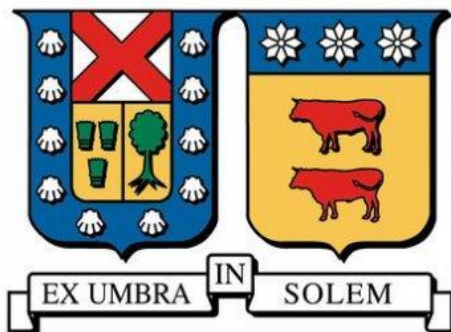




**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA Y MEDIO AMBIENTE**

**PROPUESTA CONTROL ESTADÍSTICO EN LA PREPARACIÓN DE JARABES
TERMINADOS PARA UNA FÁBRICA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS
ANALCOHÓLICAS.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO (E.) EN GESTIÓN DE LA
CALIDAD**

**AUTOR
CARLOS HUMBERTO SANTIS CORTES**

**PROFESOR GUÍA
MIGUEL ZAZOPULOS GARAY**

VIÑA DEL MAR, 2024.

INDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	4
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo General.....	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3 MARCO TEÓRICO	7
3.1 Calidad.....	7
3.1.1 Sistema de gestión de la calidad.	8
3.1.2 Control estadístico de la calidad.	8
3.1.2.1 Estadística.	9
3.1.2.2 Medidas de tendencia central	9
3.1.2.3 Medidas de dispersión.....	9
3.1.2.4 Población y Muestra.	10
3.1.2.5 Control Estadístico de la Calidad.	11
3.1.2.6 Variabilidad.....	12
3.1.3 Ciclo de la calidad.	15
3.2 Definición de procesos.	16
3.2.1 Importancia de los procesos en las empresas.....	17
3.3 Definición de producción.	17
3.3.1 Definición de procesos de producción.	18
3.4 Proceso de mejora continua.....	18
3.5 Herramientas de mejora continua.	19
3.5.1 Cartas de control.....	19
3.5.1.1 Límites de control.	19
3.5.1.2 Carta de control $\bar{x} - R$	19
3.5.1.3 Carta de individuales.....	21
3.5.1.4 Carta de rangos móviles.....	22
3.5.2 Índices de capacidad para procesos con doble especificación.	22
3.5.2.1 Índice C_p	22
3.5.2.2 Índices C_{pi} , C_{ps} y C_{pk}	24
3.5.2.3 Índice C_{pm} (índice de Taguchi).	25
3.5.3 Capacidad de largo plazo e índices de P_p y P_{pk}	26
3.5.3.1 Índices P_p y P_{pk}	26
4 DESARROLLO	27
4.1 Planta de Concón, Coca-Cola Embonor S.A.....	27
4.1.1 Sala de jarabe, planta de Concón, Coca-Cola Embonor S.A.	27
4.1.2 Característica de los procesos productivos de la sala de jarabe:	27
4.1.3 Roles y Funciones de los jaraberos de la sala de jarabe.....	28
4.1.3.1 Objetivo General del Cargo	28
4.1.3.1.1 Funciones Operacionales jarabe terminado.....	28
4.1.3.1.2 Funciones Operacionales mezcla de jugos.	29
4.1.3.1.3 Funciones y Obligaciones de Seguridad.....	29
4.1.3.1.4 Funciones y Obligaciones de Calidad e Inocuidad.....	29
4.1.4 Diagrama de flujo de decisiones en la elaboración de jarabe terminado.	30
4.1.4.1 Fase Recepción de insumos.	31
4.1.4.2 Fase de Solicitud y recepción de insumos.....	32
4.1.4.3.1 Fase Preparación jarabe terminado en disolutor, parte 1.....	33
4.1.4.3.2 Fase Preparación jarabe terminado en disolutor, parte 2.....	34
4.1.4.3.3 Fase Preparación jarabe terminado en disolutor, parte 3.....	35
4.1.4.4.1 Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 1.	36
4.1.4.4.2 Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 2.	37
4.1.4.4.3 Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 3.	38
4.2 Confección de planilla de análisis de concentración por jarabe dietético.	39
4.3 Análisis de datos.....	43
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1 Conclusiones.....	46

5.2	Recomendaciones.....	47
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
	ANEXO.....	49
	Anexo 1: Imagen de planilla registro de jarabe terminado.	49
	Anexo 2: Tabla de pruebas de anomalías en el proceso.	50
	Anexo 3: Cálculos de variabilidad y estabilidad.....	51
	○ Para calcular la media de concentración final se tiene	51
	○ Para calcular el rango móvil	51
	Anexo 4: Tabla de límites de Cartas de Individuales y Rangos Móviles.	53
	Anexo 5: Gráficos de Individuales y Rangos Móviles.	54
	Anexo 6: Cálculos de índice de capacidad.....	55
	• Índice Cp.....	55
	• Índices Cpi, Cps y Cpk.....	55
	• Índice C _{pm} (índice de Taguchi).....	55
	Anexo 7: Factores utilizados en la construcción de las cartas de control.....	56
	Anexo 8: Diagrama de flujo de decisiones.....	57

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó enfocado a la implementación de herramientas de control estadístico de calidad en la planta embotelladora de bebidas analcohólicas Coca-Cola Embonor S.A., Concón, específicamente en la sala de jarabes. El objetivo principal es evaluar el cumplimiento de las especificaciones establecidas por la compañía en el proceso de preparación de jarabes terminados dietéticos. Para ello se proponen métodos estadísticos que permitan controlar la variación de concentración de los jarabes dietéticos.

Se utilizarán herramientas estadísticas, tales como, cartas de control e índices de capacidad, esenciales en la evaluación del estado del proceso. Sin embargo, más allá de su utilidad técnica, estas herramientas son una ventana hacia un entendimiento más profundo de la operación, donde los datos no son solo números, sino indicadores de patrones y variaciones, algunos de ellos imprevistos y potencialmente disruptivos.

El estudio se desarrolló en un periodo planificado de 4 meses, de los cuales, 3 meses fueron destinados a la recolección de datos en condiciones normales de operación, con el fin de garantizar que las preparaciones sean representativas y reflejen la situación real del proceso en sala de jarabe.

La elección de la sala de jarabes como foco del estudio no fue fortuita. Este lugar; es el corazón de la planta. Desde aquí, se producen los jarabes simples, azucarados y dietéticos que alimentan las líneas de producción de bebidas analcohólicas para toda la región de Valparaíso y otras regiones de Chile. Sin embargo, este mismo núcleo operativo enfrenta varias limitantes y problemas únicos: variabilidad en los insumos, condiciones ambientales y la intervención humana. Cada elemento aporta su cuota de complejidad, a menudo de manera imprevisible, haciendo que la estabilidad del proceso sea más una aspiración que una realidad.

