



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE
ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR
ESPECTROFOTOMETRÍA, EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

Karla Lourdes Bravo Figueroa

Asesorado por M.A. Inga. María Alejandra Estrada Santizo

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE
ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR
ESPECTROFOTOMETRÍA, EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KARLA LOURDES BRAVO FIGUEROA

ASESORADO POR LA M.A. INGA. MARÍA ALEJANDRA ESTRADA SANTIZO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
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 PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE
ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR
ESPECTROFOTOMETRÍA, EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS DE LA CIUDAD DE
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 24 de julio de 2021.

Karla Lourdes Bravo Figueroa

Ref. EEPFI-0896-2021
Guatemala, 24 de julio de 2021

Director
Ing. 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: ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR ESPECTROFOTOMETRÍA, EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante **Karla Lourdes Bravo Figueroa** carné número **200815549**, 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.

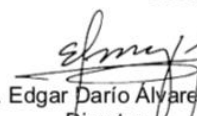
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



INGA. MARIA ALEJANDRA ESTRADA SANTIZO
COLEGIADO No. 2,276

Mtra. María Alejandra Estrada Santizo
Asesora


Mtro. Carlos Humberto Aroche
Coordinador de Maestría
Gestión Industrial – Fin de Semana
Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica
EIQD-REG-SG-007

Ref.EEP.EIQ.011.2021

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: **ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR ESPECTROFOTOMETRÍA, EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria Karla Lourdes Bravo Figueroa, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Williams G. Arizaga, M.I.Q. M.U.I.E.
DIRECCIÓN
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, julio de 2021



Formando Ingenieros Químicos en Guatemala desde 1939

DTG. 466-2021

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 LA ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR ESPECTROFOTOMETRÍA, EN UNA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Karla Lourdes Bravo Figueroa**, 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 todas las bendiciones que ha derramado en mi vida, por darme la sabiduría para alcanzar mis metas, a Él sean la gloria y honra.

Mi madre

Luz Margarita Figueroa Muñoz, por ser el mayor ejemplo en mi vida, por su amor, paciencia y apoyo incondicional en cada paso que doy.

Mi padre

Carlos Augusto Bravo Juárez, por su amor y apoyo incondicional en cada paso que doy.

Mi hija

Karla Daniela, por ser el motor que impulsa mi vida y la inspiración para ser mejor persona cada día.

Mis hermanos

Maggi, Roberto y Daniel Bravo por su amor y apoyo en cada momento de mi vida.

Mi familia

Por su cariño, cuidado y consejos a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> , fuente de mis conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por la formación que me ha brindado.
Roberto Fuentes	Por ser una guía en mi camino y por la paciencia y apoyo que me ha brindado a lo largo de mi vida.
Mis amigos	Por brindarme los mejores recuerdos durante esta etapa y por su apoyo en todo momento.

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. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema.....	8
3.3. Formulación del problema.....	8
3.4. Delimitación del problema.....	9
4. JUSTIFICACIÓN.....	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. Objetivo general.....	13
5.2. Objetivo específico	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO	17
7.1. Industria de bebidas carbonatadas.....	17

7.2.	Embotelladoras.....	17
7.2.1.	Organización	18
7.2.2.	Materias primas.....	19
7.3.	Conceptos básicos para la estandarización	20
7.4.	Medición de ácido fosfórico.....	22
7.5.	Calibración	22
7.5.1.	Método de calibrado con patrón externo.....	22
7.5.2.	Medición de patrón con muestras estándar	23
7.6.	Capacitación	24
7.6.1.	Plan de capacitación	24
7.6.2.	Módulos de capacitación	25
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	27
9.	METODOLOGÍA	29
9.1.	Enfoque.....	29
9.2.	Diseño	29
9.3.	Alcance	29
9.4.	Unidades de análisis	30
9.5.	Variables	30
9.6.	Fases del estudio.....	31
9.6.1.	Fase 1	31
9.6.2.	Fase 2	31
9.6.3.	Fase 3	31
9.6.4.	Fase 4	32
9.6.5.	Fase 5	32
9.6.6.	Fase 6	32
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	33

11.	CRONOGRAMA	35
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	37
13.	REFERENCIAS	39
14.	APENDICES	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema solución	16
2.	Espectrofotómetro	21
3.	Recta de calibrado a partir de patrones externos.....	23

TABLAS

I.	Matriz de coherencia	30
II.	Cronograma de actividades	35
III.	Presupuesto.....	37

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\pm$	Más / menos, indica un rango de variación
$\geq$	Mayor o igual qué
$<$	Menor qué
%	Porcentaje
Q.	Quetzales, unidad monetaria de Guatemala

GLOSARIO

Aforo	Llenar un recipiente calibrado hasta llegar a una determinada cantidad
Analito	Especie química cuya presencia o concentración se desea conocer. Componente de interés analítico de una muestra, que puede ser un elemento, compuesto o ion.
Batch	En producción se refiere a una cantidad de producto, cuyos materiales utilizados en su elaboración son registrados bajo un mismo lote.
Calibración	Proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia.
Cronometraje	Medición mediante un cronómetro del tiempo exacto que se invierte en determinada acción o la duración de un proceso.
Estandarización	Proceso de ajustar o adaptar características en un producto, servicio, procedimiento o método con el objeto de que estos se asemejen a un tipo, modelo o norma en común y así lograr la uniformidad.

Matraz

Recipiente de vidrio, generalmente de forma esférica, con cuello recto y estrecho, que se usa en los laboratorios para contener y medir líquidos.

Reactivos

Sustancias con capacidad de provocar ciertas reacciones al entrar en contacto con otros elementos, son utilizados en ensayos y análisis químicos para revelar la presencia de un elemento o medir la cantidad de alguna sustancia.

RESUMEN

En una embotelladora de la ciudad de Guatemala, se presentan varias quejas por la inadecuada liberación del jarabe terminado, que repercute en el proceso de producción de bebidas carbonatadas de tipo cola.

Con base en la observación del proceso, se puede determinar que el principal problema es que los analistas realizan el análisis de ácido fosfórico de forma distinta, por lo que el tiempo de liberación es variable, incrementando el tiempo de espera en producción que conlleva a un descontrol en el volumen de producción diario, desabasto de producto, incumplimiento en tiempos de entrega e incremento en los tiempos de producción.

