no se puede predecir sin considerar cada una de las variables del número de Reynolds.

7.1.9. Flujo laminar y turbulento; fricción y caída de presión

Shames (1995) menciona que “el factor de fricción (f) es independiente del número de Reynolds. Para cada curva esta región se conoce como zona de flujo de tubería rugosa, mientras que la región entre los dos extremos se conoce como zona de transición” (p. 331). El factor de fricción de Fanning (f), es un factor o un parámetro común en los flujos laminares y turbulentos, el cual es la fuerza de arrastre por unidad de área mojada.

En el flujo laminar calcular el factor de Fanning depende del número de Reynolds, el cual puede llegar a un valor de 2 100, por encima de esos valores los flujos son turbulentos y es difícil determinar el factor de fricción, de modo que se calcula de forma empírica y no exacta, al mismo tiempo esto dependerá del tipo de superficie, la rugosidad de la tubería donde se desplaza el fluido.

Figura 8. Diagrama de Moody



Fuente: Geankoplis (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*.

7.1.10. Pérdidas de fricción por accesorios y válvulas

Salcedo (2011) menciona que “en las conducciones cilíndricas rectas se ha visto que el fluido pierde energía mecánica por rozamiento y fricción en las paredes de la conducción, cuyo valor viene dado por la ecuación de Fanning” (p 38). Cuando una tubería es recta, para calcular el factor de fricción se emplea el factor de Fanning, no obstante, cuando existe un cambio en la dirección del fluido se producen pérdidas por fricción adicionales, esto es debido a remolinos o turbulencia causada por el cambio de dirección, las cuales se pueden dar por los denominados accesorios de tuberías.

Dichas pérdidas pueden darse por tres tipos de cambios en el curso del fluido, estas son; pérdidas por ensanchamiento repentino de la tubería debido a un accesorio, que aumenta el diámetro de la tubería, pérdidas por reducción repentina, esta se debe a que un accesorio disminuye el diámetro de la tubería donde se transporta el fluido y pérdidas por accesorios, los cuales van desde codos que cambian la dirección del fluido, así como válvulas colocadas en la tubería.

Para Munson (1999):

El cálculo de la fricción dada por dichos accesorios puede variar, dependiendo del accesorio que se contenga en la tubería, para dicho cálculo se emplea una ecuación que relaciona, la velocidad del fluido dentro de la tubería y un factor adimensional según sea el tipo de accesorio. La pérdida por fricción en tuberías y accesorios está dada por la siguiente ecuación:

$$h_f = K_f \frac{V^2}{2} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Dónde h_f , es la pérdida por fricción, K_f , es el factor de fricción por accesorio y V es la velocidad del fluido. (p. 35)

Tabla III. **Pérdidas por fricción en accesorios y válvulas**

Tipo de accesorio a Válvula	Pérdida por fricción
CODO 45	0.35
CODO 90	0.75

Continuación tabla III.

TE	1
RETORNO U	1.5
VÁLVULA DE COMPUERTA	
ABIERTA	0.17
SEMIABIERTA	4.50
VÁLVULA DE GLOBO	
ABIERTA	6
SEMIABIERTA	9.50
VÁLVULA DE ÁNGULO ABIERTA	2
VÁLVULA DE RETENCIÓN	
DE BOLA	70
DE BISAGRA	2

Fuente: Geankoplis (1988). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*.

7.2. Tuberías, válvulas y accesorios

McCabe (2003) Menciona que “siempre que varía la velocidad de un fluido, tanto en dirección como en valor absoluto, a causa de un cambio de dirección o de tamaño de la conducción, se produce una fricción adicional a la fricción de superficie, debida al flujo a través de la tubería recta” (p 106).

Los fluidos al moverse a través de una tubería y pasa por algún accesorio, se distorsiona las líneas normales de flujo sumando a que ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que se da entre la pared de la tubería y el líquido, esto genera una pérdida de presión entre los dos puntos.