En un mercado competitivo, mantener procesos estables y predecibles es fundamental en la reducción de pérdidas y la maximización de los recursos. En el contexto de la embotelladora Coca-Cola Embonor S.A., significa no solo reducir los factores que alteran o afectan la capacidad y estabilidad del proceso de preparación de jarabes dietéticos, sino que, transformar la sala de jarabes en un modelo operativo basado en datos. En este proceso, las herramientas estadísticas desempeñan un doble papel: como instrumentos de diagnóstico y como motor de cambio. Las cartas de control, por ejemplo, no solo muestran desviaciones, sino que ofrecen un mapa hacia la estabilidad. Los índices de capacidad, por su parte, permiten medir no solo el estado actual del proceso, sino su potencial a largo plazo.

Dicho esto, el estudio no está exento de desafíos y tropiezos. Los procesos industriales no son entidades estáticas; cambian, a veces de manera sutil y otras veces de manera dramática y/o exagerada. La implementación de estas herramientas requiere no solo precisión técnica, sino también un cambio cultural. Involucra a cada nivel de la organización, desde el personal operativo (operadores de la sala jarabes, encargado de sala de jarabe, analista, supervisor y encargado del laboratorio de

calidad) hasta la gerencia industrial (zona centro), y exige un compromiso colectivo con la mejora y la excelencia.

En definitiva, este estudio es más que un intento por resolver un problema específico; es un paso hacia una transformación más amplia. Al entender y controlar la variación del proceso, Embotelladora Coca-Cola Embonor S.A. no solo mejorará su eficiencia operativa, sino que también reforzará su posición en un mercado que premia la precisión y la consistencia. En un entorno donde cada error cuenta, este esfuerzo no es solo necesario; es ineludible.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Evaluar el estado del área de preparación en cuanto a la concentración de jarabes terminados dietéticos, mediante herramientas de control de calidad.

2.2 Objetivos Específicos.

- Crear una fuente de datos recopilando análisis y preparaciones de jarabes terminados dietéticos.
- Analizar y describir el proceso actual de la preparación de jarabes terminados.
- Elaborar y analizar cartas de control, para evaluar si el proceso se encuentra bajo control estadístico.
- Determinar la capacidad del proceso.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Calidad.

La inquietud que ha sentido el hombre por la calidad se remonta claramente a través del tiempo, y si bien se puede decir que la perspectiva de la calidad no ha aparecido en un momento histórico preciso, la calidad y su necesidad, concepto que ha ido evolucionando hasta nuestros días han estado presentes siempre, si bien la forma de gestionarla y la importancia que se le ha concedido no ha sido siempre la misma. Así se puede resumir que las etapas fundamentales en el movimiento de la calidad son (Ruiz-Canela López, J. 2004):

- Inspección.
- Control estadístico de la calidad.
- Aseguramiento de la calidad.
- Gestión de la calidad.

Algunas de las definiciones del concepto de calidad por diversos autores son:

- Según Walter Stewhart, hay dos aspectos comunes de calidad, uno de estos tiene que ver con la consideración de la calidad de una cosa como una realidad objetiva, independiente de la existencia del hombre. El otro tiene que ver con lo que pensamos, sentimos, o percibimos como resultado de la realidad objetiva. Este lado subjetivo de la calidad está ligado íntimamente al valor (Ruiz-Canela López, J. 2004).
- Para Joseph M. Juran la calidad es adecuación al uso, diferenciándose varios aspectos del producto que el usuario puede reconocer para comprobar si realmente le son de utilidad. Juran clasifica los aspectos o características del producto en diferentes especies (Ruiz-Canela López, J. 2004).
 - Contractuales: previsión de garantías, servicio de mantenimiento, etc.
 - Éticas: amabilidad del personal en su trato con el cliente, honradez en los trabajos realizados, la información dada por el producto, etc.
 - Psicológicas: belleza, olor, sabor, originalidad, etc.
 - Tecnológicas: dureza, flexibilidad, etc.
 - Temporales: rapidez de servicio, fiabilidad, durabilidad, disponibilidad, etc.
- Para Philip B. Crosby la calidad es la conformidad con los requerimientos claramente establecidos; es decir, recoger las especificaciones iniciales del cliente, y transformarlas en un formato técnico, considerando que sólo es posible garantizar las conformidades pactadas con la adecuada prevención de fallos (Ruiz-Canela López, J. 2004):
 - Conformidad del diseño a los requisitos del cliente.
 - Conformidad del producto fabricado y entregado posteriormente, con relación al diseño y especificaciones iniciales.
 - Conformidad del servicio prestado, con relación al pactado inicialmente con el cliente.

Las normas que consolidan la definición de calidad en el ámbito internacional son las denominadas ISO 9000, y que se asumen en Chile con el nombre de NCh ISO 9001:2015, Sistemas de gestión de la calidad.

3.1.1 Sistema de gestión de la calidad.

El sistema de la calidad viene definido según ISO como: “La estructura organizativa, procedimientos, procesos y recursos necesarios para la implementación de la calidad, y está compuesto por todas las acciones que se realicen en materia de calidad, contando, además, con un apoyo documental que va reflejando las ampliaciones del sistema, para poder alcanzar los objetivos de la calidad” (Sanguesa, M., Mateo, R., e Ilzarbe, L. 2006).

La implementación de un Sistema de Gestión de Calidad ó (SGS) requiere de una actitud proactiva de autoanálisis y de proposición de objetivos permanentemente; así como la implicación de todos los miembros de la organización, y muy especialmente de la alta dirección, que es la que debe liderar la gestión de calidad (Sanguesa, M., Mateo, R., e Ilzarbe, L. 2006).

La gestión de calidad tiene en cuenta todos los aspectos económicos y es responsable de todos los niveles directivos y su implantación involucra a todos los miembros de la organización, la implementación se realiza mediante:

- *La planificación de la calidad.* “Parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir los objetivos de la calidad”. En esta fase se incluyen tareas como la definición de los objetivos de calidad para las diferentes áreas de la organización, la planificación de la realización de auditorías internas, etc. (ISO 9001:2015: Sistema de gestión de la calidad).
- *El control de la calidad.* Consiste en aplicar una serie de técnicas y realizar determinadas actividades, encaminadas a ejecutar el seguimiento de un proceso o servicio, y a eliminar las causas de un funcionamiento erróneo o inadecuado (ISO 9001:2015: Sistema de gestión de la calidad).
- *El aseguramiento de la calidad.* Se definen como el conjunto de acciones planificadas e implantadas sistemáticamente dentro de un sistema de calidad para proporcionar confianza interna y externa (ISO 9001:2015: Sistema de gestión de la calidad).
- *Mejora de la calidad.* “Parte de la gestión de calidad orientada a aumentar la capacidad de cumplir con los requisitos de la calidad”. Los requisitos mencionados pueden estar relacionados con cualquier aspecto como la eficiencia o eficacia (ISO 9001:2015: Sistema de gestión de la calidad).

3.1.2 Control estadístico de la calidad.

Para comprender las técnicas del control estadístico de la calidad es necesario entender los fundamentos más necesarios de la estadística, que se describe a continuación.