A través de inspecciones, con la ayuda de listas de verificación para el proceso y la instrumentación empleada, se logra identificar y describir las operaciones actuales, describir el método de análisis a utilizar, establecer un estándar de la secuencia operativa, analizar el estado actual de la instrumentación, crear un registro del estado de dicha instrumentación y un plan de capacitación para los analistas de la embotelladora.

Con la capacitación que se propone, se logra complementar los conocimientos de los analistas de la embotelladora para nivelar el tiempo de análisis de ácido fosfórico en cada *batch* de jarabe y garantizar la calidad de este.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación consiste en la estandarización del método de análisis de jarabe terminado por espectrofotometría, en una empresa de bebidas carbonatadas ubicada en la ciudad de Guatemala.

El problema de la embotelladora es el aumento de quejas del área de producción, por la inadecuada liberación del jarabe terminado, lo cual se refleja en tiempo perdido y reproceso de jarabe.

Para la resolución del problema se propone llevar a cabo la estandarización del método de liberación de jarabe terminado por espectrofotometría, que puede realizarse por medio del desarrollo de una metodología que permita proporcionar resultados confiables, pudiendo ser comprobado con un estudio de capacidad de proceso.

Los recursos para llevar a cabo las actividades que se proponen, pueden ser brindados por la embotelladora en donde se realiza la investigación, poniendo a disposición las instalaciones para realizar los análisis, así como el material necesario, que incluye instrumentos de laboratorio y muestras de jarabe. También está en la disposición de asignar el tiempo necesario para la difusión del método desarrollado al recurso humano correspondiente.

El informe final de investigación estará conformado por 4 capítulos. El primer capítulo corresponde al marco teórico, en donde se revisa y expone la literatura correspondiente a la industria en la que se realiza la investigación, así como los análisis fisicoquímicos aplicados al jarabe; el capítulo dos contiene el

desarrollo de la investigación, describiendo las actividades que se lleva a cabo para realizar la estandarización; en el capítulo tres se presentan los resultados obtenidos; mientras que en el capítulo cuatro se discuten dichos resultados para exponer finalmente el aporte de la investigación en la solución de la problemática planteada.

2. ANTECEDENTES

En la estandarización de un método que permita medir el ácido fosfórico en bebidas carbonatadas, se considera importante el análisis de estudios similares que aporten información relevante en cuanto a las herramientas, técnicas o enfoques utilizados, que amplíen los conocimientos a aplicar.

López (2019) da a conocer que, para los fines de su investigación, respecto a la determinación de fosfato mediante un análisis por inyección en flujo, es mejor utilizar el método colorimétrico del ácido ascórbico y no el método del ácido vanadomolibdofosfórico. Esto se debe a que, aunque ambos son métodos espectrofotométricos alternativos, el comportamiento reactivo varía y por tanto los factores que toma como indicadores son más concluyentes con un método que con el otro. Lo anterior permite concretar que, al utilizar el método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, es importante tener claro que los resultados pueden variar dependiendo el tipo de ácido que se utilice siendo necesario definir lo que se busca y el medio más adecuado para obtenerlo.

Cáñez (2016) también recalca la trascendencia de establecer parámetros analíticos para incrementar la confiabilidad de los resultados, pero en su caso, enfocados en la calidad. En su artículo, *validación de un método analítico para la determinación de fósforo por espectrometría ultravioleta-visible*, describe detalladamente las características de las muestras a utilizar, las condiciones en que se realizan las pruebas, los parámetros analíticos de calidad establecidos, los materiales y métodos a utilizar. Lo cual contribuye en la estructuración del análisis que se propone realizar, evaluando los parámetros que deben establecerse para que los resultados tengan mayor confiabilidad.

En el caso de la investigación de López (2019), utiliza métodos de espectrofotometría para determinar la longitud de onda óptima, el tiempo en que se produce el color y la recta de calibración en sus muestras. Mientras que Cáñez (2016) utiliza el método de espectrofotometría para analizar su aplicabilidad con parámetros como la exactitud, sesgo, precisión, linealidad, sensibilidad, límites de detección y de cuantificación. Siendo interesante conocer el proceso para realizar las pruebas y los resultados que obtienen de acuerdo a parámetros que cada investigador ha establecido lo que insta a establecer parámetros propios y a utilizar los fundamentos teóricos como respaldo para la estandarización.

Otro aspecto que se identifica en la investigación de López (2019), es la importancia del conocimiento de todos los elementos a utilizar para realizar los análisis o pruebas químicas respectivas. No solo facilita el proceso, sino que los resultados son más confiables, si quien elabora las pruebas tiene experiencia en el manejo de los instrumentos, equipos o maquinaria que se involucra en el proceso. Esto implica que previo a realizar el muestreo y las pruebas necesarias, es indispensable tener pleno conocimiento de que elementos utilizar y cómo hacerlo.

Al iniciar con el tema también se hace conveniente conocer el producto en el que se han de realizar las pruebas, por lo que se analiza información del proceso de producción de bebidas carbonatadas como la de Guevara (2016), en la que describe tanto el proceso de fabricación, como la materia prima y los recursos utilizados para este tipo de producto. Aunque no menciona el tipo de control de calidad que se le da al proceso, si se menciona que estas bebidas contienen ácido fosfórico como acidulante para mantener el balance entre lo dulce y ácido que resalta el sabor. Otros como García (2017), se enfocan en el

daño a la salud que se produce con el consumo de bebidas carbonatadas debido a la presencia del ácido fosfórico.

El ácido fosfórico es un ácido inorgánico que según Gómez (2018) es muy utilizado en la industria alimenticia. Sin embargo, debe ser utilizado en proporciones controladas para no afectar la calidad del producto ni la salud del consumidor, por eso en la elaboración de bebidas carbonatadas es indispensable controlar la cantidad de ácido fosfórico a utilizar, tal como lo muestra Maticorena (2016) en su tesis de grado. El trabajo de estos autores permite conocer la importancia de establecer un método para medir la cantidad de ácido fosfórico que se utiliza en la elaboración de este tipo de bebidas.