7.2.1. Tubos y tuberías

Tanto los tubos como las tuberías poseen paredes rugosas, estos se utilizan como medio de transporte de fluidos, se diferencian en el tipo de accesorios que se pueden utilizar en ambos, en las tuberías se utilizan bridas como uniones, en los tubos se utilizan accesorios soldados para sus uniones, los tubos que generalmente son metálicos poseen rosca para poder unirse, las tuberías no poseen rosca, las paredes son más rugosas en las tuberías y en los tubos suelen ser más lisas.

7.2.2. Selección del tamaño de tubería

Este dependerá del tipo de flujo que se vaya a mover, además de los costes que esto conlleva, para el tipo de flujo también se debe de considerar la velocidad media del fluido. En la tabla IV, se muestran los intervalos de velocidad para los fluidos dependiendo de su viscosidad.

Tabla IV. Intervalos representativos de velocidad en tuberías

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad(m/s)
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.15-0.30
	Entrada de bomba	0.30-0.90
	Salida de bomba	1.20-3.0
	Línea conducción	1.20-2.40
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.06-0.15
	Salida de bomba	0.15-0.60
Vapor de agua		9-15
Aire o gas		9-30

Fuente: McCabe (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*.

Cuando se tiene un flujo que se mueve por gravedad, se utilizan las dimensiones más pequeñas.

7.2.3. Juntas y accesorios

El material de construcción es quien básicamente determina qué tipo de equipo usar para las juntas, pues el tubo o la tubería y el material del cual están fabricadas determinarán esto último. El espesor de la pared también lo determina, debido que cuando tienen un espesor grande, se conectan por medio de una brida o soldadura, las bridas que presentan una pared delgada se unen por medio de compresión, accesorios cónicos o soldadura. Cuando la tubería es de un material frágil como vidrio o fundición, se unen por juntas o bridas.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Agitación y mezclado de líquidos

1.1.1. Tipos de agitadores para tanques de mezclado.

1.1.1.1. Agitador propulsor de tres aspas

1.1.1.2. Agitadores de paletas

1.1.1.3. Agitadores de turbina

1.1.1.4. Agitadores de banda helicoidal

1.1.2. Selección del agitador en intervalos de viscosidad

1.1.3. Diseño típico de un sistema de agitación

1.1.4. En los recipientes de agitación potencia consumida

1.1.5. Tiempo de mezclado para líquidos miscibles

1.1.6. Dinámica de fluidos

- 1.1.7. Flujo laminar y turbulento
- 1.1.8. El número de Reynolds
- 1.1.9. Flujo laminar y turbulento; fricción y caída de presión
- 1.1.10. Pérdidas de fricción por accesorios y válvulas
- 1.2. Tuberías, válvulas y accesorios
 - 1.2.1. Tubos y tuberías
 - 1.2.2. Selección del tamaño de tubería
 - 1.2.3. Juntas y accesorios

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación se realizará en un estudio cuantitativo con una perspectiva correlacional y explicativa.

9.1. Enfoque de la investigación

El estudio es completamente experimental correlacional, debido a que se realizan toma de datos e informes de control de calidad, además de lecturas directas del proceso de producción en el tanque de agitación de modo que los resultados implican únicamente análisis de datos por medio de análisis estadísticos.

Al manipular y ajustar las variables de velocidad de agitación del fluido y el tiempo de agitación, serán de tipo numéricas y se estudiará el comportamiento que tienen sobre el producto final dicha manipulación de variables, el resultado será comparado con los resultados de control de calidad.

Los resultados del estudio serán presentados únicamente de forma numérica a través de análisis estadísticos y su interpretación será directa a los valores lógicos obtenidos y la relación que estos tienen con la bibliografía.

9.2. Diseño de la investigación

El diseño de investigación es experimental y longitudinal, primero debido a que se manipulan las variables de estudio al momento de toma de datos y desarrollo de la investigación, es también longitudinal debido a que se toman las

muestras en distintos momentos, unas se tomarán con el estado actual del sistema, las siguientes se tomarán posterior a dicha manipulación de variables. De este modo se estudiarán los fenómenos involucrados durante la agitación y mezcla de distintos productos químicos.

