



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**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**

Inga. Karla Lourdes Bravo Figueroa

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

Guatemala, agosto de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**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

INGA. KARLA LOURDES BRAVO FIGUEROA

ASESORADO POR LA MA. INGA. MARÍA ALEJANDRA ESTRADA SANTIZO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova 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
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Javier Fidelino García Tetzaguic
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:

**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 la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 24 de julio del 2021.



Inga. Karla Lourdes Bravo Figueroa

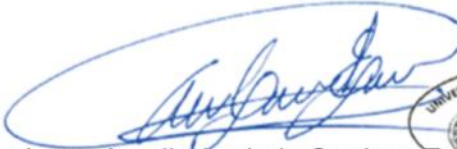


Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.569.2022

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación 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: **Karla Lourdes Bravo Figueroa**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión Industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, agosto de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, agosto de 2022

LNG.EEP.OI.569.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación 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 **Karla Lourdes Bravo Figueroa** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Colí

Director

**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**





Guatemala 04 de noviembre 2021

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el Informe Final y Artículo Científico 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”** del estudiante **KARLA LOURDES BRAVO FIGUEROA** quien se identifica con número de carné **200815549** del programa de **Maestría en Gestión Industrial**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,



MSc.Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador
Maestría en Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 15 de octubre de 2021

Ingeniero M.Sc. Edgar Dario Álvarez Cotí
Director Escuela de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguido Maestro Álvarez Cotí:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y aprobado el informe final de la estudiante Karla Lourdes Bravo Figueroa, carné No. 200815549, cuyo título es **"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"**, para optar al grado académico de Maestro en Gestión Industrial.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,


M.A. Ing. Qco. María Alejandra Estrada Santizo
Asesor

INGA. MARIA ALEJANDRA ESTRADA SANTIZO
COLEGIADO No. 2,275

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 la 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, por su amor y apoyo en cada momento de mi vida.
Mi familia	Por su cariño, cuidados y consejos a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi universidad	La universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi <i>alma máter</i> , fuente de mis conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por la formación que me ha brindado.
Roberto Fuentes	Por ser una guía en mi camino, por la paciencia y apoyo que me has 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
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS	XVII
RESUMEN MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Industria de bebidas carbonatadas.....	7
2.2. Embotelladoras.....	7
2.2.1. Organización	9
2.2.2. Materias primas.....	10
2.3. Conceptos básicos para la estandarización	11
2.4. Medición de ácido fosfórico.....	13
2.5. Calibración	13
2.5.1. Método de calibrado con patrón externo.....	13
2.5.2. Medición de patrón con muestras estándar	14
2.6. Capacitación	15
2.6.1. Plan de capacitación	15
2.6.2. Módulos de capacitación	16

3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1.	Fase 1	18
3.2.	Fase 2	19
3.3.	Fase 3	22
3.4.	Fase 4	23
3.5.	Fase 5	24
3.6.	Fase 6	26
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	27
4.1.	Estandarización del método	27
4.1.1.	Instrumentación.....	29
4.1.2.	Secuencia operativa.....	31
4.1.2.1.	Inspección inicial	33
4.1.2.2.	Toma de muestra	34
4.1.2.3.	Adición de reactivos	35
4.1.2.4.	Homogeneización de la muestra	36
4.1.2.5.	Aforo.....	36
4.1.2.6.	Lectura de la Abs.....	37
4.1.3.	Aprobación del <i>batch</i>	38
4.2.	Calibración de equipos.....	39
4.2.1.	Identificación de equipos	39
4.2.2.	Programa de calibración y mantenimiento.....	40
4.3.	Capacitación de analistas	42
4.3.1.	Módulo teórico.....	42
4.3.2.	Módulo práctico.....	44
4.3.3.	Evaluación de la capacitación	47
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
5.1.	Resultados esperados.....	52

5.2.	Beneficios	55
5.3.	Factores de influencia	56
5.4.	Análisis de la evaluación de la capacitación	57
5.5.	Análisis externo	57
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES		61
REFERENCIAS		63
APÉNDICES		67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Espectrofotómetro	12
2.	Recta de calibrado a partir de patrones externos.....	14
3.	Desarrollo de la investigación por fases	17
4.	Lista de cotejo o verificación del proceso	20
5.	Lista de cotejo o verificación de instrumentación	21
6.	Diagrama secuencia operativa.....	33
7.	Homogeneización de muestra	36
8.	Balones aforados.....	37
9.	Capacitación, módulo práctico	45
10.	Valoración de la capacitación.....	48

TABLAS

I.	Operacionalización de variables	XX
II.	Control de calibración y mantenimiento.....	41
III.	Formato para el registro de capacitación del módulo teórico	43
IV.	Formato para el registro de capacitación del módulo práctico	46
V.	Evaluación de capacitación.....	47
VI.	Kit de análisis.....	51
VII.	Registro de mediciones grupo A	53
VIII.	Registro de mediciones grupo B	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\pm$	Más / menos, indica un rango de variación
$\geq$	Mayor o igual que
$<$	Menos que
m	Metro
ppm	Partes por millón
%	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 ión.
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.

Indicador	Elemento de medida de rendimiento cuantificable aplicado a la gestión que permiten evaluar los resultados y el desempeño en uno o varios procesos.
Inspección	Examen visual del sistema o parte de este para verificar que está en condiciones de operar y libre de daño físico.
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 presentaron 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 pudo determinar que el principal problema era que los analistas realizaban el análisis de ácido fosfórico de forma distinta, por lo que el tiempo de liberación era 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 logró identificar y describir las operaciones, 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 propuso, 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.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se presenta el planteamiento del problema que se estudió con el fin de analizar las opciones disponibles para poder presentar una solución.

- Contexto general del problema

El problema se originó en una embotelladora multinacional ubicada en la ciudad de Guatemala, en la cual se incrementaron 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 demostró que, de los analistas que se encargaban de liberar el jarabe hacia el Departamento de Producción, los que tenían experiencia de 5 años o más, demoraban aproximadamente 50 minutos realizando el respectivo análisis, mientras que los que tenían experiencia de 1 año o menos podían demorar hasta 90 minutos para realizar el mismo análisis.

Debido a lo anterior la empresa decidió 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.

- Descripción del problema

La liberación de jarabe terminado por cualquier analista debe ser capaz de proporcionar ± 2.50 % 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.

- 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 ± 2.50 % 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?
- Delimitación del problema

El estudio se realizó en la sala de elaboración de jarabe tipo cola, de una embotelladora ubicada en la Ciudad de Guatemala, durante los meses de agosto y septiembre del 2021; utilizando la maquinaria, equipo e instrumentación de la empresa.

OBJETIVOS

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.

Específicos

- Establecer una metodología para medición de ácido fosfórico capaz de brindar resultados con ± 2.50 % 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.

RESUMEN MARCO METODOLÓGICO

- Enfoque

El enfoque del estudio propuesto es mixto ya que se realizó 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.

- Diseño

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

- Alcance

El alcance es descriptivo dado que se describió el método utilizado para la medición, buscando que todos los analistas aplicaran la misma secuencia de operaciones para nivelar los tiempos de liberación del jarabe al departamento de producción.

- Variables

La cantidad de mediciones realizadas por analista, el estado de la instrumentación en cada estación y la diferenciación de operaciones realizadas entre analistas se establecieron como indicadores del estudio, con base en las variables definidas; tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla I. **Operacionalización de variables**

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 $\pm 2.50\%$ 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, empleando Microsoft Excel.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación se centra en la sistematización de un proceso, por medio de la estandarización del método de análisis de jarabe terminado por espectrofotometría en una empresa de bebidas carbonatadas ubicada en la Ciudad de Guatemala, con el fin de agilizar el análisis y disminuir la variabilidad en los resultados.

El problema que se detectó en la embotelladora era el aumento de quejas del área de producción por la inadecuada liberación del jarabe terminado, lo cual se reflejaba en tiempo perdido y reproceso de jarabe principalmente; siendo importante encontrar una solución que permitiera que el análisis de ácido fosfórico se realizará de forma adecuada.

Para darle solución al problema se propuso llevar a cabo la estandarización del método de liberación de jarabe terminado realizando el análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, para lo cual se desarrolló una metodología que permite proporcionar resultados confiables, pudiendo ser comprobado con un estudio de capacidad de proceso.

Los recursos para llevar a cabo las actividades que se propusieron, fueron brindados por la embotelladora en donde se realizó la investigación, poniendo a disposición las instalaciones para realizar los análisis, así como el material necesario, incluyendo instrumentos de laboratorio, reactivos y muestras de jarabe. También se asignó el tiempo necesario para la difusión del método desarrollado al recurso humano correspondiente.

El informe final de investigación está conformado por cinco capítulos. El primer capítulo corresponde a los antecedentes de la investigación que se analizaron con el fin de recabar información que pudiera ser relevante en cuanto a las herramientas, técnicas o enfoques que se han utilizado. El segundo capítulo contiene el marco teórico, que complementa la información que se necesita para comprender y abarcar el tema más ampliamente.

En el tercer capítulo se describe la forma en que se desarrolla la investigación, ordenando las actividades por fases. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos con las actividades planteadas y por último en el quinto capítulo se discuten los beneficios obtenidos, así como los factores de influencia durante la investigación.

1. ANTECEDENTES

En la estandarización de un método que permita medir el ácido fosfórico en bebidas carbonatadas, se consideró importante el análisis de estudios similares ya que aportan información relevante en cuanto a las herramientas, técnicas o enfoques que se han utilizado, ampliando los conocimientos a aplicar. El análisis de antecedentes de la investigación también ha servido de referencia en cuanto a la forma en que se pueden abordar los obstáculos o discrepancias que se encuentren durante el proceso investigativo.

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.

Argueta (2016) en su investigación hace referencia al diseño de mediciones repetidas con un solo factor como herramienta para realizar análisis de varianza, explicando que al tener una variable definida se realizan mediciones sobre cada individuo en diferentes ocasiones.

Las herramientas analizadas por Argueta (2016) para su investigación, resultan útiles para el estudio de la varianza en la secuencia operativa que permite estandarizar el proceso de medición de ácido fosfórico, ya que incentiva a validar las operaciones que cada analista desarrolla con el mismo método en distintas ocasiones, tomando en cuenta también las condiciones de cada estación de trabajo en cuanto a la instrumentación disponible.

Cáñez (2016) también recalca la trascendencia de establecer parámetros analíticos para incrementar la confiabilidad de los resultados, pero en su caso, enfocados en la cantidad. 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 los elementos a utilizar y cómo hacerlo.

Otras investigaciones analizadas, aportan información sobre la importancia de la estandarización de procesos. Por ejemplo, Chapoñan (2018) en su investigación, da a conocer varias repercusiones por falta de un procedimiento operativo estándar en la etapa de proceso de elaboración de jarabe simple para gaseosas, entre ellos se encuentran excesos en tiempos de elaboración y consumo excesivo de vapor. Como se puede observar en estas investigaciones, la falta de estandarización afecta no solo el área donde se lleva a cabo cada proceso, sino que repercute en las demás áreas de la empresa en cuanto al flujo de operaciones, los costos, la capacidad productiva, entre otros.

El control en los procesos es considerado como indispensable para la consecución de la calidad en los productos, según Ramírez (2017), siendo necesario establecer parámetros de control, para luego documentar las variabilidades y sus causas; ya que éstas pueden ser utilizadas para proyectos de mejora que contribuyan a la calidad de los productos o servicios de una empresa. El análisis de esta investigación permite establecer indicadores de variabilidad para ejercer un control en el proceso de medición de ácido fosfórico en el jarabe, previo a liberarlo para su envase en el área de producción.

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. 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 Carbazos, Zárate y Torres (2017), quienes utilizar el método espectrofotométrico para determinar la cantidad de fósforo en bebidas cola, incluyendo en su artículo 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 capacidad 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.

Sin embargo, al impartir una capacitación es necesario documentar el proceso, incluyendo las actividades a realizar, la duración de las actividades, las técnicas de enseñanza-aprendizaje y los datos de los participantes, entre otros. También es importante darle seguimiento a la capacitación según Ghiglione (2015), puesto que de esto depende determinar si la capacitación cumple su objetivo o si es necesario programar una nueva capacitación y cambiar de técnicas.

2. 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.