Dada la creciente preocupación del daño que puede causar en la salud, consumir excesivamente bebidas carbonatadas a causa principalmente de sus componentes, se realizan continuas investigaciones para verificar la composición de las bebidas carbonatadas en el mercado, tal es el caso de Cavazos, Zárate y Torres (2001), quienes utilizan el método espectrofotométrico para determinar la cantidad de fósforo en bebidas cola, incluyendo en su artículo los reactivos a utilizar, las soluciones, el equipo, la descripción del procedimiento experimental, la preparación de la muestra y sus hallazgos comentando la variabilidad entre marcas y tipos de bebidas.

Parra y Rodríguez (2016) expresan en un artículo que la capacitación del personal es necesaria dentro de las organizaciones ya que influye en el desempeño de los trabajadores y la calidad de los productos. Este artículo demuestra la necesidad de capacitar a los analistas para que la estandarización del método de análisis de ácido fosfórico que se propone sea efectiva.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

El problema se origina en una embotelladora multinacional ubicada en la ciudad de Guatemala, en la cual se han incrementado las quejas del departamento de producción hacia el área de elaboración de jarabe. Esta multinacional tiene plantas de producción en varios países y es considerada líder en el mercado de bebidas gaseosas.

Según datos brindados por el departamento de información y control de la embotelladora, se conoce que la sala de preparación de jarabe para elaboración de bebidas puede llegar a producir hasta 181 500 litros de jarabe diario, para la producción de 350 000 cajas de bebidas que llegan al consumidor final en cada punto de venta los 365 días del año.

El departamento de calidad ha demostrado que los analistas que se encargan de liberar el jarabe hacia el departamento de producción, los que cuentan con experiencia de 5 años o más, demoran aproximadamente 50 minutos realizando el respectivo análisis, mientras que los analistas con experiencia de un año o menos demoran hasta 90 minutos para realizar el mismo análisis. Debido a lo anterior la empresa quiere invertir en un programa de certificación de análisis de jarabe por el método espectrofotométrico que permita garantizar que todos los analistas tengan la capacidad de liberar el jarabe en el tiempo óptimo.

3.2. Descripción del problema

La liberación de jarabe terminado por cualquier analista debe ser capaz de proporcionar $\pm 0,25$ % de desviación o menor, por medio del método espectrofotométrico. Todos los análisis realizados durante un mes deben cumplir con un cpk mayor a 1,33. Para ello se debe garantizar que se cuenta con la metodología correcta para realizar el análisis, que todos los componentes utilizados estén calibrados y que la metodología utilizada sea comunicada de manera oportuna al personal interesado.

3.3. Formulación del problema

Para el presente diseño de investigación se formularon las siguientes preguntas de investigación

- **Pregunta central**

¿Cómo estandarizar el análisis de ácido fosfórico por método espectrofotométrico de jarabe tipo cola para todos los analistas del área de calidad?

- **Preguntas auxiliares**

- ¿Cuál es la metodología adecuada para la medición de ácido fosfórico capaz de brindar resultados con $\pm 0,25$ % de desviación?
- ¿Cuáles son los procedimientos que debe llevar un programa de calibración y mantenimiento de los equipos utilizados en el análisis de ácido fosfórico?

- ¿Cuáles son los procedimientos que requieren la creación de un programa de capacitación sobre el análisis de ácido fosfórico para que los resultados obtenidos cumplan con un cpk mayor a 1,33?

3.4. Delimitación del problema

El trabajo de investigación se ha de realizar en la sala de elaboración de jarabe tipo cola, de una embotelladora ubicada en la ciudad de Guatemala, durante dos meses; utilizando la maquinaria, equipo e instrumentos de la empresa.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación en la cual se presenta el estudio es normalización de procesos del área de operaciones, ya que es necesario estandarizar el método de medición de ácido fosfórico en el jarabe que se utiliza para las bebidas carbonatadas.

Al finalizar el proceso de elaboración de jarabe, el departamento de calidad asigna analistas que deben realizar la medición de ácido fosfórico en cada lote y verificar que cumpla con los parámetros establecidos antes de que pueda ser trasladado al departamento de producción. Esto quiere decir que el tiempo que se invierte en el análisis, es tiempo de espera para el departamento de producción, lo cual reduce la cantidad de bebidas que se producen diariamente, afectando el abastecimiento de la demanda actual.

Es por esta razón que, con la estandarización del método de medición de ácido fosfórico, se busca optimizar el tiempo de análisis y evitar retrasos en el proceso de producción. De esta forma es posible facilitar el trabajo, tanto de los analistas como de los operarios de producción, mejorando el flujo del proceso de producción de bebidas carbonatadas y evitando pérdidas económicas por el tiempo de espera en producción que genera el desabasto mensual.

Por lo tanto, como resultado de la estandarización, se espera beneficiar a la empresa a nivel operativo y económico, al consumidor garantizando la calidad del producto que adquiere y al personal de la empresa influyendo en su desempeño.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Estandarizar el método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría de jarabe tipo cola en un equipo de mezcla continua en una embotelladora de la ciudad de Guatemala.

5.2. Objetivo específico

- Establecer una metodología para medición de ácido fosfórico capaz de brindar resultados con $\pm 0,25$ % de desviación.
- Elaborar un programa de calibración y mantenimiento del 100 % de los equipos utilizados en el análisis de ácido fosfórico.
- Capacitar al personal encargado de realizar el análisis de ácido fosfórico para que los resultados obtenidos cumplan con un cpk mayor a 1,33.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