3.1.2.1 Estadística.

Es la ciencia que trata de la recolección, tabulación, análisis, interpretación y presentación de datos cuantitativos. Cuenta con dos fases la estadística descriptiva y la inductiva.

- La estadística descriptiva o deductiva, se utiliza para describir y analizar un determinado sujeto y/o grupo.
- La estadística inductiva, su análisis parte de contar con una cantidad limitada de datos conocida como muestra, siendo esta representativa de una población en estudio, sin embargo, no se puede afirmar la certidumbre de manera absoluta por lo que se maneja el concepto de probabilidad (Besterfield, 2009).

3.1.2.2 Medidas de tendencia central

Es el valor numérico, que describe la posición central de los datos o la forma en que los datos tienden a acumularse al centro. Estos se clasifican en: promedio, mediana y la moda.

El promedio, es la suma de las observaciones divididas entre la cantidad de observaciones realizadas. Teniendo tres técnicas para realizar los cálculos, entre estos son (Besterfield, 2009):

- *Datos no agrupados.* Esta técnica es para datos que no están organizados, se define por la fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

, donde x_i es cada dato de la muestra y w_i su peso correspondiente.

- *Datos agrupados.* Técnica que se utilizan para datos que se han ordenado en una distribución de frecuencia, cuya fórmula está definida:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{n}$$

- *Promedio ponderado.* Técnica que utiliza varios promedios con diferentes frecuencias, Cuya fórmula está determinada:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

El promedio es una medida central necesaria para determinar la media del proceso y a partir de ello permite el cálculo de los límites de control para ser luego graficados en las cartas de control estadístico de la calidad. Partiendo de la base de datos de los resultados obtenidos cada día en la planta de producción (Besterfield, 2009).

3.1.2.3 Medidas de dispersión.

Estas medidas también son aplicables en el control estadístico de calidad mediante el cual entender la dispersión de la data o resultados de las variables en estudio de un determinado proceso. Que según el autor se define como sigue: "Describen la forma en que los datos se extienden o dispersan a cada lado del valor central, las medidas de dispersión que se utilizan en el desarrollo del control estadístico de la calidad son el rango, la desviación estándar y la varianza".

A continuación, se conceptualizará dos medidas de dispersión que son necesarios para analizar los resultados de las variables críticas definidas para su respectivo control diario mediante lo cual permitirá entender el proceso y sus variaciones respecto a la calidad de los productos.

- *Rango (recorrido o intervalo).* es la diferencia entre los valores observados; es decir es la diferencia entre el valor mayor y el valor menor de los datos obtenidos, es utilizado en la gráfica de control de media y rango, es valiosa para datos muy pequeñas; sin embargo, a medida que aumenta la cantidad de observaciones la exactitud del rango bajo, debido a que es fácil que haya valores muy bajos o altos, *“por lo tanto se sugiere limitar el uso de esta medida de dispersión a un máximo de 10 observaciones”*. Se expresa con la fórmula:

$$\mathcal{R} = x_h - x_i$$

- *Desviación Estándar.* es un valor numérico que permite medir la tendencia con mayor precisión de la dispersión de los datos. *“Implica que a menor desviación mejor será la calidad”*, es decir se debe utilizar cuando en las observaciones hay datos con valores extremos muy altos o bajos. Se define la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

(Besterfield, 2009).

3.1.2.4 Población y Muestra.

Los estudios estadísticos están enfocados a conocer y/o tomar decisiones acerca de una población o universo. A partir de una determinada muestra.

Población, es la colección completa de las mediciones, es decir, pueden estar formados por la totalidad de individuos, objetos o medidas de interés de un determinado estudio. Las poblaciones se clasifican en finitas o infinitas. Si es finita y pequeña es posible medir todos los individuos para tener un conocimiento “exacto” de las características (parámetros) de esa población. En cambio, si la población es infinita o grande es imposible e incosteable medir a todos los individuos, en este caso es preciso sacar una muestra representativa de dicha población. (Gutiérrez Pulido, 2013).

La población es el conjunto de todos los individuos en estudio que pueden tener la misma probabilidad a ser elegidos para ser parte de la muestra representativa, en caso de que la población es finita la muestra es el total de estas, entendiéndose también que la población depende de un caso en particular. Es decir, del contexto que se quiere analizar o estudiar.

Muestra, representan a la población de manera que se toman muestras, cuando es imposible de medir el total de la población cuando es muy costoso observar el 100% de los datos, cuando las pruebas son destructivas, son muy peligrosas, etc. *“Se ha demostrado que la inspección al 100% manual no es exacto como muestrear”*. (Gutiérrez Pulido, 2013).

3.1.2.5 Control Estadístico de la Calidad.

El control estadístico de la calidad, un concepto muy manejado en las industrias de Japón gracias a la difusión y aplicación del Dr. Deming en la mejora de la calidad en los procesos productivos (Griful Ponsati, 2010). Puede definirse como el conjunto de actividades de control de la calidad que utilizan técnicas estadísticas, como se sabe que los primeros conceptos fundamentales del control estadístico de la calidad fueron expuestos por W.E. Shewhart en 1924 y quedando establecida una buena parte de la terminología en 1930 por Shewhart en 1930 que hasta hoy en día es habitual utilizarlos.

Las técnicas de la estadística fueron utilizadas por el Dr. Shewhart hace varios años entendiendo que los resultados de los procesos de producción tenían variaciones que no se comportan de una misma forma. Es decir que no siempre grafican una curva de distribución normal (Griful Ponsati, 2010).

Shewhart creó la base para el gráfico de control y el concepto del control estadístico durante experimentos diseñados cuidadosamente. El Dr. Shewhart se basaba en teorías matemáticas y estadísticas puras, descubre que los datos derivados de procesos físicos raramente producen una "curva de distribución normal" (una distribución gaussiana, también llamada "curva en campana"). Descubrió que las variaciones en los datos de producción no se comportan siempre de la misma manera que en la naturaleza.

El Dr. Shewhart concluyó que mientras cada proceso muestra una variación, algunos procesos muestran variaciones controladas naturales dentro del proceso (causas comunes de variación), mientras otros muestran variaciones descontroladas que no están siempre presentes en el proceso (causa asignable).

En el intento de encontrar sistemas más económicos para controlar la calidad, se desarrolló el Control Estadístico de la Calidad. En este método se aplican conceptos estadísticos para analizar y controlar la calidad en los procesos de transformación permitiendo examinar un número reducido de piezas en una *muestra significativa de un lote*, en lugar de tener que inspeccionar el total de la producción (Griful Ponsati, 2010).

Shewhart hace énfasis en la medición de la calidad y ofrece un concepto pragmático de la misma al indicar que *"la medida de la calidad es cuantitativa y puede tomar diversos valores, dicho en otras palabras, la calidad sin importar cuál sea su medición y definición, siempre será una variable"*, este concepto está orientado al control estadístico de la calidad (Griful Ponsati, 2010).