2.1. Industria de bebidas carbonatadas

De acuerdo con Castañeda (2018), la industria de bebidas carbonatadas da inicio gracias a John Matthews, quien inventa un aparato para mezclar agua con gas de dióxido de carbono a la cual se le puede agregar saborizantes, esto se lleva a cabo en la ciudad de Nueva York, por el año 1832. 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 solo limita al llenado y taponamiento 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.

2.2. Embotelladoras

Para describir lo que es una embotelladora se hace referencia a la definición dada por Pusey (2020), quien 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 (CaboCorp), Salvavidas
- Ajemaya (que produce la marca Big Cola)
- San Bernardino
- Envaisa (que maquina gaseosas de marcas privadas como Sabemás)
- Indica Quiché, en Quiché
- Fersan, S.A., en Escuintla
- El Manantial, en Huehuetenango

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

Cabe mencionar que estas empresas generan cientos de empleos en el país y buscan contribuir de diferentes formas con el desarrollo socioeconómico de Guatemala.

2.2.1. Organización

Las embotelladoras se organizan según sus necesidades, políticas y conveniencias propias, de acuerdo con Castañeda (2018) “La industria embotelladora diseña sistemas empresariales que permiten alcanzar las metas y objetivos propuestos por la alta gerencia, creando subsistemas interrelacionados para el cumplimiento de funciones específicas y especializadas con el fin de lograr mayor eficiencia en las operaciones” (p. 6).

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 a los límites establecidos. Para las bebidas carbonatadas estos límites se definen de acuerdo a 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.

2.2.2. Materias primas

Las materias primas para la elaboración de bebidas carbonatadas varían conforme 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 tartáricos dependiendo del tipo de bebidas 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 el 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.

De acuerdo con Horna (2019) el agua debe tratarse química y bacteriológicamente para cumplir con los estándares de calidad de este componente y del producto final, principalmente por ser el componente mayoritario.

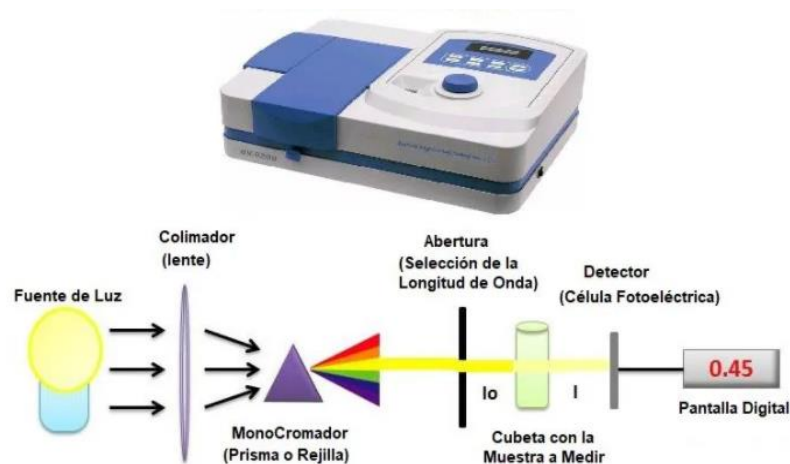
2.3. Conceptos básicos para la estandarización

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

- Jarabe tipo cola: es el insumo base para la elaboración de gaseosas tipo cola que se obtiene al mezclar agua tratada con saborizantes, ácidos, colorantes, azúcar y preservantes. El jarabe debe contener proporciones exactas de sus componentes, por lo que cada lote es analizado por control de calidad, antes de ser liberado a los tanques de llenado en producción.
- Ácido fosfórico: es uno de los componentes del jarabe que debe ser agregado en proporciones controladas según la fórmula de la bebida por ser un compuesto químico. Se utiliza en la industria de bebidas carbonatadas para mejorar la absorción del dióxido de carbono, reducir la presión que genera este componente y facilitar el embotellado del producto.
- 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 Labert y Beer: se refiere a la absorción de luz de una sustancia en relación a 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 que es 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 1. **Espectrofotómetro**



Fuente: Instrumentos de medición. (2021). *Espectrofotómetro: ¿Qué es y para qué se utiliza?*.

Consultado el 12 de julio de 2021. Recuperado de
<https://instrumentosdemedicion.org/general/espectrofotometro/>.

2.4. Medición de ácido fosfórico

Para realizar la medición de ácido fosfórico es necesario establecer los aparatos, instrumentos 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

2.5. 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.

2.5.1. Método de calibrado con patrón externo

Este es un método analítico sobre una muestra patrón con concentraciones conocidas de analito, en el cual se tiene que preparar una disolución en blanco, que ha de contener la matriz. La matriz se refiere a todos los reactivos y disolventes de la muestra, sin incluir el analito de interés.

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. (UPO, 2004, p. 4)

2.5.2. 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 2. Recta de calibrado a partir de patrones externos



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

2.6. 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.

2.6.1. 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.

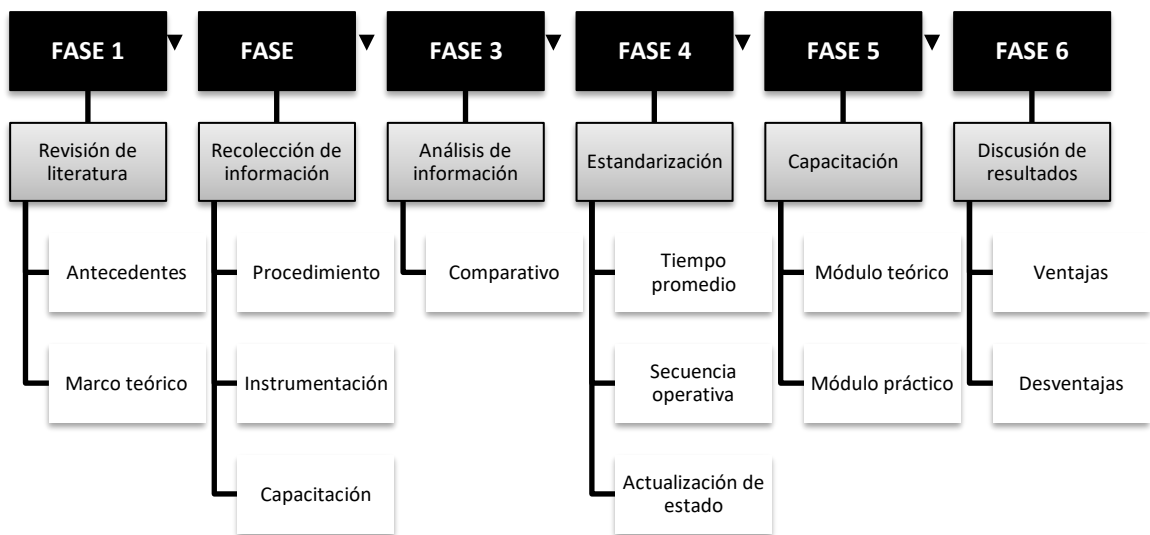
2.6.2. Módulos de capacitación

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.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló por fases, agrupando las actividades conforme a la información a obtener con ellas. A continuación, se presenta un esquema de las fases de la investigación.

Figura 3. Desarrollo de la investigación por fases



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Con base en el esquema anterior, a continuación, se describen las actividades que se realizaron en cada una de las seis fases en las que se dividió la investigación.

3.1. Fase 1

Las actividades de la primera fase se centraron en la revisión de literatura que pudiera proporcionar información orientadora, la información recabada ha sido agrupada y presentada de la siguiente manera:

- Antecedentes: el análisis de esta información se incluye en el primer capítulo del presente documento, entre la literatura que fue revisada para los antecedentes están artículos y publicaciones en línea, revistas, tesis o trabajos de posgrado con potencial de brindar una dirección en cuanto a las herramientas, técnicas y enfoques a utilizar; se buscó información que tuviera relación con:
 - El proceso de estandarización de métodos de análisis
 - Métodos de análisis de ácido fosfórico
 - Análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría
 - Análisis de ácido fosfórico en bebidas carbonatadas
 - Capacitación de personal
- Marco teórico: información que se da a conocer en el segundo capítulo del presente documento, algunos temas se presentan de forma textual y otros se exponen desde la percepción propia. La literatura revisada para el marco teórico brinda información sobre los fundamentos teóricos y conocimientos a aplicar durante la investigación para la estandarización de un método de análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola por espectrofotometría, la cual va desde lo más generalizado en cuanto al campo de aplicación, hasta lo más específico como la descripción de leyes y métodos a utilizar.

- Todos los libros de texto, artículos, tesis, publicaciones y artículos utilizados en la primera fase se incluyen en la bibliografía.
- El tiempo programado para llevar a cabo esta fase fue de cuatro semanas, el cual se cumplió sin contratiempos.

3.2. Fase 2

Como parte de esta fase se llevó a cabo la gestión y recolección de la información del proceso de análisis de ácido fosfórico e instrumentación utilizada. Entre las actividades agrupadas en esta fase se tienen las siguientes:

- Autorización: se solicitó autorización en la embotelladora donde se llevó a cabo la investigación para poder realizar visitas técnicas durante cuatro semanas con acceso a las estaciones de análisis.
- Elaboración de instrumentos: se elaboraron dos listas de cotejo como instrumentos de recolección.
 - Lista de cotejo o verificación del proceso: toma en cuenta las operaciones básicas dentro del proceso de análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola, así como el tiempo promedio estimado para ellas. Esta lista se presenta en la figura 4.
 - Lista de cotejo o verificación de instrumentación: busca identificar los equipos o instrumentos que se utilizan para realizar el análisis de ácido fosfórico en cada estación, así como su estado. Esta lista se presenta en la figura 5.

Figura 4. 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	Si	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, empleando Microsoft Excel.

Figura 5. 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, empleando Microsoft Excel.

- Visitas técnicas: son actividades que se programaron para poder observar directamente el objeto de estudio y recopilar información de la fuente, los aspectos a considerar en las visitas técnicas son:
 - El procedimiento: con el fin de estandarizar el método de análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola, se procedió a observar, cronometrar y definir las operaciones del proceso durante las visitas técnicas.
 - La instrumentación: siendo un factor que puede afectar la exactitud de los resultados de análisis, se hizo necesario inspeccionar el equipo e instrumentos utilizados en cada estación de análisis para identificar las características y estado de estos.
 - La capacitación: tomando en cuenta que el desempeño de los analistas también es un factor influyente en la exactitud y tiempo de los resultados de análisis, se realizó un análisis de los aspectos a mejorar para poder incluirlos en los módulos de capacitación.
- La duración de esta fase fue de cinco semanas, utilizando una semana para la autorización y elaboración de instrumentos, tres semanas para las visitas técnicas y una semana para la tabulación de datos.

3.3. Fase 3

Como parte de esta fase se llevó a cabo el análisis de la información recopilada en la fase anterior y el resultado de ambas fases se presenta en el capítulo 4 del presente documento. Entre las actividades agrupadas en esta fase se tienen las siguientes:

- Análisis del proceso: de tipo comparativo en cuanto a tiempo, tipos y cantidad de operaciones que realizó cada analista por lote y luego un comparativo entre analistas.
- Análisis de instrumentación: se realizó un análisis del equipo e instrumentos con el que se cuenta en cada estación, verificando las diferencias entre ellos en cuanto a la cantidad, tipo y estado.
- La duración de esta fase fue de una semana, puesto que ya se tienen tabulados los datos.

3.4. Fase 4

Con base en el análisis de la fase anterior, se realiza la estandarización del método de medición, estableciendo para ello lo siguiente:

- Tiempo promedio ideal: este tiempo se definió con base en los resultados del análisis del proceso por analista y entre analistas.
- Secuencia operativa óptima: con base en el análisis de las operaciones, se identificaron las operaciones que son fundamentales para el análisis de ácido fosfórico y la secuencia con que deben realizarse.
- Fichas de actualización de estado de la instrumentación: tomando en cuenta la necesidad de que el equipo y los instrumentos que se utilizan en cada estación estén en buen estado, se crean las fichas de actualización de estado, las cuales se dejan en cada estación para que cualquier anomalía pueda ser reportada y tratada a tiempo con el fin de que no se afecte el proceso.