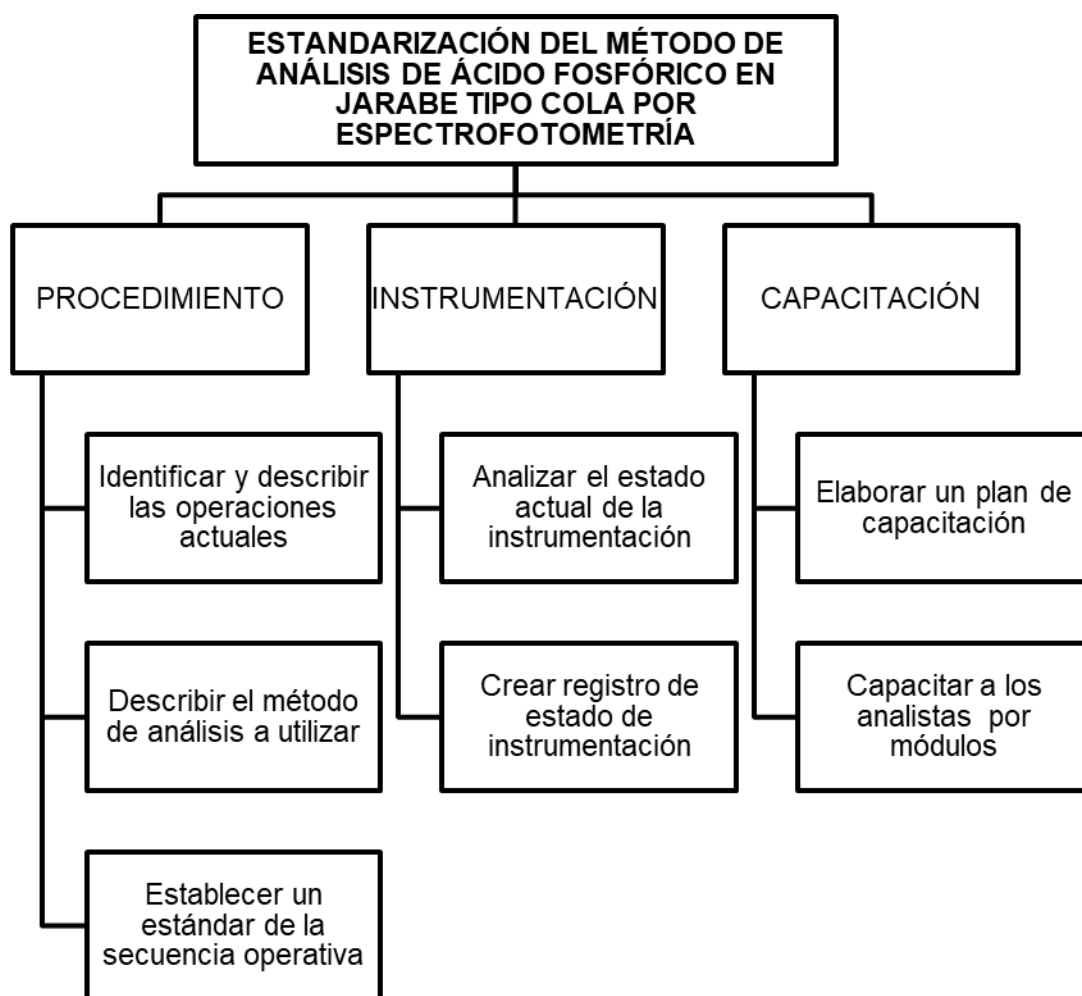
La propuesta de estandarizar un método de medición de ácido fosfórico en bebidas carbonatadas cubre la necesidad de optimizar el tiempo de análisis en los lotes de jarabe para que el proceso de producción de bebidas no sufra retrasos que repercuta en el volumen de producción diario.

Para lograr la estandarización se realiza un estudio del método que utilizan los analistas actualmente, por lo que la recopilación de datos se obtiene por medio de la observación directa del proceso de análisis.

Se le brindara capacitación a los analistas, respecto al método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría de jarabe tipo cola en un equipo de mezcla continua dividido en dos fases, la primera es la base teórica, donde se les proporciona toda la información del método en qué consiste y cómo realizarlo, para poder pasar a la fase dos que se refiere a la práctica, en la cual se incluye la parte de instrumentación, que es donde se valida que todo el equipo esté calibrado y en óptimas condiciones, para luego pasar a la parte donde se verifica que el proceso de análisis se realice eficientemente.

En la siguiente figura, se presenta el esquema de solución para la problemática identificada, que se constituye como el objeto de investigación.

Figura 1. Esquema solución



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

La estandarización de un método de medición de ácido fosfórico para bebidas carbonatadas contempla diversos conceptos, definiciones y métodos que se exponen a continuación.

7.1. Industria de bebidas carbonatadas

De acuerdo con Castañeda (2018), las bebidas carbonatadas “tiene sus inicios en Nueva York en 1832, cuando John Matthews inventa un aparato para mezclar agua con gas de dióxido de carbón, además de esto le agrega saborizantes a la bebida” (p. 1). Con el tiempo diversas empresas le fueron agregando otros componentes individualizando las fórmulas que dan origen a las bebidas carbonatadas que se conocen en la actualidad.

La industria de bebidas carbonatadas no se limita al llenado y tapado de las botellas, sino que mantiene un estricto control del cumplimiento de las especificaciones del producto, que incluye la calidad de sus materias primas, las medidas de sus componentes y el proceso de mezcla entre otros.

7.2. Embotelladoras

Pusey (2020) indica que una embotelladora de bebidas es:

Una planta productora que recibe materias primas que pasan por un conjunto de transformaciones y se obtiene como resultado un producto específico, Dentro de este marco se tiene una cadena de suministros que

es supervisada por el departamento de control de calidad para la estandarización de procesos. (p. 1)

Se le denomina así debido a la presentación del producto; aunque las embotelladoras pueden ser empresas que fabrican un producto como bebidas carbonatadas o simplemente envasar para otras empresas productoras.

Según la revista Summa (2010):

Un total de 9 compañías se disputan el mercado de gaseosas, 6 están ubicadas en la capital y 3 en igual número de departamentos, las embotelladoras registradas en el país son:

- Coca Cola (Femsa, S.A.)
- The Central America Beverage Corporation (CabCorp),
- Salvavidas
- Ajemaya (que produce la marca Big Cola)
- San Bernardino
- Envaisa (que maquila gaseosas de marcas privadas como Sabemás)
- India Quiché, en Quiché
- Fersan, S.A., en Escuintla
- El Manantial, en Huehuetenango

Todas compiten por una mayor presencia en el mercado. (párr. 1)

7.2.1. Organización

Las embotelladoras se organizan según sus necesidades, políticas y conveniencias propias, de acuerdo con Castañeda (2018) “La industria

embotelladora ha diseñado sistemas empresariales para lograr el cumplimiento de las metas y objetivos propuestos por la alta gerencia” (p. 6). Creando subsistemas interrelacionados para el cumplimiento de funciones específicas y especializadas con el fin de lograr mayor eficiencia en las operaciones. Por lo regular estas empresas cuentan como mínimo con un departamento de producción, departamento de control de calidad, departamento de comercialización y distribución y por la cantidad de empleados la mayoría cuenta con departamento de recursos humanos.