La primera definición de proceso en estado de control (Shewhart 1931): *"Un fenómeno está controlado cuando, a través de la experiencia anterior, se puede predecir que por lo menos los resultados caerán dentro de los límites"*, es decir establecer aproximadamente la probabilidad de que el fenómeno observado caiga dentro de los límites dados (Griful Ponsati, 2010).

Shewhart entendía la calidad como un problema de variación que puede ser controlado y prevenido mediante la eliminación a tiempo de las causas que lo provocaban, de tal forma que la producción pudiese cumplir con la tolerancia de

especificación de su diseño. Para lograr este objetivo ideó las gráficas de control, que es un tema que será explicado posteriormente. La aproximación clásica del control estadístico de la calidad se basa en una distinción fundamental que contempla dos niveles de variabilidad:

- *Variabilidad controlada*. Se dice que está en estado de control, cuando la variabilidad era consecuencia de la actuación de unas causas y no son fáciles de detectar o identificar (causas aleatorias).
- *Variabilidad no controlada*. Se debe a otro tipo de causas, cuya actuación es esporádica (causas asignables).

El Dr. Shewhart llega a la conclusión que la calidad es un problema de variación, pero que esa variabilidad puede ser controlada o no controlada a lo que llamo causas aleatorias que son propios del proceso y variación no controlada definió como causas asignables que hacen su aparición de manera esporádica (Griful Ponsati, 2010).

Deming que trabajo con Shewhart, reformula los conceptos de *causas aleatoria* y *causa assignable*, insistiendo en la delimitación de responsabilidades en la actuación frente a las causas de variabilidad, aplica sus análisis a los procesos en general considerando las causas de Shewhart a los que define *como causas comunes y causas especiales* (Griful Ponsati, 2010).

Para Deming define a las causas comunes que son parte del sistema o consecuencias de la gestión, es decir es responsabilidad de los gestores. Por el contrario, las causas especiales no son parte del sistema, sino, que es el resultado de la actuación de agentes que se tiene que identificar y combatir, es decir es responsabilidad de los trabajadores o de los encargados del proceso y las gráficas de control son las herramientas para detectarlos o identificarlos. Deming profundiza las ideas de Shewhart llevándolos al campo de la gestión en todas las actividades que se desarrolla el ser humano, en otras palabras, llevándolo más allá del proceso de producción propiamente dicha (Griful Ponsati, 2010).

3.1.2.6 Variabilidad.

La variabilidad es parte de nuestra vida diaria; por ejemplo, el tiempo que tardamos en trasladarnos de nuestra casa al trabajo o escuela es diferente de un día a otro; la temperatura del ambiente es distinta de una hora a otra; lo dulce de una bebida que es preparada en casa es diferente de un día a otro, aunque aparentemente se preparó igual, etc. Esta variación que ocurre en nuestra vida también está presente en los procesos de las empresas.

Según la definición de Hald, la variabilidad es "*la diferencia entre el valor observado y el verdadero valor del fenómeno en cuestión*" (Hald, 1998). Sin embargo, podemos obtener una revisión más profunda en el artículo de Wild y Pfannkuch, (1999), que nos dan tres características fundamentales de la variabilidad:

- *Omnipresencia*: la variabilidad está presente en todos los actos de la vida cotidiana, es decir, no existen dos medidas iguales de un evento ni dos productos iguales obtenidos de un procedimiento mecánico, además de

endémica del sistema la dispersión puede ser inducida en la recogida de datos a través de la medida, de la muestra o accidentalmente.

- *Tiene consecuencias prácticas:* a causa de la dispersión es difícil establecer modelos predictivos, para ello tenemos que crear modelos estadísticos basados en el principio de erradicar el “ruido” creado por la dispersión.
- *La estadística nos da una forma de entender la dispersión.* Y a continuación define los tres tipos de respuesta que podemos dar a la dispersión:
 - Ignorarla: efectivamente, podemos hacer como que la variabilidad no existe. Esto se puede hacer en ciertos ámbitos, por ejemplo, en las tallas de ropa o en las de zapatos, existe una cierta variabilidad, pero la ignoramos.
 - Permitirla: si la consideramos y permitimos en nuestro sistema nos da la posibilidad de anticipar el diseño de nuestros sistemas, productos, etc., para que se vean lo menos afectados posibles por ella.
 - Cambiar el patrón (controlarla): se pueden buscar relaciones entre variables de manera que controlemos la variabilidad, si esto no es posible podemos estimar el grado de variabilidad y trabajar con ello.

Como hemos indicado antes, una de las características de la variabilidad es que la *estadística* nos da una forma de entenderla, esto es, de modelarla. Una de las grandes habilidades humanas es encontrar patrones, de hecho, descifrar patrones es lo que nos lleva a modelar la variabilidad. El principal problema que nos presenta esto es que podemos ver patrones donde no los hay, por ello hay que apoyarse en la *estadística* para modelizar atendiendo a tres cuestiones: en primer lugar, que el modelo nos proporciona un marco en el que el problema tiene sentido, en segundo lugar, construir un modelo adecuado a nuestro problema y por último comprender como se comporta el azar.

Reducir la variación de los procesos es un objetivo clave del control estadístico y de Seis Sigma. Por lo tanto, es necesario entender las causas de la variación, y para ello se parte de que en un proceso (industrial o administrativo) interactúan materiales, máquinas, mano de obra (gente), mediciones, medio ambiente y métodos. Estos seis elementos (las 6 M) determinan de manera global todo proceso y cada uno aporta algo de la variabilidad y de la calidad de la salida del proceso, como se esquematiza en la figura 1.

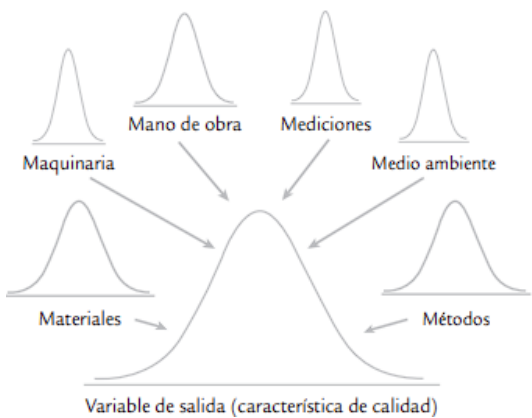


Figura 1: 6 M, cada M aporta a la variabilidad total observada. Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto, 2013.