- Documentación: el tiempo promedio, la secuencia operativa óptima y las fichas de actualización se documentaron, es decir, se elaboró un documento para que los analistas actuales o futuros puedan comprender cómo realizar el análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, creando una copia para archivo que pueda reproducirse cuantas veces sea necesario.
- Esta fase tuvo una duración total de dos semanas, debido a la documentación.

3.5. Fase 5

Con base en la información de todas las fases anteriores, se propuso una capacitación para los analistas de la embotelladora, las actividades que se realizaron como parte de esta fase son:

- Integración de grupos: para no afectar las actividades diarias, el total de analistas de la embotelladora se dividió en dos grupos, el grupo A se capacitó en la semana 1 por la mañana y el grupo B se capacitó en la semana 2 por la tarde.
- Módulo teórico: en este módulo, a los analistas de la embotelladora, se les proporcionó un documento con la estandarización del método de análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola por espectrofotometría y se les explicó cada uno de los aspectos que se tomaron en cuenta en la estandarización, la importancia de la exactitud en el análisis y la influencia del buen desempeño individual en las operaciones generales de la empresa.

- Duración: cuatro horas
- Lugar: sala de juntas de la embotelladora
- Programación: lunes 6/09/2021 y lunes 13/09/2021
- Material de apoyo: documento de estandarización
- Temas a abordar:
 - Aspectos importantes de la estandarización
 - Factores que influyen en la exactitud
 - Repercusiones del desempeño individual en la empresa
- Módulo práctico: en este módulo los analistas pudieron complementar la información recibida en el módulo teórico, con la aplicación en sus respectivas estaciones de trabajo.
 - Duración: dieciséis horas
 - Lugar: área de análisis
 - Programación: del 7/09/21 al 10/09/21 y del 14/09/21 al 17/09/21
 - Material de apoyo: documento de estandarización
 - Temas a abordar:
 - Día 1: Orden y limpieza en la estación de análisis
 - Día 2: Secuencia operativa y autocontrol de tiempos
 - Día 3: Uso de fichas de actualización
 - Día 4: Evaluación de capacitación
- Esta fase se programó por horas, las cuales fueron distribuidas a lo largo de dos semanas, tiempo que se cumplió según lo programado.
- El resultado de esta fase y la anterior se presenta en el capítulo cuatro del presente documento.

3.6. Fase 6

En esta fase se lleva a cabo la discusión de resultados, la cual se consolida en el último capítulo del presente documento, en donde se analizan los diferentes aspectos involucrados en las mediciones, las dificultades encontradas durante cada una de las fases de la investigación, así como las ventajas y desventajas de estandarizar los métodos de análisis de la forma en que se realizó.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Con base en la información recopilada durante las visitas técnicas, se procedió a redactar la presentación de los resultados de las diferentes actividades programadas para:

- Estandarizar el método de análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola por espectrofotometría, centrándose en la instrumentación, secuencia operativa y las bases para aprobación del batch, por ser los factores de mayor impacto en el análisis.
- Procurar que los analistas cuenten con equipo calibrado y en buen estado para realizar los procesos de forma precisa.
- Capacitar a los analistas, respecto al método a utilizar para el análisis de ácido fosfórico desde un enfoque teórico y práctico que complemente sus conocimientos y mejore su desempeño.

Los resultados que se obtuvieron responden a los objetivos planteados para la investigación y todos ellos se presentan de forma ordenada a lo largo del presente capítulo.

4.1. Estandarización del método

El propósito general de la estandarización es establecer una metodología que permita a los analistas agilizar el proceso al determinar el porcentaje de ácido fosfórico en el jarabe tipo cola, con la mayor precisión posible.

El método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría debe ser aplicado por todos los analistas asignados al proceso, tomando en cuenta las especificaciones proporcionadas en el documento de estandarización que se presenta en los apéndices. Dicho documento consta de 4 páginas y contiene:

- Cajetín: es el formato en el que se presenta el documento. Contiene tres celdas en la fila inicial, en la primera se coloca el logo de la USAC, en la celda central el título del documento y en la última celda el número de página. En el centro de cada página, va el contenido del documento. En la última fila, se tiene una celda para el nombre de quien elaboró el documento, en la celda central va el nombre del departamento que autorizó el documento y en la última celda el año de vigencia.
- Introducción: breve explicación del proceso de estandarización y del documento en sí.
- Objetivos: se dan a conocer los objetivos específicos de la estandarización.
- Instrucciones básicas: se plantea una serie de acciones que deben tomarse en cuenta al realizar las operaciones durante el proceso estandarizado.
- Kit de análisis por estación: se enlista la instrumentación a utilizar, los reactivos y otros complementos necesarios para efectuar el análisis de ácido fosfórico en cada estación.
- Documentación: se identifica la documentación requerida y utilizada para realizar el análisis.

- Secuencia operativa óptima: se describen las operaciones a realizar durante el proceso de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría en la secuencia idónea.
- Datos para la curva de calibración: se enlistan las acciones para calibrar el espectrofotómetro.
- Recomendaciones: se plantean algunas recomendaciones para optimizar el proceso.
- Anexos: en el anexo 1 se presenta el diagrama del proceso, el 2 presenta el tiempo promedio ideal, el 3 la ficha de actualización de estado y el formato de la hoja de registro de lotes analizados.

4.1.1. Instrumentación

La instrumentación se refiere a todos los instrumentos, equipos y recipientes que los analistas utilizan para medir, contener o trasladar algo.

De acuerdo con las operaciones a realizar durante el análisis de ácido fosfórico, se verificó que es indispensable el uso de la instrumentación que se describe a continuación:

- Espectrofotómetro: es un instrumento de medición, que al medir la absorbancia en la muestra de jarabe, permite realizar el cálculo del porcentaje de ácido fosfórico tanto en el jarabe tipo cola, como en la bebida terminada. Se requiere un espectrofotómetro por estación de análisis, el cual debe estar calibrado.

- Celda de cuarzo: es un recipiente utilizado para contener muestras líquidas que han de ser analizadas por espectrofotometría; se requieren 2 celdas de cuarzo por estación de análisis, las cuales deben estar limpias y sin daños superficiales para que los resultados de las lecturas espectrofotométricas sean confiables.
- Dispensador de 10 mL: es un instrumento utilizado para dosificar los reactivos con precisión, se requieren como mínimo 3 dispensadores por estación. Debe realizarse una medición prueba al inicio de cada turno para verificar que no existan burbujas de aire o que tenga obstrucciones.
- Pipeta de 10 mL: es un instrumento utilizado para medir y transferir un volumen líquido de un recipiente a otro con precisión, se requieren mínimo 2 pipetas por estación.
- Balón aforado de 100 mL: este es un recipiente de vidrio utilizado para medir el volumen de líquidos, preparar soluciones, disolver compuestos, calentar o enfriar líquidos. En cada estación, se requieren por lo menos 2.
- Beaker de 150 mL: este es un recipiente de vidrio utilizado para medir el volumen de la muestra de jarabe que se analiza en cada estación, por lo que se requiere al menos uno en cada kit.
- Cronómetro: instrumento que permite medir el tiempo de las operaciones y del proceso en sí, se requiere al menos un cronómetro por estación de análisis.

4.1.2. Secuencia operativa

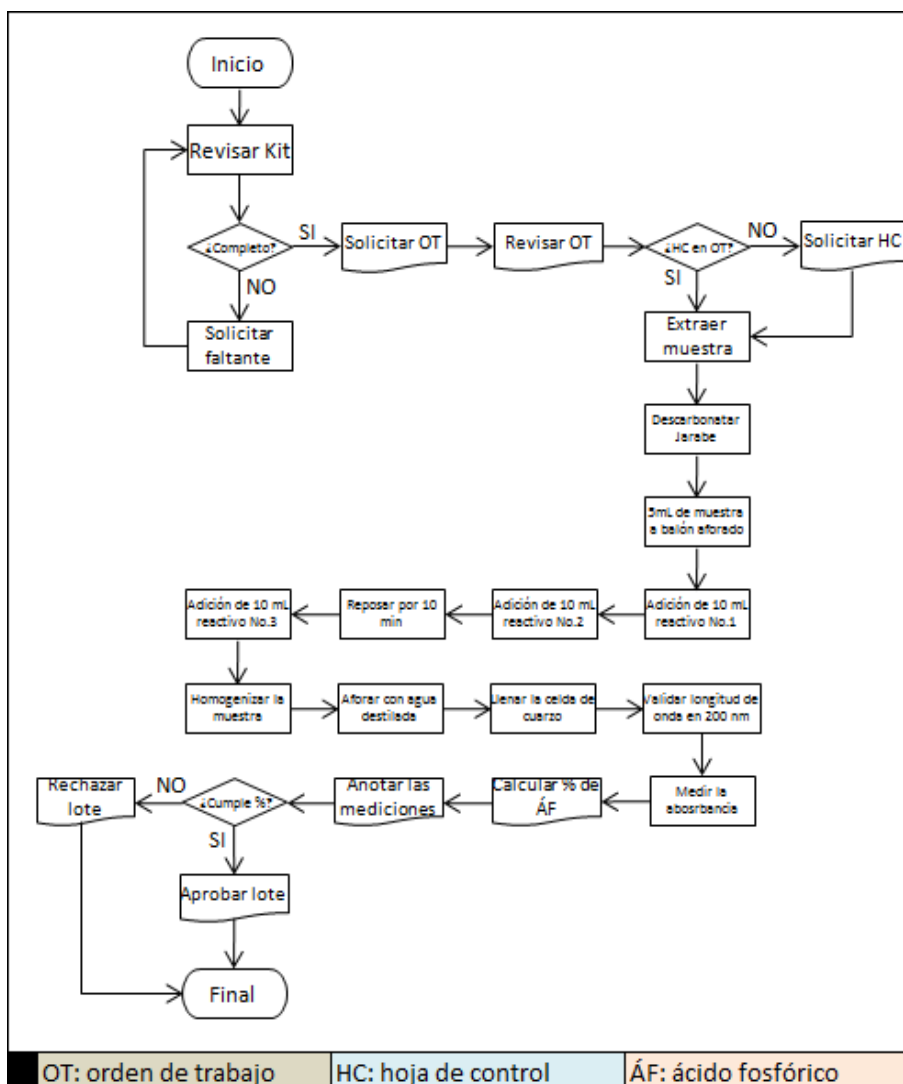
Después de haber analizado la cantidad, tipo y secuencia de operaciones que los analistas realizaron durante el proceso de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, se determinó que es necesario seleccionar las operaciones indispensables para el proceso y el orden en que deben realizarse; con base en lo anterior, se define la siguiente secuencia operativa, en la que el analista debe:

- Revisar el *kit* de análisis en su estación, al iniciar su turno.
- Solicitar la orden de trabajo del jarabe en proceso para su análisis
- Verificar que la orden de trabajo cuenta con su hoja de control.
- Extraer 100 mL de jarabe para la muestra, medidos con el *beaker*, el cual también se utiliza para transportar la muestra a la estación de análisis.
- Descarbonatar el jarabe, agitando constantemente la muestra.
- Tomar 5 mL de la muestra de jarabe para adicionarlo en un balón aforado.
- Adicionar 10 mL de reactivo No.1.
- Adicionar 10 mL de reactivo No.2.
- Dejar reposar por 10 minutos.
- Adicionar 10 mL de reactivo No.3.

- Homogenizar la muestra, agitando en círculos hasta que esté disuelto.
- Aforar con agua destilada.
- Llenar la celda de cuarzo.
- Validar la longitud de onda en el espectrofotómetro en 200 nm.
- Realizar la medición en el espectrofotómetro y anotar la absorbancia.
- Determinar el porcentaje de ácido fosfórico con los datos de absorbancia.
- Anotar el porcentaje de ácido fosfórico, la absorbancia, y el porcentaje de desviación en la hoja de control.
- Realizar informe de rechazo o aprobación del lote al devolver la orden de trabajo a producción.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, que resume e ilustra la secuencia operativa antes mencionada. Posterior al diagrama, se describen algunas de las operaciones con mayor importancia dentro del proceso de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría.

Figura 6. Diagrama secuencia operativa



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.1.2.1. Inspección inicial

Las operaciones realizadas inicialmente, es lo que se incluye dentro de la inspección inicial que el analista debe realizar para asegurar que cuenta con lo necesario para llevar a cabo el proceso.