Para las empresas que producen bebidas carbonatadas es importante mantener el control de todos los elementos que influyen en la elaboración del producto final, por eso crean áreas que se encarguen de controlar la calidad con que son elaborados los productos y en el cual se verifica que los componentes estén de acuerdo con los límites establecidos. Para las bebidas carbonatadas estos límites se definen de acuerdo con la fórmula que cada empresa maneja internamente, en la cual se dan las especificaciones de los ingredientes y sus proporciones para cada lote a elaborar.

7.2.2. Materias primas

Las materias primas para la elaboración de bebidas carbonatadas varían conforme a la fórmula específica que indica los ingredientes para cada tipo de bebida, pero entre los principales se tienen los siguientes:

- Saborizantes: los cuales son variados y adquiridos por medio de proveedores específicos, a las bebidas carbonatadas tipo cola, se les agregan sustancias como cafeína que aporta el contraste amargo para los demás saborizantes.

- Ácidos: utilizados como preservantes y para complementar la dulzura del azúcar; estos pueden ser cítricos, fosfóricos o tartárico dependiendo del tipo de bebida a realizar.
- Colorantes: el más común es el color caramelo que se prepara al quemar azúcar de maíz utilizando sal armónica de catalizador; hay colores sintéticos que también pueden agregarse a las bebidas carbonatadas.
- Preservantes: las bebidas carbonatadas se conservan bien con el ácido que se les aplica y con el gas carbónico que ayuda a evitar el desarrollo de hongos, aunque también se utiliza benzoato de sodio para bebidas con poco o nada de gas.
- Agua: esta debe ser límpida, incolora e inodora, para poder ser utilizada en bebidas carbonatadas su alcalinidad debe ser menor de 50 ppm, un máximo de 500 ppm de sólidos y menos de 0,1 ppm de hierro o manganeso.

7.3. Conceptos básicos para la estandarización

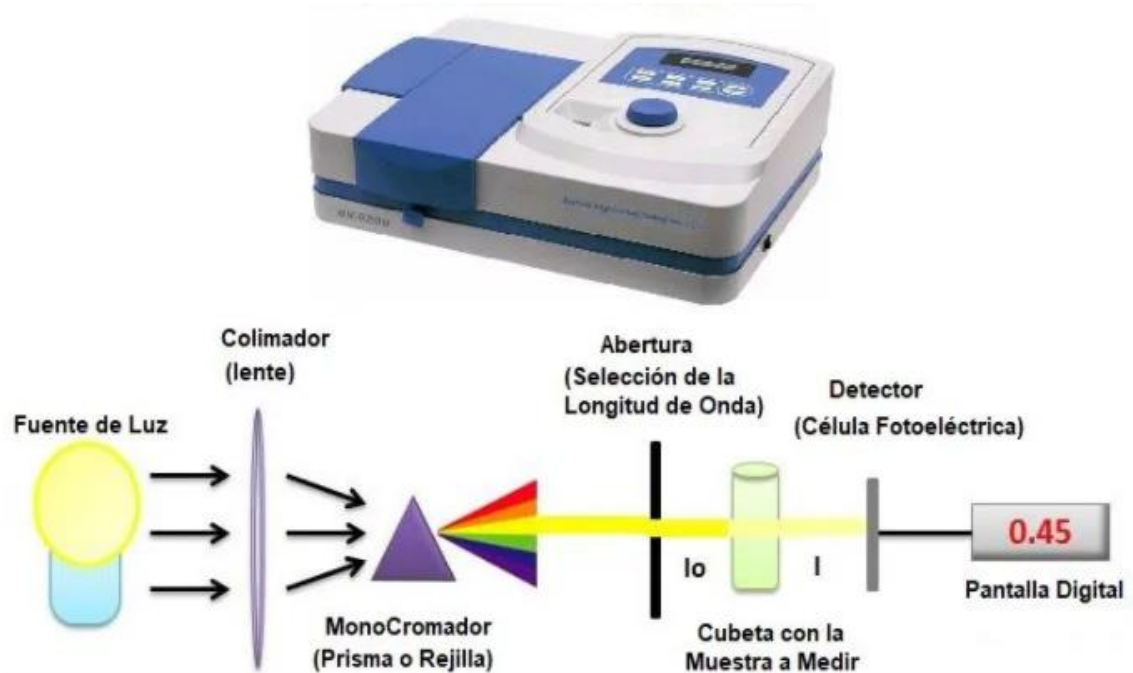
Entre los conceptos relacionados al método de medición que se deben tener claros para la comprensión de la temática a abordar, se encuentran:

- Espectrofotometría: el método espectroscópico de absorción está basado en la disminución de la potencia de la radiación electromagnética de una longitud de onda definida como consecuencia de su interacción con la materia.
- Ley de Lambert y Beer: se refiere a la absorción de luz de una sustancia en relación con su concentración y a la longitud del cuerpo que atraviesa la luz.

Esta ley expone que la cantidad de luz absorbida depende del tipo de sustancia por la que atraviesa la luz, la distancia que recorre dicha luz y la concentración de la sustancia.

- Espectro de absorción: luz absorbida en función de la longitud de onda
- Espectrofotómetro: es un instrumento que cuenta como mínimo con una fuente estable de energía radiante, un selector de longitud de onda, uno o más recipientes para muestras, un detector de radiación y un procesador. Sirve para medir la intensidad del haz de luz a la salida.

Figura 2. **Espectrofotómetro**



Fuente: Instrumentos de Medición. *Espectrofotómetro: ¿Qué es y para qué sirve?*. Consultado en julio 2021. Recuperado de <https://instrumentosdemedicion.org/general/espectrofotometro/>.

7.4. Medición de ácido fosfórico

Para realizar la medición de ácido fosfórico es necesario establecer los aparatos de instrumentación y materiales a realizar. El proceso experimental requiere de lo siguiente:

- Colocar a temperatura ambiente los reactivos
- Limpieza de cristalería y equipo a utilizar
- Llevar a cabo la reacción
- Lectura de la absorbancia a longitud de onda indicada
- Determinación del porcentaje de ácido fosfórico
- Presentación de informe

7.5. Calibración

Para el tipo de análisis a realizar se necesita establecer un método para el calibrado, el cual puede ser el de patrón externo y el de adiciones estándar.