9.3. Tipo de estudio

Los alcances de la investigación se visualizan desde una perspectiva correlacional y explicativa debido a que con la investigación se pretende analizar y relacionar los conceptos de agitación con los conceptos de rendimiento, además de ello se analiza las relaciones causa-efecto de forma directa, detallando por medio del estudio, en qué condiciones se dan dichos comportamientos y cómo estos pueden contribuir o perjudicar en la eficiencia de la planta.

9.4. Variables e indicadores

Las variables principales que se analizarán en esta investigación son:

9.4.1. Variables independientes

- Formulación de productos químicos.
- Capacidad del tanque de agitación.
- Tiempo de mezclado.
- Velocidad del motor.
- Tipo de agitador.
- Capacidad del personal.

9.4.2. Variables dependientes

- Eficacia en la productividad del tanque de agitación: Se refiere al rendimiento esperado.
- Producto final dentro de parámetros de calidad: Se refiere al producto final tras el mezclado en el tanque.
- Tiempo de paros: Se refiere al tiempo perdido por paros, debido a la mezcla del agitador.
- Eficiencia de proceso: Se refiere al tiempo de trabajo por cada lote de producto en relación con el tiempo de ejecución de todo el proceso.

Tabla V. **Cuadro de variables e indicadores**

Objetivo	Variable	Tipo de Variable	Indicador	Técnica o instrumento
Determinar la situación actual del tanque de agitación	-Tiempos	Continua	Tipo de producto mezclado.	- Cronómetro.
	-Datos de equipos		Rendimiento: % de rendimiento/ lote,	- Informes de registros del tanque de agitación.
	-Volumen por producción,		Costos de producción:	- Reportes de producción.
	-Número de rechazos por control de Calidad		- Mano de obra - Materia prima. - Costos fijos. - Costos variables.	- Reportes del Departament o de Control de Calidad.
			Tiempos de producción / lote. Calidad del producto terminado.	- Observación directa.

Continuación tabla V.

Desarrollo de los procesos e indicadores de la propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> -Concentración del agente activo y su incertidumbre -pH y su incertidumbre -Conductividad y su incertidumbre -Tiempos de mezcla 	Continua	<ul style="list-style-type: none"> - Medición de la calidad del producto. - Eficiencia y eficacia del tanque. - Tiempo de ciclo de producción. - Utilización de capacidad de tanque. 	Desarrollo de los sistemas mediante revisión documentaria
Evaluación de los beneficios de la propuesta	<ul style="list-style-type: none"> -Costos y ganancias Velocidad de producción. -Beneficios. 	Continua	<p>Después de tres semanas de su implementación se evaluará en 10 lotes de producción:</p> <p>Tipo de producto mezclado.</p> <p>Rendimiento:</p> <p>% de rendimiento/ lote,</p> <p>Costos de producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mano de obra - Materia prima. - Costos fijos. - Costos variables. <p>Tiempos de producción / lote.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calidad del producto terminado. 	Formatos de cotejo.

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de la Investigación

La información se obtendrá a través de muestras de informes de producción, además de documentos de control de calidad del producto terminado. Estos datos se analizarán y modificarán para nuevas disposiciones del equipo, esto con el objetivo de observar si existe mejoría en la productividad, si se obtiene datos favorables se realizarán capacitaciones al personal y se evaluará el rendimiento a largo plazo de esta reestructuración del proceso.

La metodología propuesta para solucionar el problema planteado estará compuesta por cuatro fases principales, cuya realización permitirá cumplir con los objetivos de investigación.

9.5.1. Fase 1: Revisión documental de la teoría y bibliografía existente

Antes de llevar a cabo el trabajo de campo de la investigación, se realiza una recolección de bibliografías por medio de observación indirecta, para brindar la información apropiada y guiar el desarrollo de la investigación, al mismo tiempo se contará con los formatos, procedimientos de manejo del equipo de agitación, así como documentos que brinden información relevante a las producciones.

9.5.2. Fase 2: Descripción del control y monitoreo de la productividad del tanque de agitación previo a la solución y análisis de la situación actual.