En el primer inciso, se indica que el analista debe verificar si cuenta con la instrumentación, reactivos y complementos para realizar el análisis, incluyendo una inspección básica de su estado, en cuanto a limpieza, calibración o anomalías visibles, tales como obstrucciones, ralladuras, rajaduras u otros similares, en el caso de los reactivos, que estén a temperatura ambiente.

La orden de trabajo que se solicita en el segundo inciso es un documento donde se registra la requisición de materias primas y materiales, pesaje de materias primas, proceso de elaboración de jarabe, control de análisis, proceso de llenado, envasado y almacenamiento. Por lo que cuenta con una sección que debe ser llenada por cada departamento, conforme avanza el proceso y la información que aportan las operaciones que se realizan en cada área.

La hoja de control de la que se habla en el tercer inciso es donde se anota los resultados a obtener durante el análisis de ácido fosfórico, por esto es necesario contar con ella desde el inicio de las operaciones y el analista debe revisar si esta hoja de control está dentro de la orden de trabajo y de no estar se solicita al departamento de producción.

4.1.2.2. Toma de muestra

Cuando se termina el proceso de elaboración de jarabe que se utiliza en la producción de bebidas carbonatadas tipo cola, se notifica al departamento de control de calidad para que asignen a una persona que realice el análisis de ácido fosfórico.

El analista asignado debe extraer la muestra directamente del tanque de mezclado donde se encuentra el lote de jarabe a analizar y colocarlo en un *beaker* para transportarla a la estación de análisis.

4.1.2.3. Adición de reactivos

Con la muestra en el balón aforado, se adicionan tres reactivos en total. Los dos primeros reactivos se adicionan consecutivamente y es con lo que se obtiene el color azul en la muestra, al dejar reposar el compuesto por 10 minutos, antes de agregar el último reactivo, que es el que se utiliza para detener dicha reacción.

Los reactivos deben mantenerse en refrigeración cuando no están en uso, sin embargo, para utilizarlos en el análisis, los reactivos deben estar a temperatura ambiente; esto hace necesario extraer los reactivos del refrigerador 30 minutos antes de iniciar el análisis. Cada reactivo se almacena en un recipiente con dispensador de 10 mL, para facilitar la adición de los reactivos a la muestra.

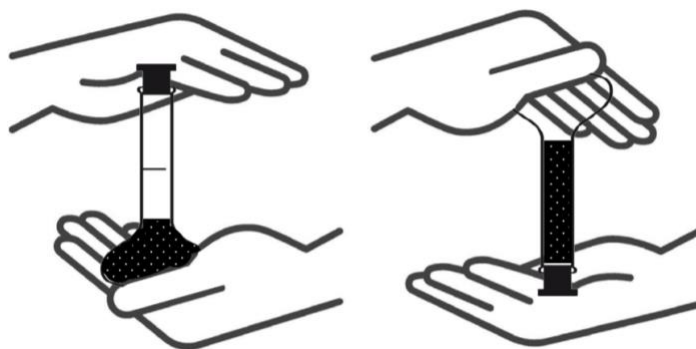
Para la manipulación de reactivos es necesario que los analistas utilicen correctamente los elementos de protección personal (EPP), que incluye:

- Guantes de látex: para evitar que el reactivo entre en contacto con la piel; en caso el dispensador goteara o un derrame accidental, los guantes pueden proteger la piel de las manos.
- Lentes de seguridad: para evitar que el reactivo entre en contacto con los ojos; en caso de una salpicadura, los lentes protegen a los analistas de sufrir daños en su visión.
- Gabacha de PVC: para evitar que el reactivo entre en contacto con el uniforme y cuerpo del analista, en caso de salpicaduras o derrames accidentales de reactivos.

4.1.2.4. Homogeneización de la muestra

Esta es una operación manual que se realiza después de que se han adicionado los reactivos, ya que es necesario que la mezcla resultante quede uniforme.

Figura 7. Homogeneización de muestra



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop.

Para lograr la homogeneización de la muestra, el analista debe tapar el balón aforado con una mano y sostenerlo con la otra, que le permita voltear el balón dejándolo de cabeza y posteriormente regresarlo a su posición normal, tal como se muestra en la figura anterior. El movimiento descrito se repite un mínimo de 4 veces antes de que el analista realice una inspección visual y así verificar que la muestra esté homogeneizada.

4.1.2.5. Aforo

Después de homogeneizar la muestra, el analista debe destapar el balón y así, poder adicionarle el agua destilada hasta llegar a la marca que mide los 100 mL y a esta operación se le llama aforo.

Figura 8. **Balones aforados**



Fuente: [Fotografía de Karla Bravo]. (Guatemala, 2021). Colección particular. Guatemala.

Después del aforo de la muestra, se coloca nuevamente la tapa al balón para poder agitar la muestra y lograr una solución homogénea nuevamente. En la figura anterior se muestran dos balones aforados a 100 mL, con dos muestras distintas.

4.1.2.6. Lectura de la Abs

En la embotelladora, se le llama lectura de la ABS, a la operación de leer el resultado que se obtiene del espectrofotómetro en cuanto a la absorbancia de la muestra, anotar en la bitácora y utilizarla para el cálculo del porcentaje de ácido fosfórico en la muestra.

El analista llena una celda de cuarzo con la muestra que queda después del aforo y la introduce en el espectrofotómetro para medir la absorbancia en relación a su concentración. Algunos aspectos a considerar en las lecturas son:

- Una muestra que posee mayor concentración tiene la capacidad de absorber más luz, por lo tanto, a mayor concentración, mayor absorbancia.
- Se evalúa la longitud de onda de mayor absorbancia.
- La ley de Lambert y Beer es lineal hasta cierta absorbancia, por lo regular después de una absorbancia de 0.700 se vuelve exponencial.
- Es necesario encender el espectrofotómetro 30 minutos antes del análisis.
- Revisar que no haya burbujas en la celda para evitar lecturas erróneas.

4.1.3. Aprobación del *batch*

Para que el analista apruebe un *batch* de Jarabe tipo cola, es necesario que realice lo siguiente:

- Anotar la lectura de la absorbancia en la hoja de control.
- Realizar el cálculo del porcentaje de ácido fosfórico dividiendo la ABS de la muestra entre la ABS estándar y multiplicando el resultado por cien.
- Validar si el ácido fosfórico se encuentra dentro del rango establecido.
- Anotar el resultado obtenido en la hoja de control correspondiente.
- Si el porcentaje de ácido fosfórico se encuentra dentro del rango se aprueba el *batch*, se envía nota de liberación del jarabe junto con la orden de trabajo al departamento de producción.

4.2. Calibración de equipos

Se entiende por calibración de equipos, al conjunto de operaciones que establecen la relación entre los valores del equipo bajo prueba y la magnitud de los patrones establecidos en condiciones específicas de funcionalidad. Entre estas operaciones está el ajuste de equipos, la cual se centra en poner un equipo de medición en estado de funcionamiento adecuado para su uso.

Tomando en cuenta que son pocos los equipos que requieren de calibración, la embotelladora no cuenta con un metrólogo dentro de su personal, que se encargue del mantenimiento y calibración de los mismos, pero si subcontrata a empresas que se dedican a este tipo de actividades a fin de cubrir esta necesidad.

En la calibración de equipos se considera que la embotelladora debe tener identificado los equipos que requieren calibración en cada estación de análisis y un programa de calibración y mantenimiento en el que se definan las acciones que le corresponden en cuanto a este tema, aun cuando el proceso lo realice una empresa subcontratada.

4.2.1. Identificación de equipos

Para el análisis de ácido fosfórico en jarabe tipo cola por espectrofotometría, se utilizan dos equipos que requieren de calibración por estación de análisis que son:

- Espectrofotómetro
- Pipetas electrónicas

4.2.2. Programa de calibración y mantenimiento

El propósito del programa de calibración y mantenimiento de los equipos utilizados en el análisis es establecer la metodología que permita controlar las calibraciones y verificaciones del equipo utilizado para la medición y pruebas, así como asegurar la confiabilidad de las mediciones.

El primer segmento del programa de calibración y mantenimiento contiene la definición de las acciones que le corresponden al subcontratar a otra empresa para que realice este proceso:

- La embotelladora debe contar con una empresa que se pueda subcontratar para la calibración y mantenimiento de los equipos que se utilizan para el análisis de ácido fosfórico y seleccionar otra empresa como respaldo en caso la primera no tenga disponibilidad en alguna ocasión.
- El metrólogo determina la frecuencia de calibración de acuerdo a los datos históricos y debe dejar registro sobre este dato en la ficha del equipo.
- Para establecer las fechas en que el equipo debe calibrarse, se toma en cuenta la fecha en que se calibró por última vez y la frecuencia que el metrólogo ha establecido.
- Los equipos deben calibrarse en la fecha según frecuencia y también cuando se les hagan reparaciones de cualquier tipo, como cambio de piezas, lubricación o cuando presenten error en las mediciones.

- La calibración debe realizarse en las estaciones de análisis dentro de las instalaciones de la embotelladora, para evitar errores asociados al traslado de los equipos a los laboratorios de calibración externos.
- Es necesario que se solicite una actualización del certificado de calibración al metrólogo, la cual debe extender una por equipo calibrado, siempre que éste realice una nueva calibración.
- El área de control de calidad debe archivar adecuadamente los certificados de calibración externa y la verificación interna de cada uno de los equipos de medición que requieren calibración.

El segundo segmento, es donde se presenta la ficha de control de calibración y mantenimiento que se propuso, de acuerdo con los datos proporcionados en la embotelladora.

Tabla II. Control de calibración y mantenimiento

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS <i>Control de calidad: área de análisis</i>											
CÓDIGO	NOMBRE	UBICACIÓN	DIM	RL	RTC	SERIE	EMP	FUC	FRECUENCIA	FPC	Metrólogo autorizado
IA01E	Espectrofotómetro	Estación A1	nm	220 a 900 nm	270 a 720 nm	1743612508	1nm	14/12/2020	12 meses	14/12/2021	AVSA
IMV01PE	Pipeta electrónica #1	Estación A1	mL	1 - 10 mL	1 - 10 mL	10M84175	0.5 mL	01/04/2021	12 meses	01/04/2022	MCK
IMV02PE	Pipeta electrónica #2	Estación A1	mL	10 - 1 mL	10 - 1 mL	07L55679	0.5 mL	01/04/2021	12 meses	01/04/2022	MCK
IA02E	Espectrofotómetro	Estación A2	nm	220 a 900 nm	270 a 720 nm	2472113603	1nm	14/12/2020	12 meses	14/12/2021	AVSA
IMV03PE	Pipeta electrónica #1	Estación A2	mL	1 - 10 mL	1 - 10 mL	10M84176	0.5 mL	01/04/2021	12 meses	01/04/2022	MCK
IMV04PE	Pipeta electrónica #2	Estación A2	mL	10 - 1 mL	10 - 1 mL	07L55680	0.5 mL	01/04/2021	12 meses	01/04/2022	MCK
IA03E	Espectrofotómetro	Estación A3	nm	220 a 900 nm	270 a 720 nm	1924713206	1nm	14/12/2020	12 meses	14/12/2021	AVSA
IMV05PE	Pipeta electrónica #1	Estación A3	mL	1 - 10 mL	1 - 10 mL	10M84177	0.5 mL	01/04/2021	12 meses	01/04/2022	MCK
IMV06PE	Pipeta electrónica #2	Estación A3	mL	10 - 1 mL	10 - 1 mL	07L55681	0.5 mL	01/04/2021	12 meses	01/04/2022	MCK

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.3. Capacitación de analistas

Siempre que se realizan cambios o mejoras en un proceso es necesario que todos los involucrados estén informados de ello. Por esta razón se incluyó dentro del proyecto una propuesta de capacitación para los analistas, que son las personas directamente relacionadas con el proceso.

La embotelladora estuvo de acuerdo con la metodología propuesta para la capacitación, que se mencionan en la fase 5 descrita en el capítulo anterior del presente documento, aportando todos los recursos necesarios para ello, desde el espacio físico para llevar a cabo las actividades, hasta reactivos, muestras y equipos a utilizar.