7.5.1. Método de calibrado con patrón externo

Según la UPO (2004):

Una curva de calibrado representa la respuesta de un método analítico sobre muestras patrón o estándar con concentraciones conocidas de analito. En el intervalo de respuesta lineal del método, se obtiene una recta de calibrado a partir del procedimiento siguiente:

- Se representa la señal detectada corregida de la señal del blanco frente a la concentración de cada disolución patrón.

- Se realiza una regresión lineal de los puntos resultantes por el método de mínimos cuadrados. La recta de calibrado $y = a x + b$ (x: concentración, y: señal) permite obtener la concentración de cualquier muestra problema a partir de la señal obtenida experimentalmente. (p. 4)

7.5.2. Medición de patrón con muestras estándar

Este método se basa en la adición de muestras conocidas sobre una muestra patrón, de tal forma que los resultados se puedan analizar directamente proporcional o inversamente proporcional. Según UPO (2004), “al representar la señal experimental frente a la concentración de analito añadida resulta una recta a partir de cuya pendiente y ordenada en el origen se obtiene la concentración de la muestra problema” (p.5).

Figura 3. Recta de calibrado a partir de patrones externos



Fuente: UPO (2004). *Práctica 1: Determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría*

7.6. Capacitación

De acuerdo con Parra y Rodríguez (2016), la capacitación es “el proceso en el que una empresa busca que sus empleados obtengan habilidades y destrezas necesarias para el desempeño” (p. 134). Una capacitación se requiere cuando surgen cambios en cualquiera de los elementos que influyen en el desempeño laboral, así pueden ser cambios en un proceso, cambio de materias primas, cambio de maquinaria, entre otros.

Una capacitación también puede impartirse cuando se promueve a un empleado, cuando se detectan deficiencias por medio de evaluaciones de desempeño o cuando se contrata a una persona para actividades muy específicas y propias de la empresa.

7.6.1. Plan de capacitación

Según Parra y Rodríguez (2016), “un plan de capacitación es un documento elaborado por la dirección de la empresa con el fin de asegurar la preparación de su personal por un período determinado” (p. 136). Como mínimo se espera que un plan de capacitación contenga el alcance, un cronograma de actividades que describa el tipo de actividades formativas a realizar, la distribución y duración, la descripción de los resultados esperados, el medio de evaluación y el presupuesto requerido para ello.

Por lo regular, en las empresas el departamento de recursos humanos es quién se encarga de elaborar los planes de capacitación, debido a que son quienes realizan las evaluaciones de desempeño. En las empresas pequeñas que no cuentan con este tipo de departamento, los gerentes se encargan de subcontratar empresas que se dedican especialmente a estas tareas, aunque en

algunos casos son los mismos gerentes quienes se encargan de elaborar el plan de capacitaciones, dependiendo también de sus competencias.

7.6.2. Módulos de capacitación

Cuando la capacitación abarca varios temas y diferentes actividades, se pueden utilizar módulos de capacitación que ayudan a organizar mejor la información para que al presentarla sea más ordenada y efectiva. Los módulos pueden trabajarse de diferentes formas: virtuales, presenciales, teóricos o prácticos, dependiendo las necesidades a cubrir y, por tanto, los objetivos a cumplir. Por esta razón, en un plan de capacitación se debe especificar el contenido de cada módulo y la forma de trabajarlo.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Industria de bebidas carbonatadas

1.2 Embotelladoras

1.2.1 Organización

1.2.2 Materias primas

1.2.3 Proceso productivo

1.3 Conceptos para la estandarización

1.4 Medición de ácido fosfórico

1.5 Método de calibrado

1.5.1 Método de calibrado por patrón externo

1.5.2 Método de adición estándar

1.6 Capacitación

1.6.1 Plan de capacitación

1.6.2 Módulos de capacitación

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Estandarización del método

2.1.1 Instrumentación

2.1.2 Secuencia operativa

2.1.2.1 Inspección inicial

2.1.2.2 Toma de muestra

2.1.2.3 Adición de reactivos

2.1.2.4 Homogenización de la muestra

2.1.2.5 Aforo

2.1.2.6 Lectura de la ABS.

2.1.3 Aprobación del *Bach*

2.2 Capacitación de analistas

2.2.1 Módulo teórico

2.2.2 Módulo práctico

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APENDICES

9. METODOLOGÍA

Dentro de la metodología se toma en cuenta las características del estudio, la unidad de análisis y las variables de estudio, las cuales son descritas a detalle.

9.1. Enfoque

El enfoque del estudio propuesto es mixto, ya que se realiza un estudio cuantitativo en cuanto a los tiempos que los analistas utilizan para la medición del ácido fosfórico de cada *batch* de jarabe, mientras que el estudio del desarrollo del proceso es cualitativo y como se necesita el control de ambos para la estandarización el enfoque es mixto.

9.2. Diseño

El diseño adoptado es no experimental, pues la información a utilizar para la estandarización del método de medición de ácido fosfórico en bebidas carbonatadas se pretende analizar en su estado original, sin ninguna manipulación; además es longitudinal puesto que es necesario observar la secuencia operativa de los analistas en diferentes intervalos de tiempo para definir una secuencia operativa óptima.

9.3. Alcance

El alcance es descriptivo dado que se describe el método utilizado para la medición, buscando que todos los analistas apliquen la misma secuencia de

operaciones que les permita nivelar los tiempos de liberación del jarabe al departamento de producción.

9.4. Unidades de análisis

La población en estudio será la totalidad de analistas del departamento de control que se encuentren laborando durante el mes de agosto de 2021, tiempo en que se realizará la investigación; de mantenerse la cantidad actual de analistas, se espera capacitar a 20 personas.