El estudio se inicia describiendo el proceso de agitación de productos de limpieza en el tanque de agitación, el tiempo de utilización del mismo, las cantidades producidas además de las especificaciones técnicas del equipo.

Para la recolección de datos se utilizará el instrumento que se encuentra en el apéndice 3, conlleva al análisis de los documentos relacionados con los procedimientos y permitirá comprender claramente el flujo en el que son realizadas las actividades.

Dentro de la recopilación de información, se espera obtener datos históricos (en caso se tengan) de la productividad de por lo menos los últimos doce meses anteriores al inicio de la investigación: volumen de producción, velocidad de la agitación, productos en mal estado entre otros. La obtención de esta información es importante debido a que, partiendo de ella, se establecerá una línea base para la comparación del análisis inicial y final de la situación.

9.5.3. Fase 3: Desarrollo de los procesos e indicadores de la propuesta.

En esta fase se desarrollarán los procesos que ayuden a mejorar la productividad y eficacia del tanque de agitación. Los procesos de mejora se realizan considerando mejores tiempos de mezclado, y para ello se realizan pruebas de velocidad en la agitación, además de evaluar el correcto uso del agitador según las viscosidades de los productos a utilizar, todo esto considerando el volumen del tanque de agitación.

Al mismo tiempo la recolección de datos en planta servirá para la siguiente fase en donde se evaluarán estos resultados.

9.5.4. Fase 4: Evaluación de los beneficios de la propuesta.

Durante esta fase se evaluarán los resultados obtenidos mediante la aplicación de una prueba piloto por tres semanas, posterior a dicha prueba se medirán resultados para su implementación.

Además, se instruirá al personal operativo, a modo de un uso apropiado de las nuevas disposiciones del tanque y de su capacidad apropiada

A partir de los resultados obtenidos del diagnóstico inicial, se volverán a evaluar los resultados de la eficacia de la propuesta utilizando el instrumento del apéndice 3.

$$\text{Eficiencia del proceso} = 100 * \frac{VA}{TEP} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

Va = tiempo de valor añadido.

TEP = tiempo de ejecución de proceso.

Con estos resultados se podrá concluir si el sistema responde correctamente a lo esperado según la teoría, esto según la eficiencia obtenida y la calidad del producto final resultante.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para que se pueda cumplir cada objetivo planteado, correspondiente a una fase distinta del desarrollo de la investigación, es necesario auxiliarse de varias herramientas y técnicas que permitirán tratar y analizar la información recolectada de la manera adecuada para generar las conclusiones idóneas que reflejen lo que se logró con la elaboración del estudio.

En la primera fase, se realiza una recolección de información teórica por medio de bibliografía relacionada por medio de la observación directa, además de fuentes existentes que den la información apropiada para guiar el desarrollo de la investigación.

Para determinar y evaluar la situación previo a la implementación de la solución, en la segunda fase se utilizará la recolección de datos de producción y control de calidad, para conocer cómo se ha llevado a cabo el proceso de mezclado y agitación, según la experiencia de los operarios que tengan a su cargo el acceso al control y monitoreo de la productividad de las producciones.

Esto, junto con la observación indirecta que conlleva al análisis de los documentos relacionados con los procedimientos, permitirá comprender claramente la secuencia en la que son realizadas las actividades. Así, podrá describirse completamente el proceso ya establecido de producción con sus características, ventajas y desventajas.