La integración de los grupos la organizó el departamento de control de calidad, para que no afectará la producción de las dos semanas de actividades. La capacitación consta de dos módulos, en los cuales se obtuvo buena participación y aceptación, los resultados en cada módulo, se presentan a continuación.

4.3.1. Módulo teórico

El principal objetivo de este módulo era proporcionarles a los analistas el documento de estandarización que se presenta en el apéndice y explicarles paso a paso el contenido de dicho documento, dando oportunidad de que aclaran dudas en cuanto al procedimiento, la instrumentación a utilizar o la documentación involucrada, lo cual se logró sin ningún inconveniente, cumpliendo con las cuatro horas programadas para la actividad.

Se sacaron un total de 25 copias del documento de estandarización, distribuidas de la siguiente manera: 1 copia para cada analista que sumaron un total de 20 copias, 1 copia para gerencia, 1 copia para el departamento de control de calidad, 1 copia para el área de análisis, 2 copias para el archivo.

Para el registro de la actividad y para control interno de la embotelladora, se realizó un formato que se presenta en la siguiente tabla y se adjuntó al archivo con las copias del documento de estandarización.

Tabla III. **Formato para el registro de capacitación del módulo teórico**

REGISTRO DE CAPACITACIÓN <i>Módulo Teórico de Capacitación de Analistas</i>					
Tema: <u>Estandarización del Método de Análisis de Ácido Fosfórico por Espectrofotometría</u>					
Fecha de capacitación: _____ Supervisor: _____					
No.	Nombre del participante	Firma	Grupo	Documento recibido	
				SI	NO
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.3.2. Módulo práctico

Este módulo es de mayor duración debido a la importancia de la práctica para agilizar la aplicación del método sin afectar la precisión en las mediciones. Aunque tiene una duración total de 16 horas, se trabaja durante cuatro días en las estaciones de análisis.

En el módulo práctico se llevaron a cabo tres actividades importantes que se describen a continuación:

- Inspección inicial: la primera actividad del módulo práctico se centró en que el analista se cerciore de que cuenta con todo lo necesario para realizar el análisis cada vez que inicia su turno. Para esto, cada analista verificó que cuenta con un kit de análisis completo en su estación, atendiendo las instrucciones básicas y recomendaciones de su documento de estandarización, utilizó la ficha de actualización de estado de la instrumentación, se le instruyó sobre qué aspectos analizar para determinar el estado de su instrumentación y la importancia de reportar las anomalías encontrada solicitando siempre una firma del supervisor para respaldo del reporte. Esta actividad tuvo una duración de dos horas el primer día.
- Uso de formatos: la segunda actividad del módulo práctico se centró en verificar que conocen los documentos involucrados en el análisis, como la orden de trabajo, la hoja de control, la ficha de actualización de estado y la hoja de registro de lotes analizados. Este último es el que se utilizó para la anotación de los resultados obtenidos en la última parte del módulo práctico. Esta actividad tuvo una duración de dos horas el primer día.

Figura 9. **Capacitación, módulo práctico**



Fuente: [Fotografía de Karla Bravo]. (Guatemala, 2021). Colección particular. Guatemala.

- **Precisión y control de varianza:** la última actividad del módulo práctico se centró en la aplicación del método de análisis por espectrofotometría. Los analistas evaluaron una misma muestra cinco veces tres días consecutivos a fin de establecer la precisión en las mediciones y su respectiva varianza. Cada analista anotó los resultados en la hoja de registro de lotes analizados y conforme a dichos datos se llenó un cuadro para establecer si se cumple el porcentaje de varianza deseado y el cpk. Esta actividad tuvo una duración de 12 horas, trabajados durante 3 días para cada grupo.

Para el registro de la actividad y para control interno de la embotelladora, se realizó un formato que se presenta en la siguiente tabla y se adjuntó al archivo con las copias del documento de estandarización.

Tabla IV. **Formato para el registro de capacitación del módulo práctico**

REGISTRO DE CAPACITACIÓN <i>Módulo Práctico de Capacitación de Analistas</i>							
Tema: <u>Estandarización del Método de Análisis de Ácido Fosfórico por Espectrofotometría</u>							
Fecha de inicio: _____				Supervisor: _____			
Fecha de finalización: _____							
No.	Nombre del participante	FIRMA	FIRMA	FIRMA	FIRMA	GRUPO	
		DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	A	B
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.3.3. Evaluación de la capacitación

Para evaluar el impacto de la capacitación en los analistas, se realizó una evaluación al finalizar la capacitación, utilizando el documento que se presenta en los apéndices, obteniendo los resultados que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla V. Evaluación de capacitación

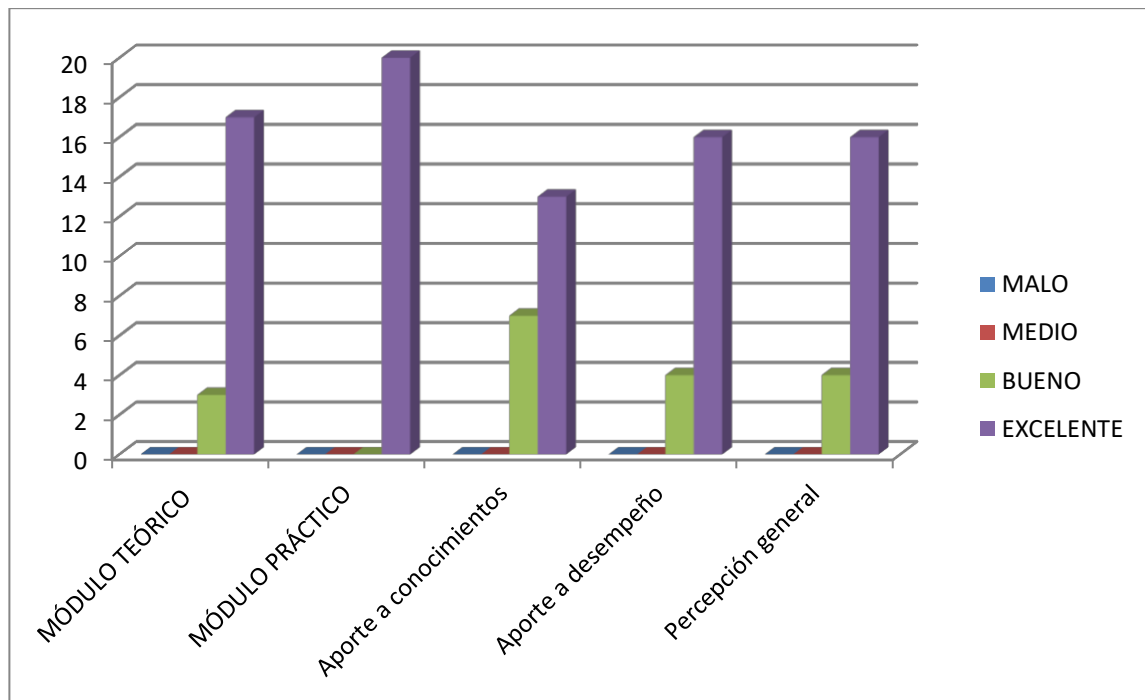
No.	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN	VALORACIÓN			
		MALO	MEDIO	BUENO	EXCELENTE
1	Metodología del módulo teórico	0	0	6	14
2	Presentación del documento	0	0	2	18
3	Explicación del documento	0	0	3	17
4	Comprensión del documento proporcionado	0	0	0	20
	COMPRENSIÓN DEL MÓDULO TEÓRICO	0	0	3	17
5	Metodología del módulo práctico	0	0	5	15
6	Explicación del módulo práctico	0	0	4	16
7	Comprensión inspección inicial	0	0	0	20
8	Comprensión del uso de formatos	0	0	0	20
9	Comprensión exactitud en mediciones	0	0	0	20
	COMPRENSIÓN DEL MÓDULO PRÁCTICO	0	0	0	20
10	Aporte a sus conocimientos	0	0	7	13
11	Aporte a su desempeño	0	0	4	16
12	Percepción general de la capacitación	0	0	4	16

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Del total de analistas participantes, el 15 % calificó como buena la comprensión del módulo teórico y el 85 % consideró que fue excelente. El 100 % de los participantes calificaron como excelente la comprensión del módulo

práctico por lo que puede decirse que el módulo práctico fue el de mejor aceptación.

Figura 10. **Valoración de la capacitación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En general, en la gráfica anterior se puede observar que los analistas consideran que la capacitación aporta conocimientos que contribuyen a un buen desempeño de sus labores y que la actividad se ha percibido de buena a excelente por sus participantes.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al 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, se buscaba principalmente que los analistas fueran capaces de realizar mediciones con un porcentaje de desviación y un cpk específico que fue proporcionado por la embotelladora, para esto fue necesario realizar un estudio del proceso y la instrumentación en las estaciones de análisis haciendo uso de las listas de verificación propuestas.

Algunos datos importantes que se obtuvieron con las listas de cotejo están los siguientes:

- El orden en que se realizan las operaciones puede influir en el tiempo total de análisis, por ejemplo:
 - Encender el espectrofotómetro después de recolectar la muestra implica un incremento mínimo de 10 minutos en el tiempo total de análisis.
 - Solicitar la orden de trabajo después de iniciar el análisis, implica un incremento mínimo de 15 minutos en el tiempo total de análisis.
 - Revisar que cuenta con el kit de análisis al iniciar su turno, evita perder tiempo buscando los elementos que hacen falta cuando ya se ha iniciado el análisis, lo cual puede tomar entre 5 a 15 minutos.

- Las principales fuentes que contribuyen a la variabilidad del proceso de medición son:
 - Los analistas, en cuanto a la reproductibilidad y su capacidad para realizar el mismo proceso repetitivamente.
 - El equipo de medición, en relación a su calibración, estabilidad y condiciones generales de funcionamiento.
 - La variación de la muestra, en cuanto a su composición o forma de procesamiento.
- El analista debe prestar especial atención a las acciones que implican revisar, verificar o validar algo, ya que por lo regular repercuten tanto en el tiempo total del análisis y en la precisión de los resultados de las mediciones.
- Durante las inspecciones de instrumentación realizadas, se encontraron estaciones con las siguientes observaciones:
 - Estación 1: un dispensador no funcionaba, uno de los balones estaba quebrado de la boquilla. Se solicitó cambio de dispensador y balón, el cual fue reemplazado antes de iniciar el módulo práctico de la capacitación.
 - Estación 3: el *beaker* para toma de la muestra estaba rajado y faltaba una celda de cuarzo. Se solicitó cambio de *beaker* y la reposición de la celda de cuarzo, los cuales se integraron al *kit* de análisis antes de iniciar el módulo práctico de la capacitación.

Además de lo anterior, a través de las inspecciones realizadas se determinó que, para poder realizar el análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, se requiere de un *kit* de análisis que contenga lo siguiente:

Tabla VI. ***Kit* de análisis**

INSTRUMENTACIÓN	REACTIVOS	COMPLEMENTOS
- 1 Espectrofotómetro	- Reactivo control (5 mL)	- Agua destilada
- 2 celdas de cuarzo	- Reactivo No.1 (10 mL)	- Muestra control
- 3 dispensadores de 10 mL	- Reactivo No.2 (10 mL)	- Muestra de análisis
- 2 pipetas con capacidad de 10 mL	- Reactivo No.3 (10 mL)	- EPP (guantes de látex, lentes de seguridad, gabacha de PVC)
- 2 balones aforados de 100 mL	Nota: Mantener un mínimo de 100 mL de cada reactivo en la estación de trabajo	
- 1 <i>beaker</i> de 150 mL		
- 1 cronómetro		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los resultados del estudio dan lugar a la creación de un documento de estandarización que se les proporciona y explica a los analistas por medio de una capacitación y que se encuentra en los apéndices del presente documento.

5.1. Resultados esperados

Entre los resultados esperados como parte de las actividades planteadas para la estandarización del método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, está el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Que los analistas obtengan resultados con ± 2.50 % de desviación en la medición de ácido fosfórico.
- Que los analistas cumplan con un cpk mayor a 1.33 en los resultados obtenidos por período de análisis.

Lo anterior únicamente podía verificarse a través de la evaluación de mediciones realizadas por los analistas y por esta razón se planteó el módulo práctico de la capacitación.