9.5. Variables

Las variables en estudio se describen en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla I. Matriz de coherencia

Objetivo	Nombre de la variable	Tipo de variable	Definición teórica	Definición Operativa	Indicador
Establecer una metodología para medición de ácido fosfórico capaz de brindar resultados con ± 0.25 % de desviación.	Establecimiento del método de análisis de ácido fosfórico	Cuantitativa dependiente	Duración de cada medición realizada por un analista	Cronometraje de la duración en minutos de cada medición	Cantidad de mediciones realizadas por analista
Elaborar un programa de calibración y mantenimiento del 100 % de los equipos utilizados en el análisis de ácido fosfórico.	Instrumentación	Cualitativa independiente	Tipos de instrumentos utilizados para la medición de ácido fosfórico	Inspección de la instrumentación utilizada por cada analista	Estado de la instrumentación en cada estación
Capacitar al personal encargado de realizar el análisis de ácido fosfórico para que los resultados obtenidos cumplan con un cpk mayor a 1.33	Secuencia operativa	Cualitativa independiente	Cantidad y tipo de operaciones realizadas durante el proceso	Observación directa de las operaciones realizadas en cada medición	Diferenciación de operaciones realizadas entre analistas

Fuente: elaboración propia.

9.6. Fases del estudio

El estudio se divide en seis fases, de acuerdo con el tipo de actividades a realizar, las cuales se describen a continuación de forma general.

9.6.1. Fase 1

Revisión de literatura. Investigación de los conceptos, definiciones, métodos relacionados con la estandarización del método de medición de ácido fosfórico en bebidas carbonatadas, con una duración de cuatro semanas.

9.6.2. Fase 2

Gestión o recolección de la información. Observación directa de las mediciones realizadas por los analistas, utilizando una lista de cotejo como instrumento de recolección de datos, cronometrando la duración de cada medición, el tipo y cantidad de operaciones realizadas en cada medición; además de inspeccionar la instrumentación utilizada para ello. La duración de esta fase es de 5 semanas, dejando cuatro semanas para trabajo de campo y una semana para la tabulación de datos.

9.6.3. Fase 3

Análisis de información. Se establece una semana para el análisis comparativo de tiempos, tipos y cantidad de operaciones por medición y el estado de la instrumentación.

9.6.4. Fase 4

Estandarización del método de medición. Se establece un tiempo promedio ideal, una secuencia operativa óptima y se realizan fichas de actualización de estado de la instrumentación. La duración de esta fase es de aproximadamente dos semanas.

9.6.5. Fase 5

Capacitación. Se proporciona capacitación a los analistas de la embotelladora respecto al método estandarizado. Presentando un módulo teórico con duración de cuatro horas y uno práctico con duración de 16 horas dividido en 4 días para facilitar su aprendizaje y desarrollo de habilidades. La duración total será de 2 semanas.

9.6.6. Fase 6

Discusión de resultados. Se da a conocer los resultados de la estandarización que se propone, analizando los diferentes aspectos involucrados en las mediciones, así como las ventajas y posibles desventajas de la investigación. Duración estimada 2 semanas.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis de información que se utilizan en la investigación son las siguientes:

- Series de tiempo: se aplicará esta técnica para ordenar los datos obtenidos en la fase dos, enfocado principalmente a las mediciones realizadas por los analistas y calcular la variabilidad.
- Cpk: para la embotelladora el Cpk es un índice de capacidad real. La empresa tiene definido un índice de capacidad potencial que compara la amplitud de variación permitida por las especificaciones en la amplitud de variación entre los límites de tolerancia naturales del proceso, el cual al compararse con el índice de cpk real debe ser igual o mayor a 1.33.
 - Cuando un $Cpk \geq 1.33$ el proceso es capaz de cumplir consistentemente con las especificaciones de la empresa
 - Cuando un $Cpk < 1.33$ el proceso no es capaz de cumplir consistentemente con las especificaciones de la empresa, por lo que el equipo no puede utilizarse para producir bebidas.

Los resultados que se obtengan de tipo cualitativo se presentarán en tablas comparativas, mientras que los resultados de tipo cuantitativo se presentarán en gráficas que permitan visualizar mejor los resultados.

11. CRONOGRAMA

La organización cronológica del proceso de solución que se ha planteado se organiza por semanas, abarcando un total de 21 semanas que equivalen a 5 meses aproximadamente.

Tabla II. Cronograma de actividades

Nombre de Tarea	Agosto				Septiembre					Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Desarrollo de Trabajo de Graduación																					
Fase 1																					
Revisión de Literatura																					
Fase 2																					
Recolección de la información																					
Tabulación de datos																					
Fase 3																					
Análisis de la información																					
Fase 4																					
Estandarización del método de medición																					
Fase 5																					
Capacitación																					
Fase 6																					
Discusión de resultados																					
Redacción de conclusiones																					
Redacción de recomendaciones																					
Redacción de informe final																					

Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Al analizar la factibilidad del estudio, se consideran los recursos humanos, financieros, tecnológicos, acceso a información, permisos, materiales, equipo e infraestructura entre otros. Los recursos para la estandarización de un método de análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola por espectrofotometría que se propone serán proporcionados por la embotelladora en la cual se realiza el estudio, por lo que los costos asociados a dichos recursos serán cubiertos en su totalidad por la embotelladora, lo que implica que la realización del estudio es factible en un 100 %. En la siguiente tabla se presenta la cuantificación del costo de los recursos necesarios, que conforman el presupuesto como tal.

Tabla III. **Presupuesto**

Recurso	Cantidad a utilizar	Costo	Costo total
Reactivos patrón para realizar análisis de ácido fosfórico	4 litros	Q. 400,00	Q. 1 600,00
Reactivo No. 2 para realizar análisis de ácido fosfórico	4 litros	Q. 350,00	Q. 1 400,00
Reactivo No. 3 para realizar análisis de ácido fosfórico	4 litros	Q. 450,00	Q. 1 800,00
Reactivo No. 4 para realizar análisis de ácido fosfórico	4 litros	Q. 350,00	Q. 1 400,00
Pipetas	4	Q. 50,00	Q. 200,00
Dispensadores	4	Q. 600,00	Q. 2 400,00
Espectrofotómetro	1	Q. 40 000,00	Q. 40 000,00
Celdas de cuarzo	2	Q. 5 000,00	Q. 10 000,00
Asistentes de laboratorio	4	Q. 500,00	Q. 2 500,00
TOTAL			Q. 61 300,00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