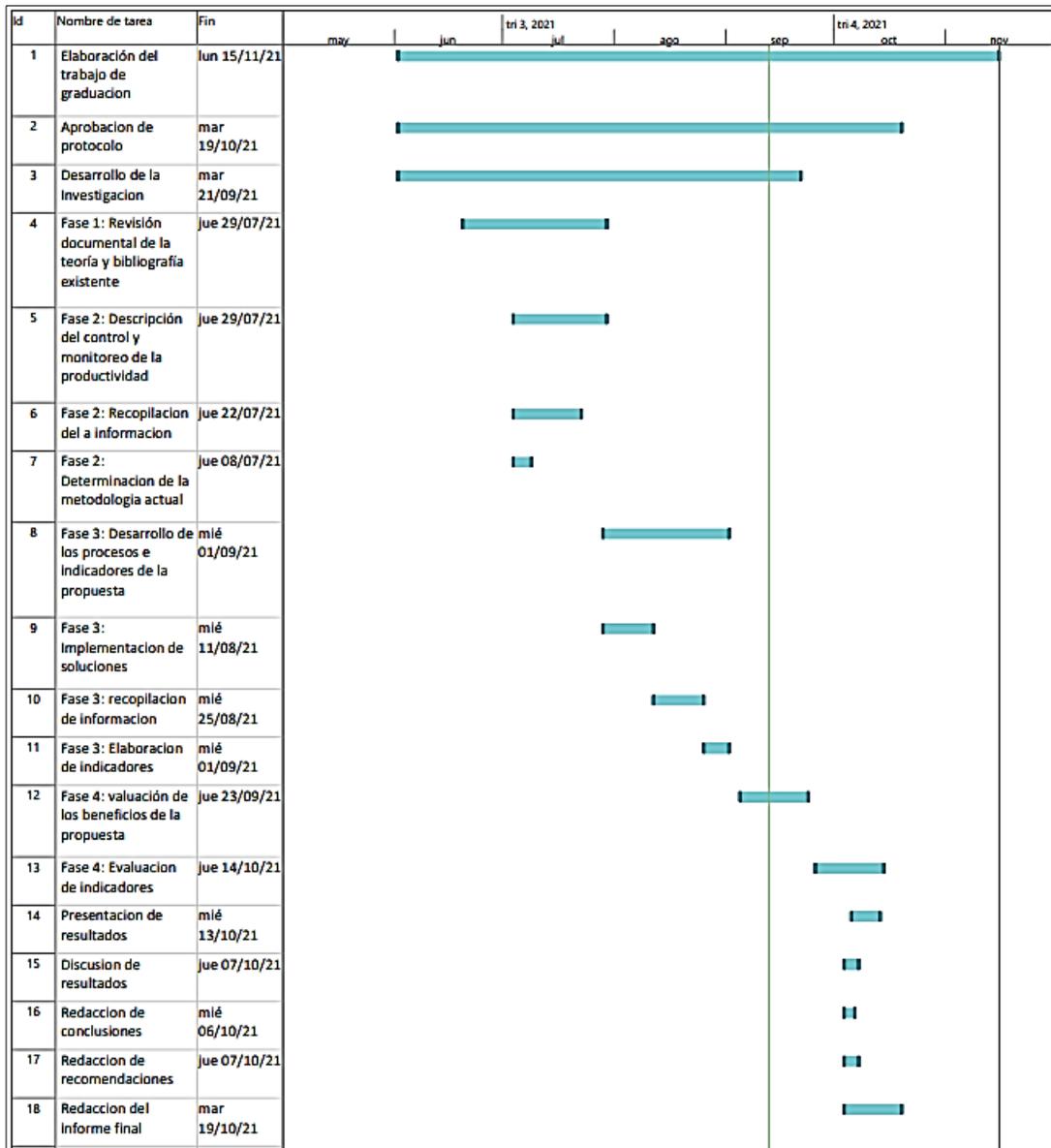
En la tercera fase, se desarrollarán los procesos adecuados de uso y estableciendo los criterios de trabajo que mejor se ajusten al nivel de producción

y las condiciones adecuadas de trabajo. Se realizará tomando todos los informes de calidad, evaluando su productividad de forma gráfica para verificar dónde y qué tipos de problemas se tienen.

En la cuarta fase, se evaluarán los resultados de los procesos adecuados, que se hayan implementado en la planta, los resultados se verificarán a través de reportes de control de calidad, además de evaluar el costo total de producción empleando el nuevo sistema implementado, aquí se evaluará la eficacia en la productividad en el los nuevos parámetros de agitación y el impacto que éste haya tenido en el producto final.