El resultado de todo proceso se debe a la acción conjunta de las 6 M, por lo que, si hay un cambio significativo en el desempeño del proceso, sea accidental u ocasionado, su razón se encuentra en una o más de las 6 M. En un proceso, cada una de las 6 M tiene y aporta su propia variación; por ejemplo, los materiales no son idénticos, ni toda la gente tiene las mismas habilidades y entrenamiento. Por ello, será necesario conocer la variación de cada una de las 6 M y buscar reducirla. Pero además es necesario monitorear de manera constante los procesos, ya que a través del tiempo ocurren cambios en las 6 M, como la llegada de un lote de material no adecuado o con características especiales, descuidos u olvidos de la gente, desajustes y desgaste de máquinas y herramientas, etc. Debido a la posibilidad permanente de que ocurran estos cambios y desajustes, es necesario monitorear de manera constante y adecuada diferentes variables, que pueden ir desde características clave de los insumos, las condiciones de operación de los equipos, hasta las variables de salida de los diferentes procesos. Además, en los esfuerzos permanentes que es necesario realizar para mejorar la calidad y la productividad de un proceso, como lo contempla la estrategia Seis Sigma, resulta indispensable apoyarse en las técnicas y el pensamiento estadístico, ya que proporcionan metodologías que facilitan la planeación, el análisis y la toma de decisiones a través de:

- Identificar dónde, cómo, cuándo y con qué frecuencia se presentan los problemas (regularidad estadística).
- Analizar los datos procedentes de las guías clave del negocio, a fin de identificar las fuentes de variabilidad, analizar su estabilidad y pronosticar su desempeño.
- Detectar con rapidez, oportunidad y a bajo costo anomalías en los procesos y sistemas de medición (monitoreo eficaz).
- Ser objetivos en la planeación y toma de decisiones, y evitar frases como "se siente", "se cree", "la experiencia" y el abuso de poder en la toma de decisiones.
- Expresar los hechos en forma de datos y evaluar de manera objetiva el impacto de acciones de mejora.
- Enfocarse a los hechos vitales; es decir, a los problemas y causas realmente importantes.
- Analizar de manera lógica, sistemática y ordenada la búsqueda de mejoras (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

Para resumir, debemos tener en cuenta que la variabilidad es una realidad observable, que algunas veces puede ser explicada y para otras no tenemos el conocimiento suficiente aún. La variabilidad que no puede ser explicada viene de la variabilidad aleatoria ya que no podemos modelizarla, teniendo en cuenta que llamamos aleatoriedad a una construcción humana que no podemos "patronizar" (Wild y Pfannkuch, 1999).

3.1.3 Ciclo de la calidad.

Para mejorar la calidad y, en general para resolver problemas recurrentes y crónicos, es imprescindible seguir una metodología bien estructurada, para así llegar a las causas de fondo de los problemas realmente importantes, y no quedarse en atacar efectos y síntomas. En este sentido la mayoría de metodologías de solución de problemas están inspiradas en el ciclo de la calidad o ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), en el que se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planificar); éste se prueba en pequeña escala o sobre una base de ensayo tal como ha sido planeado (hacer); se analiza si se obtuvieron los efectos esperados y la magnitud de los mismos (verificar), y de acuerdo con lo anterior se actúa en consecuencia (actuar), ya sea con la generalización del plan si dio resultado, con medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o bien, se reestructura el plan si los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo. Una forma de llevar a la práctica el ciclo PHVA, es dividir a éste en ocho pasos o actividades para su solución, que se describen a continuación (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013):

1. *Seleccionar y caracterizar el problema.* En este primer paso se selecciona un problema importante, se delimita y se define en términos de su magnitud e importancia. Para establecer la magnitud es necesario recurrir a datos estadísticos para que sea clara la frecuencia la que ocurre el problema. Además, es necesario conocer cómo afecta al cliente (interno o externo) y el costo anual estimado de dicho problema. Con base en lo anterior se establece el objetivo del proyecto de mejora y se forma el equipo de personas que abordará dicho problema.
2. *Buscar todas las posibles causas.* En esta etapa se trata de buscar todas las posibles causas del problema, sin discutirlos. Para ello se recomienda aplicar una sesión de “*lluvia de ideas*”, con especial atención en los hechos generales y no en los particulares.
3. *Investigar las causas más importantes.* El objetivo de este tercer paso es elegir de la lista de posibles causas detectadas en el punto anterior, las más importantes. Siempre que sea posible, para esta elección se debe recurrir a análisis estadísticos (análisis de Pareto, estratificación, etc.). De lo contrario la elección de las causas más importantes se puede hacer por consenso o por votación. Al final de esta actividad se deberán tener las causas sobre las que se actuará para resolver el problema.
4. *Considerar las medidas remedio.* En este paso se deciden las medidas remedio para cada una de las causas sobre las que se ha decidido actuar. Se recomienda buscar que estas medidas lleguen al fondo de la causa, que modifiquen la estructura de la problemática; es decir, no adoptar medidas superficiales que dejen intactas las causas. Para acordar las soluciones para cada causa, se parte de los análisis hechos en el paso previo y/o de una sesión de lluvia de ideas. Para cada causa se debe completar la siguiente información sobre las soluciones: objetivo, dónde se aplicará, quién, cómo (plan detallado),

cuánto costará, cuándo se implantará, cómo se va a verificar si fue efectiva y efectos secundarios esperados.

5. *Implementar las medidas remedio.* En este paso se deben ejecutar las medidas remedio, acordadas antes, iniciando a pequeña escala sobre una base de ensayo. Además, se recomienda seguir al pie de la letra el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados, explicándoles los objetivos que se persiguen. Si hay necesidad de hacer algún cambio al plan previsto, esto debe ser acordado por el equipo responsable del proyecto.
6. *Revisar los resultados obtenidos.* Aquí, es necesario verificar con datos estadísticos si las medidas remedio dieron resultado. Una forma práctica es comparar estadísticamente la magnitud del problema antes con su magnitud después de las medidas. En caso de encontrar resultados positivos, éstos deben cuantificarse en términos monetarios.
7. *Prevenir recurrencia del mismo problema.* Si las soluciones no dieron resultado se debe repasar todo lo hecho, aprender de ello, reflexionar, obtener conclusiones y con base en esto empezar de nuevo. En cambio, si las soluciones dieron resultado, entonces se debe generalizar y estandarizar la aplicación de las medidas remedio, y acordar acciones para prevenir la recurrencia del problema. Por ejemplo, estandarizar la nueva forma de operar el proceso, documentar el procedimiento y establecer el sistema de control o monitoreo del proceso.
8. *Conclusión.* En este último paso se revisa y documenta todo lo hecho, cuantificando los logros del proyecto (medibles y no medibles). Además, se señalan las causas y/o problemas que persisten y señalar algunas indicaciones de lo que puede hacerse para resolverlos. Finalmente, elaborar una lista de los beneficios indirectos e intangibles que se logró con el plan de mejora.

Estos ocho pasos, aplicados a problemas recurrentes o a proyectos de mejora, tal vez en un principio parezcan un trabajo extra y lleno de rodeos, pero a mediano plazo liberan de muchas de las actividades que hoy se realizan y que no tienen ningún impacto en la calidad. En otras palabras, el seguir los ocho pasos sustituirá cantidad de acciones instantáneas por calidad de soluciones de fondo. Seguir los ocho pasos debe ser un hábito que se debe promover en todos los niveles de la empresa y en todos sus niveles directivos (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

3.2 Definición de procesos.

Según Pérez (2010), un proceso corresponde a un conjunto ordenado de actividades repetitivas, las cuales presentan una secuencia específica e interactúan entre sí, modificando y transformando los elementos de entrada en elementos de salida o resultados. Dicho resultado presenta un valor intrínseco tanto para el usuario como el cliente. Según lo planteado por Bonilla (2010), todo proceso es un conjunto de actividades que utiliza ciertos recursos para transformar elementos de entrada en

bienes o servicios capaces de satisfacer las necesidades y expectativas de distintas partes interesadas: clientes externos, clientes internos, comunidad, etc.