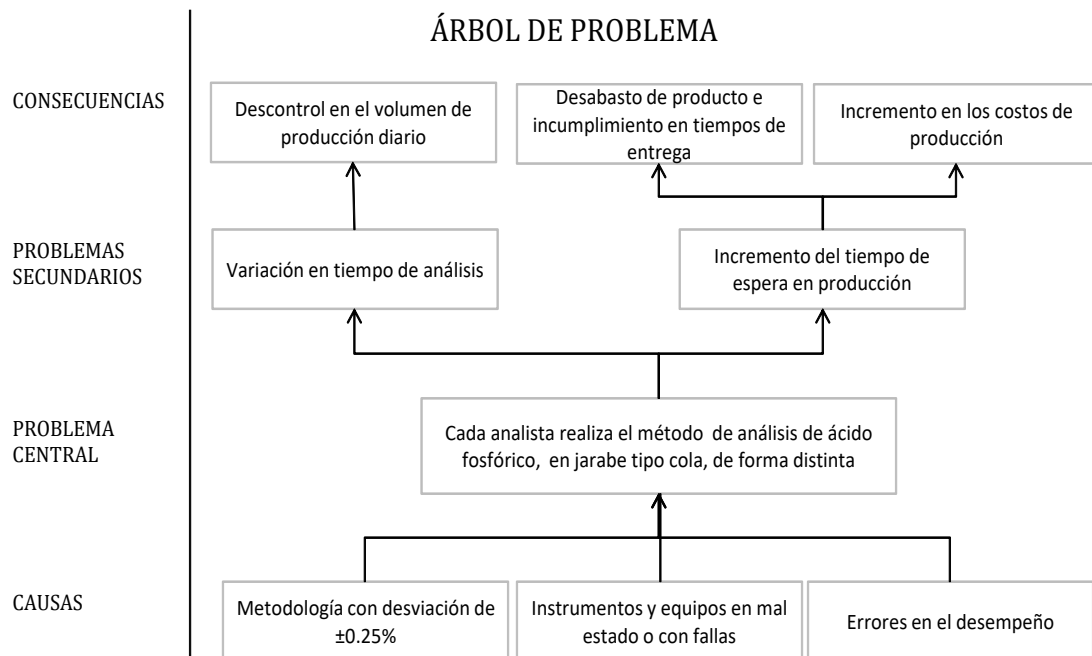
1. Cáñez, G. (abril, 2016). Validación de un método analítico para la determinación de fósforo por espectrofotometría. *Biotecnia, revista de ciencias biológicas y de la salud*, XVII (1), p. 32-39. Recuperado de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/viewFile/15/14>
2. Castañeda, J. (2018). *Propuesta de un plan ambiental para la conservación de energía y reutilización de materiales residuales de producción en el proceso de embotellado en vidrio*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
3. Cavazos, N., Zárate, L. y Torres, E. (2001). Determinación de fósforo y cafeína en bebidas de cola. *Revistas UNAM, Educación química*, 1 (2), p. 116-120. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66358/58269>
4. *Espectrofotómetro: ¿Qué es y para que se utiliza?* (s.f.). Recuperado de: <https://instrumentosdemedicion.org/general/espectrofotometro/>.
5. García, G. (2017). Daños a la salud por consumo adictivo de Coca cola. *Revista del Hospital Psiquiátrico de La Habana*, 14 (3). 1-14
6. Gómez, I. (2018). *Acidulantes fundamentales en la industria alimentaria*. Recuperado de: <https://www.agrolab.com/es/actualidades/1390>.

7. Guevara, A. (2016). *Bebidas carbonatadas*. Lima, Perú: Centro de Investigación y Capacitación en Tecnología Alimentaria y Agroindustrial.
8. Horna, G. (2019). *Mejora en la línea de producción de bebidas gasificadas de una embotelladora para disminuir las pérdidas económicas por desperdicios*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú.
9. López, M. (2019). *Determinación de fosfato mediante análisis por inyección en flujo*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Politécnica de Madrid, España.
10. Maticorena, L. (2016). *Elaboración de una bebida carbonatada de algarrobina*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Piura, Perú.
11. Parra, C. y Rodríguez, F. (2016). *La capacitación y su efecto en la calidad dentro de las organizaciones*. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 6 (2), 131-143.
12. Pusey, J. (2020). *Diseño de un método de control de calidad para prevenir la oxidación de bebidas carbonatadas tipo cola previo a su fecha de expiración empacadas en pet transparente producidas en una embotelladora de Guatemala*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
13. Revista Summa. (2010). *Nueve empresas se reparten mercado de las gaseosas en Guatemala*. Recuperado de: <https://revistasumma.com/6657>.

14. Universidad Pablo de Olavide (2004). Práctica 1: determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría. Sevilla: UPO.

14. APENDICES

Apéndice 1. **Árbol del problema**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Lista de cotejo o verificación del proceso**

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO		
LISTA DE VERIFICACIÓN <i>Proceso</i>			
Nombre del analista: _____			
Hora de inicio: _____ Hora de finalización: _____			
No.	Pregunta	Sí	No
1	¿El analista limpia toda la cristalería antes de usarla?		
2	¿El analista verifica que el equipo esté calibrado?		
3	¿El analista atempera las soluciones durante 30 minutos?		
4	¿El analista enciende el espectrofotómetro 30 minutos antes de utilizarlo?		
5	¿El analista afora correctamente las pipetas?		
6	¿El analista afora correctamente los balones?		
7	¿El analista espera que la solución No.2 reaccione por 10 minutos exactos?		
8	¿El analista desgasifica durante 10 segundos la muestra?		
9	¿El analista coloca la longitud de onda correcta en el espectrofotómetro?		
10	¿El analista llena correctamente la celda?		
11	¿El analista manipula la celda por las partes esmeriladas?		
% Desviación: _____		Cpk: _____	
Observaciones:			
Nombre y firma del inspector: _____		Fecha de inspección: _____	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Lista de cotejo o verificación de instrumentación**

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO		
		LISTA DE VERIFICACIÓN <i>Instrumentación</i>		
Nombre del analista: _____				
Número de estación: _____ Fecha de inspección: _____				
No.	Nombre del equipo o instrumento de inspección	Buen estado	Mal estado	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
Recomendaciones:				
Nombre del inspector:			Firma de inspector:	

Fuente: elaboración propia.