Durante el módulo práctico de capacitación, los participantes debieron realizar análisis de una misma muestra cinco veces en el primer día, anotando los resultados de sus mediciones en la hoja de control, en el segundo y tercer día se realizaron análisis a cinco muestras distintas, anotando los resultados de sus mediciones en la hoja de control.

Los datos de la hoja de control se agruparon en las tablas que se presentan a continuación, se sacó un promedio para calcular la desviación estándar y se definen los límites en el rango de medición esperada, de tal forma que fuera posible calcular el porcentaje de varianza y el cpk obtenidos durante el módulo práctico de capacitación, que validan el cumplimiento de los objetivos antes mencionados.

Tabla VII. **Registro de mediciones grupo A**

REGISTRO DE MEDICIONES Módulo Práctico de Capacitación de Analistas Grupo A										
ANALISTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MEDICIÓN										
1	101.37	101.07	101.07	99.39	99.54	99.39	100.97	101.09	100.60	99.86
2	101.67	101.37	100.76	99.85	99.85	99.70	100.19	99.22	99.31	100.12
3	101.22	101.37	100.91	99.39	100.00	99.85	100.09	101.83	101.97	101.84
4	101.67	100.91	101.52	99.54	100.00	99.39	100.96	100.94	100.88	99.68
5	101.52	101.07	101.37	99.69	99.85	99.69	100.61	101.96	100.46	99.62
6	101.67	101.98	101.37	99.86	100.00	99.40	100.13	99.91	99.70	99.13
7	101.52	101.67	101.67	99.23	100.00	98.25	101.46	99.79	99.25	100.33
8	101.52	101.67	101.22	100.15	99.70	99.40	98.37	100.71	99.25	100.50
9	101.98	101.67	101.67	99.23	99.39	100.64	99.67	101.33	99.55	100.80
10	101.07	101.98	100.76	99.39	100.00	99.30	99.85	100.37	100.63	101.77
11	101.10	101.75	100.95	100.00	100.00	100.81	100.45	99.20	99.63	100.85
12	101.23	101.35	100.84	99.85	99.54	100.99	100.73	100.53	99.78	100.05
13	100.78	101.47	100.91	100.00	99.39	99.94	100.78	101.82	101.81	101.51
14	100.56	101.55	101.35	100.00	99.85	99.98	100.58	101.06	101.10	100.01
15	101.01	100.85	101.78	100.00	99.85	99.31	99.54	100.67	100.97	100.40
Promedio	101.33	101.45	101.21	99.70	99.80	99.74	100.29	100.70	100.33	100.43
Desviación estándar	0.38	0.36	0.35	0.31	0.23	0.69	0.75	0.88	0.91	0.80
LS	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00
LI	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
CpS	3.21	3.32	3.59	5.60	7.59	2.54	2.10	1.63	1.72	1.91
Cpl	5.54	6.03	5.89	4.98	7.00	2.28	2.36	2.15	1.96	2.27
Cpk	3.21	3.32	3.59	4.98	7.00	2.28	2.10	1.63	1.72	1.91
% de Desviación	1.33	1.45	1.21	-0.30	-0.20	-0.26	0.29	0.70	0.33	0.43

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla VIII. **Registro de mediciones grupo B**

REGISTRO DE MEDICIONES Módulo Práctico de Capacitación de Analistas Grupo B										
ANALISTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MEDICIÓN										
1	99.06	99.00	100.07	99.95	99.23	99.03	100.94	100.15	100.65	99.57
2	100.27	100.54	99.43	101.47	99.41	100.43	99.21	101.91	101.61	99.72
3	99.48	101.09	99.48	101.30	100.64	99.13	101.85	100.68	101.87	100.55
4	100.16	99.94	100.39	100.59	101.89	99.96	101.64	101.46	99.97	101.25
5	100.15	101.07	101.29	99.70	99.52	99.82	100.22	99.29	101.82	99.20
6	100.29	101.05	101.02	100.29	101.69	99.82	101.59	101.71	101.46	99.67
7	100.30	100.37	99.94	100.49	100.34	101.85	101.10	100.65	101.03	101.96
8	100.25	100.28	100.20	100.06	100.93	100.10	100.22	99.78	100.19	101.00
9	99.74	99.05	99.22	99.23	101.81	100.25	99.43	99.81	100.17	99.78
10	100.05	99.61	99.14	101.96	99.27	100.01	99.89	99.44	101.58	101.44
11	100.26	99.23	100.09	101.32	99.94	100.46	101.06	100.59	100.99	99.61
12	101.90	101.89	100.36	101.15	100.07	101.90	101.09	101.46	100.49	100.41
13	100.01	99.86	99.20	100.33	99.32	99.81	99.96	100.80	99.70	101.70
14	101.41	101.56	101.64	99.05	101.24	99.59	100.71	101.94	99.41	99.88
15	100.16	101.29	99.98	100.75	99.39	100.36	100.03	101.29	101.37	101.45
Promedio	100.23	100.39	100.10	100.51	100.31	100.17	100.60	100.73	100.82	100.48
Desviación estándar	0.68	0.93	0.76	0.84	0.99	0.81	0.81	0.89	0.80	0.92
LS	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00	105.00
LI	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
CpS	2.34	1.66	2.14	1.79	1.58	1.99	1.80	1.60	1.74	1.65
Cpl	2.57	1.94	2.22	2.19	1.79	2.13	2.29	2.15	2.42	2.00
Cpk	2.34	1.66	2.14	1.79	1.58	1.99	1.80	1.60	1.74	1.65
% de Desviación	0.23	0.39	0.10	0.51	0.31	0.17	0.60	0.73	0.82	0.48

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Se puede observar que, tanto el grupo A como el B, obtuvieron un porcentaje de desviación y un cpk dentro del rango deseado, por lo que se cumple el objetivo de la capacitación.

5.2. Beneficios

El principal beneficio que se obtiene con la estandarización que se propuso es lograr que los analistas apliquen el método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría uniformemente. Adicional a ello, se obtienen otros beneficios como:

- Reducción de pérdidas. Al cumplir con el tiempo idóneo de análisis, se evitan retrasos en la producción diaria de bebidas carbonatadas tipo cola, que pueden repercutir en pérdidas de ventas.
- Disminución de quejas. Al cumplir con el tiempo idóneo de análisis, también se reducen las quejas de otros departamentos que dependen de los resultados del análisis para la continuidad de sus labores.
- Aumento de la capacidad productiva. Entre más rápido y preciso sea el análisis de ácido fosfórico, más rápido se libera el jarabe de los tanques lo que implica mayor producción diaria.
- Reducción de variabilidad en mediciones. Al tener definida la secuencia operativa y contar con lo necesario para realizar los análisis.
- Incremento en la confiabilidad de los resultados, al contar con personal capacitado específicamente para la aplicación del método de análisis por espectrofotometría bajo un estándar definido.

5.3. Factores de influencia

Considerando todas las actividades propuestas y realizadas como parte de la estandarización, se pueden identificar los siguientes factores que influyeron en los resultados obtenidos:

- Buena gestión: tomando en cuenta que la embotelladora es una empresa con alta producción, todas las actividades fueron planificadas conjuntamente de tal forma que no se obstaculizan las actividades diarias en los departamentos involucrados y que se pudieran realizar las actividades planteadas.
- Acceso de información: aunque la empresa no autorizó la publicación de algunos datos por confidencialidad, si se tuvo acceso a toda la información en cuanto a sus parámetros de trabajo, procedimientos y normas internas facilitando el estudio a realizar.
- Disponibilidad de los recursos: gracias a la disposición de la embotelladora se contó con todos los recursos para llevar a cabo la estandarización, incluyendo el uso de las instalaciones, la toma de muestras, el uso de reactivos, equipos y personal.
- Disponibilidad de los analistas: este es un factor importante en la estandarización ya que los analistas fueron participativos, se mostraron atentos al proceso y con buena disponibilidad para realizar las actividades propuestas.
- Objetividad: se trabajaron todos los datos con objetividad, para que la estandarización se llevará a cabo.

5.4. Análisis de la evaluación de la capacitación

De acuerdo con las respuestas de los analistas, el aporte de la capacitación a sus conocimientos y desempeño es significativo, por lo que la metodología empleada fue asertiva. De manera global, la capacitación tuvo efecto positivo en los analistas contribuyendo en la correcta y ágil aplicación del método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría.

El módulo práctico fue el de mayor aceptación, pues fue catalogado como excelente por la totalidad de los participantes y por medio de las mediciones realizadas durante esta actividad, fue posible establecer que los analistas se adaptaron a la estandarización logrando mantenerse dentro de los parámetros deseados.

5.5. Análisis externo

De acuerdo con las investigaciones analizadas y presentadas como parte de los antecedentes del proyecto, se pudo comprobar que efectivamente es necesario establecer los parámetros analíticos para incrementar la confiabilidad de los resultados, tal como lo sugiere Cáñez (2016) en su investigación.

El estudio de todos los elementos que intervienen en el proceso, que sugiere López (2019), fue clave para la estandarización, ya que, al analizar el proceso y la instrumentación, se define la secuencia operativa óptima y las recomendaciones para agilizar el análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, disminuyendo la variabilidad de los resultados obtenidos y aumentando su confiabilidad.

Conocer el producto que será objeto de análisis, también contribuye a identificar los factores que pueden afectar los resultados de su análisis, tal como comenta Guevara (2016), quien incluye las características de las materias primas como elemento de variabilidad en los resultados. En el caso del jarabe tipo cola, se pudo observar que es importante verificar que la muestra de jarabe esté descarbonatada y homogeneizada para que no tenga ninguna burbuja al introducirla al espectrofotómetro ya que esto puede hacer variar los resultados.

De acuerdo con los analistas que participaron en la capacitación de estandarización del análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, este tipo de actividades aporta conocimientos que contribuyen a su desempeño, lo cual es congruente con la afirmación de Parra y Rodriguez (2016) sobre la influencia de la capacitación en el desempeño de los trabajadores y su efecto en la calidad de los productos.

CONCLUSIONES

1. Para estandarizar el método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, se realizó un estudio del procedimiento y de la instrumentación para verificar que los analistas cuentan con lo necesario en sus estaciones de trabajo para realizar el análisis adecuadamente. Las bases de la estandarización se integraron en un documento el cual se le proporcionó a los analistas por medio de una capacitación.
2. Se logró establecer una metodología que permitiera realizar mediciones de ácido fosfórico capaz de brindar resultados de ± 2.50 % de desviación, a través del estudio del proceso que permitió definir una secuencia operativa óptima, agregando instrucciones básicas y recomendaciones para agilizar el proceso.
3. Al analizar el equipo utilizado para el análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, se definió que los que requieren calibración y mantenimiento son el espectrofotómetro y las pipetas electrónicas, por lo que el programa de calibración y mantenimiento que se sugiere se centra en esos equipos, dejando establecidos las acciones que le corresponden a la embotelladora al subcontratar el servicio con otra empresa.
4. La capacitación del personal encargado de realizar el análisis de ácido fosfórico se llevó a cabo por medio de dos módulos. En el módulo teórico, se dio a conocer a los analistas en qué consistía la estandarización y los aspectos a tomar en cuenta para la aplicación del método y el segundo módulo se centró en agilizar el análisis por medio de la práctica, realizando

mediciones en donde cada analista obtuvo resultados que cumplieron con un cpk mayor a 1.33.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un rango de desviación aceptable, que considere todos los aspectos que influyen en la variación y que no pueden eliminarse por completo, pero que sí pueden contenerse a través de las buenas prácticas durante el proceso.
2. Definir las medidas necesarias para garantizar que, al utilizar estos equipos durante el análisis, estos operen correctamente, proporcionando datos confiables ya que la precisión y exactitud en las mediciones, dependen en gran medida de que el equipo esté bien calibrado y en buenas condiciones.
3. Evaluar semestralmente al personal, para poder detectar las necesidades de capacitación y proporcionarle las herramientas necesarias para complementar o incrementar sus conocimientos de tal forma que se refleje en un buen desempeño laboral.
4. Responsabilizar a cada analista de la instrumentación de su estación, también es indispensable que la empresa cumpla con darle seguimiento a los reportes que se realicen sobre las anomalías identificadas a fin de lograr que la instrumentación no afecte los resultados en las mediciones.