11. CRONOGRAMA

Tabla VI. Cronograma de ejecución



Fuente: elaboración propia

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de estudio de investigación que se va a realizar es factible, debido a que se cuenta con los recursos: humanos, financieros, físicos, intelectuales y de infraestructura que a continuación se describen:

- Humanos: Lo referente con el investigador para que el estudio avance, además del personal de la empresa que dará información y tiempo para realizar las pruebas de campo y finalmente el apoyo del asesor que es indispensable para avanzar en el estudio.
- Físicos: Es todo aquello que se requiere para la elaboración de la investigación, para este estudio se refiere a la planta misma de producción, además de los equipos de producción, como el tanque de agitación, termómetro, cronómetro y espectrofotómetro, además de programas de computación, también el equipo de cómputo para el análisis de resultados que sean necesarios dentro de las fases de la investigación hasta la presentación final del informe.
- Intelectuales: Se refiere a toda la información empleada para la comprensión, interpretación y desarrollo de la investigación, específicamente a la información de bibliografías y bases de datos.
- Financieros: El tiempo que el investigador tomará para realizar los informes e investigación, incluyendo lo que se requiere para el pago del asesor de la investigación, además de la inversión que la empresa dará para la implementación de las mejoras.

En la tabla VII, se muestra el desglose de cada uno de los costos.

Tabla VII. **Recursos financieros**

Descripción	Responsable	Monto
Asesor de tesis	Investigador	Q. 2 500.00
Instrumentos de medición	Investigador	Q. 4 000.00
Oficina (hojas, impresiones)	Investigador	Q. 500.00
Total, inversión del investigador		Q. 7 000.00
Implementación de proyecto	Empresa	Q. 15 000.00
Total		Q. 22 000.00

Fuente: elaboración propia

El investigador deberá contar con un presupuesto personal de Q. 7 000.00; además las condiciones establecidas por la empresa, los directivos están dispuestos a aportar una inversión máxima de Q. 15 000.00, por lo que se tiene un presupuesto total de Q. 22 000.00 para realizar esta investigación.

13. REFERENCIAS

1. Barbosa, J., Gutiérrez, C. y Jiménez, J. (2015). *Termodinámica para Ingenieros*. México: Grupo editorial Patria.
2. Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J. y Mazurek, D. (2011). *Mecánica de materiales*, D.F., México: Mc Graw Hill.
3. Brown, G. (1955). *Operaciones básicas de ingeniería química*. Barcelona, España: Manuel Marín & C.
4. Cabrera, P., Carrillo, P., y Huaricancha, R. (2018). *Propuesta de mejora de una línea de bebidas para incrementar su productividad* (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
5. Chambergo, J., Quino, V., Pachas, A., y Herbert, Y. (junio, 2017). Estudio del comportamiento fluido-dinámico de un agitador a escala reducida mediante simulación numérica. *Información Tecnológica*, 28(3), 37-46. Recuperado de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v28n3/art05.pdf>
6. Chereque, W. (1987). *Mecánica de Fluidos 1*. Lima, Perú: Universidad Católica de Perú. Recuperado de https://www.academia.edu/13708221/Mecanica_de_fluidos_1_Wendor_Chereque_Moran

7. Crane. (2007). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. México: McGraw-Hill.
8. Couper, J., Penney, W., Fair, J. y Walas. S, (2005). *Chemical process equipment selection and design*. Ámsterdam, Países Bajos: Elsevier Inc.
9. Davis, C. y Sorensen, K. (1969). *Handbook of applied hydraulics*. New York, Estados Unidos: McGraw Hill.
10. Garcia, A. R. (2003). *Agitation and mixing*. Michigan, Estados Unidos.
11. García, W. E. (2018). *La medición de la productividad y la evaluación del desempeño de una empresa hidroeléctrica* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2172>
12. García, A. G. (2020). *Propuesta de mejoramiento de la productividad en el departamento de producción de la empresa Remodularsa S.A mediante la aplicación de la teoría de restricciones (TOC)* (Tesis de maestría). Escuela Politécnica Nacional, Quito. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20729>
13. Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. México: Compañía Editorial Continental S. A.
14. Giles, R., Evett, J. y Liu, C. (2003). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. México: McGraw Hill.