Según Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008), un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes.

Por su parte, Chase, Jacobs y Aquilano (2004), un proceso es cualquier parte de una organización que recibe insumos y los transforma en productos o servicios, mismos que se espera que sean de mayor valor para la organización que los insumos originales. Se considera que la comprensión del funcionamiento del proceso es esencial para asegurar la competitividad de una compañía; un proceso que no se ajusta a las necesidades de la empresa castigará a la misma cada minuto que opere.

3.2.1 Importancia de los procesos en las empresas.

Para Zaratiegui (1999), los procesos se consideran actualmente como la base operativa de gran parte de las organizaciones y gradualmente se van convirtiendo en la base estructural de un número creciente de empresas. Estos procesos, al requerir un conjunto de entradas materiales e inmateriales y componerse de actividades que van transformando estas entradas, cruzan los límites funcionales repetidamente. Por cruzar los mismos, fuerzan a la cooperación y van creando una cultura de empresa distinta, más abierta, menos jerárquica, más orientada a obtener resultados que a mantener privilegios.

A estas ventajas de preparación para el entorno actual, incierto y cambiante, se debe añadir la importante característica de que los procesos son altamente repetitivos. Su mejora exige una reflexión y planificación previa, además de la dedicación de unos medios, a veces considerables, pero proporciona un gran retorno sobre esas inversiones realizadas.

3.3 Definición de producción.

Según Tawifk y Chauvel (1993) "se entiende por producción la adición de valor a un bien (producto o servicio) por efecto de una transformación. Producir es extraer o modificar los bienes con el objeto de volverlos aptos para satisfacer ciertas necesidades". Como puede verse, la palabra producción no está solamente asociada con la fabricación sino con varias actividades más. Por lo tanto, se puede hablar de producción de servicios y producción de bienes materiales.

Para Riggs (2001), producción es el acto intencional de producir algo útil, y denota la generación tanto de bienes, como de servicios. La finalidad de la producción es crear un producto que tenga valor agregado. Continuando en este margen de ideas, la función de producción es fácilmente identificable dentro de los sectores primario y secundario de la economía, dentro de tales actividades es necesario conocer el insumo, el producto y las operaciones de transformación.

3.3.1 Definición de procesos de producción.

En lo que respecta al significado del proceso de producción, Fernández, Avella y Fernández (2006), consideran que es un conjunto de actividades mediante las cuales uno o varios factores productivos se transforman en productos.

La transformación crea riqueza, es decir añade valor a los componentes o inputs adquiridos por la empresa; por lo tanto, el material comprado es más valioso y aumenta su potencialidad para satisfacer las necesidades de los clientes a medida que avanza a través del proceso de producción. Refiriéndose a este mismo punto, Chase, Jacobs y Aquilano (2004), define a los procesos de producción como un sistema que utiliza recursos para transformar las entradas en alguna salida deseada. Las entradas pueden ser materia prima, un cliente o un producto terminado de otro sistema.

Chiavenato (1993), conocedor de la administración, hace referencia a los procesos de producción como la manera por la cual la empresa ordena sus organismos y realiza sus operaciones de producción para lograr una interdependencia lógica entre todas las etapas del proceso productivo, desde el momento en que los materiales y las materias primas salen de la bodega hasta llegar al depósito como producto terminado. De la misma manera, Riggs (2001), afirma que los también llamados sistemas de producción consisten en un proceso de diseño mediante el cual los elementos son transformados en productos útiles.

3.4 Proceso de mejora continua.

La mejora continua y su filosofía se basan principalmente en la resolución de problemas que pueden afectar principalmente tres factores, los costos en los que se incurre para llevar a cabo cada producto, proceso, servicio, entre otros; los tiempos involucrados en cualquier etapa de dicho proceso, fabricación o gestión de un proceso; y la calidad del producto que se le entrega al cliente final (Hernández & Vizán, 2013). Dichos problemas se pueden presentar tanto a gran escala, como son sistemas de producción completos que deben ser analizados, hasta en pequeñas tareas, que con un simple cambio pueden mejorar sustancialmente el desempeño del proceso completo.

El mejoramiento continuo se logra a través de acciones diarias, por pequeñas que éstas sean, las cuales permiten que los procesos y la empresa sean más competitivos en la satisfacción del cliente. Es importante que el mejoramiento continuo sea una idea internalizada y adoptada por completo en la conducta de todos los miembros de la organización (Maldonado, 2008).

Según Garza (2005), los típicos beneficios de emplear la mejora continua o Kaizen son los siguientes:

- Aumento de la productividad.
- Reducción del espacio utilizado.
- Mejoras en la calidad de los productos.
- Reducción del inventario en proceso.

- Reducción del tiempo de fabricación.
- Mejora del manejo y control de la producción.
- Aumento de la rentabilidad.
- Mejora la flexibilidad.
- Permite desarrollar el concepto de responsabilidad.

3.5 Herramientas de mejora continua.

La búsqueda de la mejora continua del desempeño global de la organización debe ser una prioridad y objetivo permanente de la organización. A continuación, se detallan algunos métodos y herramientas de mejora continua utilizadas en este trabajo.

3.5.1 Cartas de control.

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Así, es posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora. Cuando se habla de analizar el proceso nos referimos principalmente a las variables de salida (características de calidad), pero las cartas de control también pueden aplicarse para analizar la variabilidad de variables de entrada o de control del proceso mismo.

3.5.1.1 Límites de control.

Lo primero que debe quedar claro con respecto a los límites de una carta de control es que éstos no son las especificaciones, tolerancias o deseos para el proceso. Por el contrario, se calculan a partir de la variación del estadístico (datos) que se representa en la carta. Los límites de control son las líneas horizontales de un gráfico de control que sirven para determinar si un proceso está controlado o no.

Un gráfico de control tiene dos límites de control: el límite de control superior (LCS) y el inferior (LCI), que delimitan la zona de control por arriba y por abajo respectivamente.

Así pues, los límites de control son valores que se usan para indicar la zona de control de un proceso. Si la medición obtenida de un proceso está dentro de los límites de control, significa que el proceso está controlado. De lo contrario, se debe revisar el proceso porque es probable que se haya desviado.

3.5.1.2 Carta de control $\bar{x} - R$.

Los gráficos para el control de productos industriales fueron desarrollados inicialmente por W. Stewart en 1931, con el principal objetivo de investigar si un proceso se encuentra bajo control estadístico. El elemento clave en los gráficos de control es la muestra de control, que se utiliza para construir el gráfico y monitorizar el estado del procedimiento analítico.