REFERENCIAS

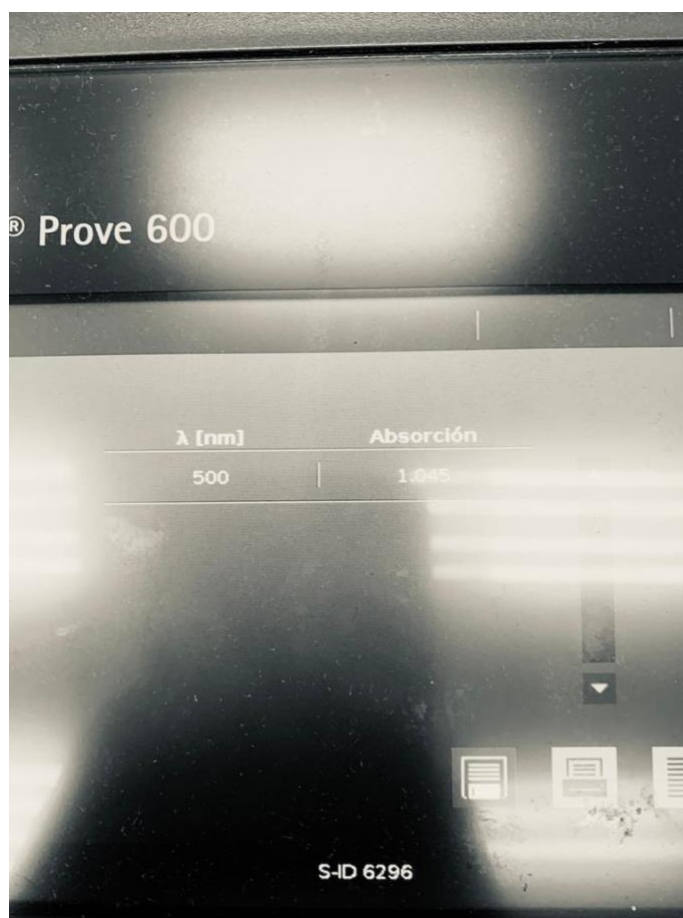
1. Argueta, Y. (2016). *Las buenas prácticas de manufactura –BPM- como herramienta de calidad en la cafetería de la municipalidad de Guatemala, para garantizar la inocuidad de los alimentos* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
2. Cáñez, G. (abril, 2016). Validación de un método analítico para la determinación de fósforo por espectrofotometría. *Botecnía, revista de ciencias biológicas y de salud*, (XVII), 32-39.
3. 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.
4. Cavazos, N., Zárate, L. y Torres, E. (junio, 2017). Determinación de fósforo y cafeína en bebidas de cola. *Revistas UNAM, Educación química*, (1),116-120.
5. Chapoñan, O. (2018). *Propuesta de mejora para estandarizar procedimientos y reducir el consumo de vapor en la etapa de elaboración de jarabe simple de una planta de gaseosas* (Tesis de maestría). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú.
6. García, G. (julio, 2017). Daños a la salud por consumo adictivo de Coca cola. *Revista del Hospital Psiquiátrico de La Habana*, (14), p. 1-14.

7. Ghiglione, F. (2015). *Gestión de RR.HH del personal de planta permanente de la Honorable Cámara de Diputados (Provincia de La Pampa). Desafíos para una adecuada evaluación de desempeño* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.
8. Gómez, I. (12 de enero, 2018). *Acidulantes fundamentales en la industria alimentaria*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.agrolab.com/es/actualidades/1390>.
9. Guevara, A. (2016). *Bebidas carbonatadas*. Lima, Perú: Centro de Investigación y Capacitación en Tecnología Alimentaria y Agroindustrial.
10. 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.
11. López, M. (2019). *Determinación de fosfato mediante análisis por inyección en flujo* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica de Madrid, España.
12. Maticorena, L. (2016). *Elaboración de una bebida carbonatada de algarrobina* (Tesis de licenciatura). Universidad de Piura, Perú.
13. Parra, C. y Rodríguez, F. (junio, 2016). La capacitación y su efecto en la calidad dentro de las organizaciones. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, (6), 131-143.

14. 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.
15. Ramírez, E. (2017). *Control estadístico de procesos por atributos: Caso ZF Sachs*. México: Corporación Mexicana de Investigación en Materiales.
16. Revista Summa. (2010). *Nueve empresas se reparten mercado de las gaseosas en Guatemala*. Guatemala: Autor. Recuperado de: <https://revistasumma.com/6657/>.
17. Universidad Pablo de Olavide (2004). *Práctica 1: determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría*. Sevilla, España: Autor.

APÉNDICES

Apéndice 1. Lectura de absorbancia en espectrofotómetro



Fuente: [Fotografía de Karla Bravo]. (Guatemala, 2021). Colección particular. Guatemala.

Apéndice 2. Página 1 del documento de estandarización

	ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR ESPECTROFOTOMETRÍA	Página 1/5 V.1						
INTRODUCCIÓN El propósito general de la estandarización es establecer una metodología que permita a los analistas agilizar el proceso al determinar el porcentaje de ácido fosfórico en el jarabe tipo cola con la mayor precisión posible. El método de análisis de ácido fosfórico por espectrofotometría, debe ser aplicado por todos los analistas asignados al proceso, tomando en cuenta las especificaciones del presente documento.  OBJETIVOS ESPECÍFICOS - Obtener resultados con $\pm 2,50\%$ de desviación en la medición de ácido fosfórico - Cumplir con un cpk mayor a 1,33 en los resultados obtenidos INSTRUCCIONES BÁSICAS - Aplique las prácticas necesarias para el desarrollo seguro de este procedimiento - Asegure el trabajo en campana de extracción para la preparación de soluciones - Use correctamente los Elementos de Protección Personal (EPP) en el manejo de sustancias - Maneje adecuadamente los desechos de las extracciones - Verifique el estado de los equipos de medición, inspección y prueba - Valide la calibración de los equipos de medición KIT DE ANÁLISIS POR ESTACIÓN <table border="1" data-bbox="321 1270 1395 1543"> <thead> <tr> <th>INSTRUMENTACIÓN</th> <th>REACTIVOS</th> <th>COMPLEMENTOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> - 1 Espectrofotómetro - 2 celdas de cuarzo - 3 dispensadores de 10 mL - 2 pipetas con capacidad de 10 mL - 2 balones aforados de 100 mL - 1 beaker de 150 mL - 1 cronómetro </td> <td> - Reactivo control (5 mL) - Reactivo No.1 (10 mL) - Reactivo No.2 (10 mL) - Reactivo No.3 (10 mL) Nota: Mantener un mínimo de 100 mL de cada reactivo en la estación de trabajo </td> <td> - Agua destilada - Muestra control - Muestra de análisis - EPP (guantes de látex, lentes de seguridad, gabacha de PVC) </td> </tr> </tbody> </table> DOCUMENTACIÓN - Orden de trabajo de cada lote de jarabe que se analiza - Hoja de control, donde se anotan los resultados del análisis - Ficha de actualización de estado de la instrumentación - Hoja de registro de lotes analizados			INSTRUMENTACIÓN	REACTIVOS	COMPLEMENTOS	- 1 Espectrofotómetro - 2 celdas de cuarzo - 3 dispensadores de 10 mL - 2 pipetas con capacidad de 10 mL - 2 balones aforados de 100 mL - 1 beaker de 150 mL - 1 cronómetro	- Reactivo control (5 mL) - Reactivo No.1 (10 mL) - Reactivo No.2 (10 mL) - Reactivo No.3 (10 mL) Nota: Mantener un mínimo de 100 mL de cada reactivo en la estación de trabajo	- Agua destilada - Muestra control - Muestra de análisis - EPP (guantes de látex, lentes de seguridad, gabacha de PVC)
INSTRUMENTACIÓN	REACTIVOS	COMPLEMENTOS						
- 1 Espectrofotómetro - 2 celdas de cuarzo - 3 dispensadores de 10 mL - 2 pipetas con capacidad de 10 mL - 2 balones aforados de 100 mL - 1 beaker de 150 mL - 1 cronómetro	- Reactivo control (5 mL) - Reactivo No.1 (10 mL) - Reactivo No.2 (10 mL) - Reactivo No.3 (10 mL) Nota: Mantener un mínimo de 100 mL de cada reactivo en la estación de trabajo	- Agua destilada - Muestra control - Muestra de análisis - EPP (guantes de látex, lentes de seguridad, gabacha de PVC)						
Elaborado por: Karla Bravo	Autorizado por: Departamento de Control de Calidad	Vigencia: 2021						

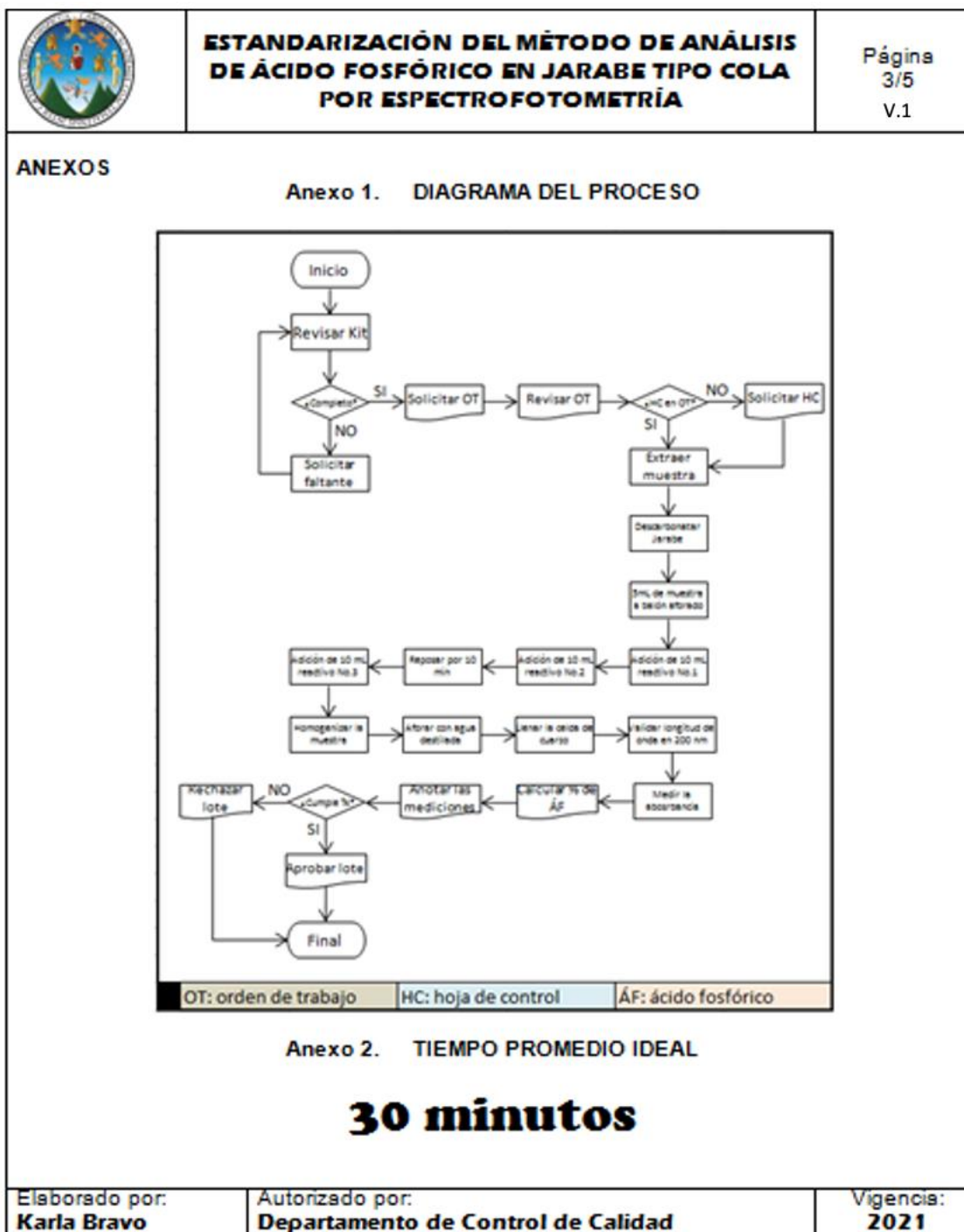
Fuente: elaboración propia, empujando Microsoft Word.