15. Hines, W., Montgomery, D. (1993). *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. D.F., México.: Compañía Editorial Continental, S. A.
16. Hurtado, O. H. (2019). *Mejoramiento continuo y la productividad de una empresa privada* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3635>
17. Mataix, C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Madrid, España: Ediciones del Castillo S.A.
18. McCabe, W., Smith, J. y Harriot, P. (2008). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. D.F., México: McGraw Hill.
19. Megyes E. (2005). *Manual de recipientes a presión*. Guanajuato, México: Grupo Noriega Editores.
20. Morataya, M. L. (2009). *Sistema de inspección para el control de calidad en planta de producción de jabón para lavandería* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2091_IN.pdf
21. Mott, R. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson Educación.
22. Munson, B. (1990). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Nueva Jersey, Estados Unidos: John Wiley & Sons.

23. Perry, R. H. (2001). *Manual del ingeniero químico, tomo II*. Estados Unidos: McGraw Hill.
24. Raxon E. H. (2013). *Diseño de un sistema de mezclado para la producción de suavizantes en la industria textil* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1394_Q.pdf
25. Ricauter, L. (2016). *Diseño y simulación de un Tanque Mezclador de 10,000 gal para la elaboración de aceites lubricantes* (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
26. Treybal. R. (2005). *Operaciones de transferencia de masa*. México: McGraw Hill Interamericana.
27. Norton, R. (1999). *Diseño de máquinas*. México: Prentice Hall.
28. Sandoval, M. F. (2012). *Sistema de gestión productivo y su influencia en la mejora de la productividad en una industria de sanitarios de Loza* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_005fd27c482e260a5b8a63c932d1e6d4
29. Salgado, Y. (2018). *Evaluación hidrodinámica de la mezcla de fluidos monofásicos en tanques de mezcla mediante CFD* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63838/1077970105.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

30. Salcedo, R. (2011). *Mecánica de fluidos*. Alicante, España: Universidad de Alicante.
31. Shames, I. H. (1995). *Mecánica de fluidos*. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.
32. Walpole, R., Myers, R., Myer, S. y Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingenieros y científicos*. México: Pearson educación.
33. Çengel, Y. y Cimbala, J. (2006). *Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones*. México: McGraw Hill.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

Pregunta de Investigación	Objetivo	Variables	Método propuesto	Resultados esperados
¿Se conoce la situación actual del sistema de producción en el tanque de agitación?	Determinar la situación actual del sistema de producción en el tanque de agitación de productos de limpieza.	Tiempos, datos de equipos, informes de producción, informes de calidad	Análisis por método gráficos, tablas	Conocer la situación actual de la planta
¿Se tienen indicadores de rendimiento adecuados, que permitan el control de la productividad en la planta?	Diseñar los procesos e indicadores de rendimiento adecuados, que tras la implementación de las mejoras en el tanque, permita mantener el control de productividad en la planta.	-Concentración del agente activo y su incertidumbre -pH y su incertidumbre -Conductividad y su incertidumbre	Realizar capacitaciones al personal operativo, evaluar capacidad de la planta.	Que los indicadores y procesos implementados permitan mantener el control de la productividad en la planta.
¿Cuáles son los beneficios económicos, la eficiencia y la productividad en la planta?	Evaluar los beneficios económicos, la eficiencia y la productividad en la planta con las mejoras en el tanque de agitación.	Costos y ganancias, velocidad de producción, beneficios.	Por medio de un método comparativo, entre la situación actual y la inicial y determinar los beneficios.	Observar un incremento en la relación costo beneficio.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Datos de producción

	<h2>Datos de producción</h2>				
Fecha:	Instrucciones: Tomar los datos mediante los instrumentos de recolección adecuados, cronómetro y lecturas del equipo				
No. Muestra	Rpm del tanque	Tiempo de inicio de producción	Tiempo de final de producción	Tiempo de agitación	Volumen producido
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fuente: elaboración propia.