El fundamento de los gráficos de control se basa en la asunción de la normalidad de los resultados de medida: cuando se lleva a cabo algún proceso de forma sistemática, bajo las mismas fuentes de influencia o variación, el proceso se

verá afectado por errores aleatorios que conducirán a una distribución normal de los resultados.

Esta afirmación es una consecuencia del teorema del límite central. Se dirá que el método analítico está bajo control si los resultados obtenidos con este método siguen las características de una distribución normal.

Cuando se miden las características de calidad mediante una muestra de artículos, en la mayoría de los casos se puede asumir que resulta aplicable el teorema del límite central y que el promedio de los valores medidos tendrá, aproximadamente, una distribución normal. Para describir completamente la distribución normal se necesitan dos parámetros, $\bar{x}$ y S. En consecuencia, se requieren dos gráficos para controlar cualquier característica variable: uno para vigilar el estimador de la media, y el otro para vigilar el estimador de la variabilidad (Bertrand L. Hansen, Prabhakar M. Ghare, 1999).

El estimador de la media es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Los estimadores de la variabilidad son:

$$R = x_i(\text{máximo}) - x_i(\text{mínimo})$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

A estos gráficos se les conoce normalmente como gráficos $\bar{x}$ y R o gráficos $\bar{x}$ y S. Los límites de control suelen establecerse en $K = 3$, esto es:

$$\begin{array}{lcl} \text{Límite superior} & = & \text{media del} \\ \text{de control (LCS)} & & \text{estimador} \end{array} + \begin{array}{l} 3 \text{ desviaciones estándar} \\ \text{del estimador} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Límite inferior} & = & \text{media del} \\ \text{de control (LCI)} & & \text{estimador} \end{array} - \begin{array}{l} 3 \text{ desviaciones estándar} \\ \text{del estimador} \end{array}$$

Cuando los resultados de los análisis de la muestra de control a lo largo del tiempo se encuentran dentro de los límites aceptados, se dice que el sistema se encuentra bajo control estadístico. Cuando se encuentran puntos fuera de los límites especificados, o se encuentran tendencias (Anexo 2: Pruebas de anomalías en el proceso), se dice que el sistema se encuentra fuera de control.

Se debe considerar que la carta de control $\bar{x}$ -R es un tipo de gráfico de control por variables, pues permite controlar una característica de naturaleza continua (peso, volumen, ángulo, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, tiempo, etc.).

3.5.1.3 Carta de individuales.

La carta de individuales es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos, donde hay un espacio largo de tiempo entre una medición y la siguiente. Ejemplos de este tipo de procesos son:

- Procesos químicos que trabajan por lotes.
- Industria de bebidas alcohólicas, en las que deben pasar desde una hasta más de 100 horas para obtener resultados de los procesos de fermentación y destilación.
- Algunas variables administrativas cuyas mediciones se obtienen cada día, cada semana o más. Por ejemplo, mediciones de productividad, de desperdicio, de consumo de agua, electricidad, combustibles, etcétera (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

En estos casos, la mejor alternativa es usar una carta de individuales, donde cada medición particular de la variable que se quiere analizar se registra en una carta.

Para determinar los límites de control se procede igual que en los casos anteriores, mediante la estimación de la media y la desviación estándar del estadístico W que se grafica en la carta, que en este caso es directamente la medición individual de la variable X . Por ello, los límites se obtienen con la expresión $\mu_x \pm 3\sigma_x$, donde μ_x y σ_x son la media y la desviación estándar del proceso, respectivamente. Es decir, los límites de control, en este caso, coinciden por definición con los límites reales. En un estudio inicial estos parámetros se estiman de la siguiente manera (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013):

$$\mu_x = \bar{x} \text{ y } \sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1.128}$$

donde $\bar{x}$ es la media de las mediciones, y $\bar{R}$ es la media de los rangos móviles de orden 2 (rango entre dos observaciones sucesivas en el proceso, orden a utilizar en el presente trabajo). Al dividir el rango promedio entre la constante d_2 se obtiene una estimación de la desviación estándar del proceso, σ . Además, como en este caso el rango móvil es de orden 2, entonces el valor de n para determinar d_2 será $n = 2$; por lo tanto, de acuerdo con el apéndice, cuando $n = 2$, $d_2 = 1.128$. De lo anterior se concluye que los límites de control para una carta de individuales están dados por:

$$\bar{x} \pm 3 \left(\frac{\bar{R}}{1.128} \right)$$

Por último, es importante comentar que una de las desventajas de la carta de individuales es su menor potencia o sensibilidad para detectar cambios en el proceso en comparación con la carta de medias. Sin embargo, bien utilizada e interpretada en muchos procesos no masivos, es una buena alternativa para detectar cambios. Otra desventaja es que, si la distribución de la característica de calidad analizada con la carta de individuales se desvía mucho de la distribución normal, los criterios de interpretación de la carta resultan afectados seriamente. Esto ocurre porque al utilizar muestras de tamaño $n = 1$ el teorema central del límite no aplica, y entonces los

datos graficados tienden a seguir directamente la distribución de la cual proceden, no necesariamente una normal (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

3.5.1.4 Carta de rangos móviles.

La carta de rangos móviles (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013) se ha empleado como complemento a la carta de individuales, donde se grafica el rango móvil de orden 2 para detectar cambios en la dispersión del proceso. Sin embargo, estudios recientes demostraron que la carta de individuales es suficientemente robusta para detectar cambios tanto en la media como en la dispersión del proceso, ya que cuando una medición individual se dispara esto afecta directamente los dos rangos móviles en los que participa. Por ello, hay una tendencia a utilizar sólo la carta de individuales. Los límites de control se obtienen de la misma forma que en una carta de rangos, pero en este caso las constantes D_3 y D_4 se determinan usando el tamaño de subgrupo $n = 2$, ya que cada rango se obtiene de dos datos (las mediciones consecutivas). Por lo tanto, los límites de esta carta están dados por:

$$\text{Limite de control inferior} = D_3 * \bar{R}$$

$$\text{Limite central} = \bar{R}$$

$$\text{Limite de control superior} = D_4 * \bar{R}$$

3.5.2 Índices de capacidad para procesos con doble especificación.

Los índices de capacidad son mediciones especializadas que sirven para evaluar de manera práctica la habilidad de los procesos para cumplir con las especificaciones. Sin embargo, en ocasiones se ha abusado de su uso sin considerar sus limitaciones, por eso es importante conocerlos bien para interpretarlos de manera correcta. Los procesos tienen variables de salida o de respuesta, las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria (procesos con doble especificación).

Evaluar la capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de éste para una característica de calidad dada, lo cual permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

3.5.2.1 Índice C_p .

El índice de capacidad potencial es una comparación entre los límites de especificación (tolerancia) y los límites del proceso sin tomar en cuenta la ubicación de este. El índice de capacidad real si toma en cuenta la localización del centro del proceso en comparación con los límites de especificación. Si un proceso no es potencialmente capaz, definitivamente tampoco tiene capacidad real (Escalante Vázquez, Edgardo J., 2006).