Apéndice 3. **Página 2 del documento de estandarización**

	ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR ESPECTROFOTOMETRÍA	Página 2/5 V.1
SECUENCIA OPERATIVA ÓPTIMA - Revisar que cuenta con el kit de análisis en la estación al inicio de su turno - Solicitar la orden de trabajo del jarabe en proceso para su análisis - Verificar que cuenta con su hoja de control - Extraer 100 mL de jarabe para la muestra - Descarbonatar el jarabe - Tomar 5 mL de la muestra de jarabe para adicionarlo en un balón aforado de 100 mL - Adicionar 10 mL de Reactivo No. 1 - Adicionar 10 mL de Reactivo No. 2 - Dejar reposar por 5 minutos - Adicionar 10 mL de Reactivo No. 3 - Homogenizar la muestra, agitando en círculos hasta que esté disuelto - Aforar con agua destilada - Llenar la celda de cuarzo - Validar la longitud de onda en el espectrofotómetro en 200 nm - Realizar la medición en el espectrofotómetro y anotar la absorbancia - Determinar el porcentaje de ácido fosfórico con los datos de la absorbancia - Anotar el % de ácido fosfórico, la absorbancia y el % de desviación en la hoja de control - Informe del rechazo o aprobación del lote al devolver la orden de trabajo a producción NOTA: Se recomienda realizar un análisis de ácido fosfórico en jarabe terminado por cada tanque de preparación. Para bebidas terminadas, el análisis se realiza cada 4 horas durante la producción. DATOS PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN - Dar autocero con agua - Con el estándar de 0% dar autocero 3 veces - Con el matraz 1 del estándar 100% tomar dos lecturas - Con el matraz 2 del estándar 100% tomar una lectura - Con el matraz 3 del estándar 100% tomar una lectura - Graficar la curva con los resultados NOTA: Se recomienda hacer una curva diaria, cuando haya cambio de lote de concentrados o cuando haya cambio de analista en la estación de análisis. RECOMENDACIONES - Encender el espectrofotómetro 30 minutos antes de iniciar el análisis - Utilizar detergentes libres de fosfatos - Mantener identificados todos los materiales, equipos y reactivos - Evitar burbujas en la celda y mantenerla limpia		
Elaborado por: Karla Bravo	Autorizado por: Departamento de Control de Calidad	Vigencia: 2021

Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Word.

Apéndice 4. **Página 3** del documento de estandarización



Apéndice 5. Página 4 del documento de estandarización

**ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS
DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA
POR ESPECTROFOTOMETRÍA**

Página
4/5
V.1

Anexo 3. FICHA DE ACTUALIZACIÓN DE ESTADO DE LA INSTRUMENTACIÓN

FICHA DE ACTUALIZACIÓN DE ESTADO <i>Instrumentación de Analistas</i>																														
Mes:										Número de estación: _____ Supervisor: _____																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																					
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																					
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																					
No.	Nombre del equipo o instrumento de inspección										Código	BE	ME																	
1	Espectrofotómetro Thermo Scientific										IA01E																			
2	Celda de cuarzo 1										IA01C																			
3	Celda de cuarzo 2										IA02C																			
4	Dispensador rojo 10 mL										IMV01DR																			
5	Dispensador azul 10 mL										IMV02DA																			
6	Dispensador amarillo 10 mL										IMV03DA																			
7	Pipeta electrónica de 10 mL #1										IMV01PE																			
8	Pipeta electrónica de 10 mL #2										IMV02PE																			
9	Balón aforado 100 mL No.1										IMV01BA																			
10	Balón aforado 100 mL No.2										IMV02BA																			
11	Beaker de vidrio 150 mL										IMV01B																			
12	Cronómetro										IMT01C																			
REPORT E DE ESTADO																														
Código	Descripción de estado										Fecha de reporte	Revisor																		
OBSERVACIONES:																														

Elaborado por:
Karla Bravo

Autorizado por:
Departamento de Control de Calidad

Vigencia:
2021

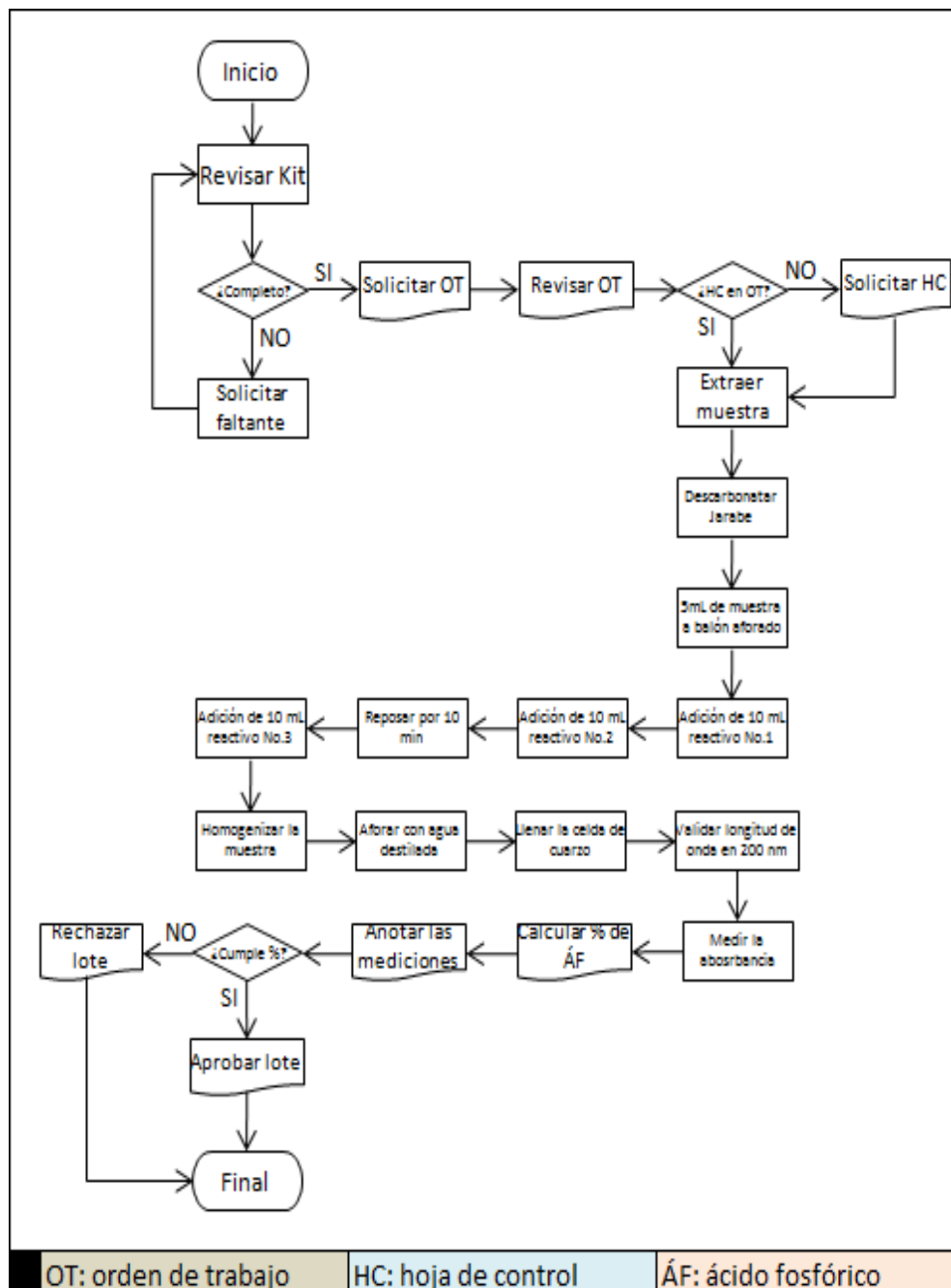
Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Word.

Apéndice 6. Página 5 del documento de estandarización

	ESTANDARIZACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE ÁCIDO FOSFÓRICO EN JARABE TIPO COLA POR ESPECTROFOTOMETRÍA	Página 5/5 V.1																																																																																																																																																																	
Anexo 4. FORMATO PARA REGISTRO DE LOTES ANALIZADOS																																																																																																																																																																			
REGISTRO DE LOTES ANALIZADOS <i>Análisis de Jarabe por Espectrofotometría</i> Nombre del analista: _____ Número de estación: _____ Supervisor: _____ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Fecha</th> <th style="width: 10%;">No. de Lote</th> <th style="width: 10%;">ABS</th> <th style="width: 10%;">%ÁP</th> <th style="width: 40%;">Observaciones</th> <th style="width: 10%;">A</th> <th style="width: 10%;">R</th> </tr> </thead> <tbody> <!-- 20 empty rows --> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> ABS: Lectura de absorbancia en espectrofotómetro %ÁP: Porcentaje de ácido fosfórico calculado A: Lote aprobado R: Lote rechazado			Fecha	No. de Lote	ABS	%ÁP	Observaciones	A	R																																																																																																																																																										
Fecha	No. de Lote	ABS	%ÁP	Observaciones	A	R																																																																																																																																																													
Elaborado por: Karla Bravo	Autorizado por: Departamento de Control de Calidad	Vigencia: 2021																																																																																																																																																																	

Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Word.

Apéndice 7. Diagrama del proceso de análisis de ácido fosfórico



Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Word.

Apéndice 8. Formato para la ficha de actualización de estado para analistas

FICHA DE ACTUALIZACIÓN DE ESTADO												
<i>Instrumentación de Analistas</i>												
Mes:										Número de estación: _____		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Supervisor: _____		
No.	Nombre del equipo o instrumento de inspección									Código	BE	ME
1	Espectrofotómetro Thermo Scientific									IA01E		
2	Celda de cuarzo 1									IA01C		
3	Celda de cuarzo 2									IA02C		
4	Dispensador rojo 10 mL									IMV01DR		
5	Dispensador azul 10 mL									IMV02DA		
6	Dispensador amarillo 10 mL									IMV03DA		
7	Pipeta electrónica de 10 mL #1									IMV01PE		
8	Pipeta electrónica de 10 mL #2									IMV02PE		
9	Balón aforado 100 mL No.1									IMV01BA		
10	Balón aforado 100 mL No.2									IMV02BA		
11	Beaker de vidrio 150 mL									IMV01B		
12	Cronómetro									IMT01C		
REPORTE DE ESTADO												
Código	Descripción de estado									Fecha de reporte	Revisor	
OBSERVACIONES:												

Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Word.

Apéndice 9. Formato para el registro de lotes analizados

[illegible]

Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Excel.

Apéndice 10. Formato para la evaluación de capacitación

EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN							
Tema: <u>Estandarización del Método de Análisis de Ácido Fosfórico por Espectrofotometría</u>							
Fecha: _____ Supervisor: _____							
No.	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN	VALORACIÓN				GRUPO	
		MALO	MEDIO	BUENO	EXCELENTE	A	B
1	Metodología del módulo teórico						
2	Presentación del documento						
3	Explicación del documento						
4	Comprensión del documento proporcionado						
	COMPRENSIÓN DEL MÓDULO TEÓRICO						
5	Metodología del módulo práctico						
6	Explicación del módulo práctico						
7	Comprensión inspección inicial						
8	Comprensión del uso de formatos						
9	Comprensión exactitud en mediciones						
	COMPRENSIÓN DEL MÓDULO PRÁCTICO						
10	Aporte a sus conocimientos						
11	Aporte a su desempeño						
12	Percepción general de la capacitación						
OBSERVACIONES:							

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 11. Formato para la evaluación de capacitación

EVALUACIÓN TEÓRICA DE CAPACITACIÓN	
Tema: Estandarización del Método de Análisis de Ácido Fosfórico por Espectrofotometría	
Nombre: _____	Fecha: _____
INSTRUCCIONES: Conteste las siguientes preguntas, cada pregunta tiene un valor de 20 puntos.	
1 Mencione la instrumentación que necesita para realizar el análisis de ácido fosfórico	
2 ¿Qué documentos debe llenar al momento de realizar el análisis de ácido fosfórico?	
3 Describa brevemente los pasos a seguir para realizar el análisis de ácido fosforico	
4 ¿Qué acciones recomienda para realizar un corri	
5 ¿Qué es estandarización?	

Fuente: elaboración propia, empelando Microsoft Excel.