Los límites de especificación se establecen basándose en la funcionalidad del producto y son determinados por el departamento de diseño del cliente o por normatividad.

El índice de capacidad potencial del proceso, C_p , se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. Como se puede observar, el índice C_p compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste:

$$C_p = \frac{\textit{Variación tolerada}}{\textit{Varación real}}$$

Decimos que 6σ (seis veces la desviación estándar) es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal. Incluso si no hay normalidad, en $\mu \pm 3\sigma$ se encuentra un gran porcentaje de la distribución debido a la desigualdad de Chebyshev y a la regla empírica.

Para que el proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice C_p sea mayor que 1; y si el valor del índice C_p es menor que uno, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones. Para una mayor precisión en la interpretación en la Figura 5, se presentan cinco categorías de procesos que dependen del valor del índice C_p , suponiendo que el proceso está centrado. Ahí se ve que el C_p debe ser mayor que 1.33, o que 1.50 si se quiere tener un proceso bueno; pero debe ser mayor o igual que dos si se quiere tener un proceso de clase mundial (calidad Seis Sigma).

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1,33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Tabla 1: Valores del C_p y su interpretación. Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto, 2013.

Un aspecto que es necesario destacar es que la interpretación que se da en la figura 5, está fundamentada en cuatro supuestos:

- La característica de calidad se distribuye de manera normal.
- El proceso está centrado.
- El proceso está estable (está en control estadístico).
- Se conoce la desviación estándar del proceso (la desviación estándar no es una estimación basada en una muestra).

La violación de alguno de estos supuestos, sobre todo de los últimos dos, afecta de manera sensible la interpretación de los índices.

Si al analizar el proceso se encuentra que su capacidad para cumplir especificaciones es mala, entonces algunas alternativas de actuación son:

- Mejorar el proceso (centrar y reducir variación).
- Mejorar su control y el sistema de medición.
- Modificar tolerancias.
- Inspeccionar el 100% de los productos.

Por el contrario, si hay una capacidad excesiva, ésta se puede aprovechar (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

3.5.2.2 Índices C_{pi}, C_{ps} y C_{pk}.

Estos índices son utilizados para corregir las desventajas que presentan el índice de capacidad potencial (C_p), que no toman en cuenta el centrado del proceso, debido a que en su fórmula no incluye de ninguna manera la media del proceso (μ). Para ello se evalúan por separado el cumplimiento de la especificación inferior y superior, a través del índice de capacidad para la especificación inferior (C_{pi}), y el índice de capacidad para la especificación superior (C_{ps}), respectivamente, los cuales se calculan de la siguiente manera:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \text{ y } C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Estos índices sí toman en cuenta μ , al calcular la distancia de la media del proceso a una de las especificaciones. Esta distancia representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media. Por esto sólo se divide entre 3σ porque sólo se está tomando en cuenta la mitad de la variación natural del proceso. Para interpretar los índices unilaterales es de utilidad la figura 5; no obstante, para considerar que el proceso es adecuado, el valor de C_{pi} o C_{ps} debe ser mayor que 1.25, en lugar de 1.33.

Por su parte el índice C_{pk}, que se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión corregida del C_p que sí toma en cuenta el centrado del proceso. Existen varias formas equivalentes para calcularlo, una de las más comunes es la siguiente:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Como se aprecia, el índice C_{pk} es igual al valor más pequeño de entre C_{pi} y C_{ps}, es decir, es igual al índice unilateral más pequeño, por lo que si el valor del índice C_{pk} es satisfactorio (mayor que 1.25), eso indica que el proceso en realidad es capaz. Si $C_{pk} < 1$, entonces el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice C_{pk} son los siguientes:

- El índice C_{pk} siempre va a ser menor o igual que el índice C_p. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.

- Si el valor del índice C_{pk} es mucho más pequeño que el C_p , significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice C_{pk} estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice C_p .
- Cuando el valor del índice C_{pk} sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que $C_{pk} > 1.45$.
- Es posible tener valores del índice C_{pk} iguales a cero o negativos, e indican que la media del proceso está fuera de las especificaciones (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

3.5.2.3 Índice C_{pm} (índice de Taguchi).

Los índices C_p y C_{pk} están pensados a partir de lo importante que es reducir la variabilidad de un proceso para cumplir con las especificaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal (calidad óptima). Es decir, la mejora de un proceso según Taguchi debe estar orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal, N , y no sólo para cumplir con especificaciones. En consecuencia, Taguchi (1986) propone que la capacidad del proceso se mida con el índice C_{pm} que está definido por:

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

, donde τ (tau) está dada por: $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$ y N es el valor nominal de la característica de calidad; EI y ES son las especificaciones inferior y superior. El valor de N por lo general es igual al punto medio de las especificaciones, es decir, $N = 0.5(ES + EI)$. El índice C_{pm} compara el ancho de las especificaciones con 6τ ; pero τ no sólo toma en cuenta la variabilidad del proceso, a través de σ^2 , sino que también toma en cuenta su centrado a través de $(\mu - N)^2$. De esta forma, si el proceso está centrado, es decir, si $\mu = N$, entonces C_p , C_{pk} y C_{pm} son iguales.

Cuando el índice C_{pm} es menor que 1 significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad. Por lo tanto. Por el contrario, cuando el índice C_{pm} es mayor que 1, eso quiere decir que el proceso cumple con especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de las especificaciones. Si C_{pm} es mayor que 1.33, entonces el proceso cumple con especificaciones, pero además la media del proceso está dentro de la quinta parte central del rango de especificaciones.

Para finalizar es necesario recordar para que estos índices de capacidad de doble especificación sean aplicados para pronósticos de desempeños, estos deben ser:

- Lo procesos deben ser estables.
- La característica de calidad (N) se distribuya en forma normal o no tan diferente a ésta.

- Si los cálculos están basados en muestra pequeña, no es recomendado utilizar estos índices de capacidad (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

3.5.3 Capacidad de largo plazo e índices de P_p y P_{pk} .

Cuando hablamos de capacidad de un proceso podemos tener una perspectiva de corto o largo plazo. La capacidad de corto plazo se calcula a partir de muchos datos tomados durante un periodo suficientemente corto para que no haya influencias externas sobre el proceso (por ejemplo, que no haya importantes cambios de temperatura, turnos, operadores, lotes de materia prima, etc.). El hecho relevante para que sea capacidad de corto plazo es que la desviación estándar utilizada sea de corto plazo, y ésta también se puede estimar de muchas muestras pequeñas (subgrupos) de piezas consecutivas obtenidas durante un periodo largo. Por lo tanto, esta capacidad representa el potencial del proceso, es decir, lo mejor que se puede esperar del mismo. Por otra parte, está la perspectiva de largo plazo que, a final de cuentas, es la que le interesa al cliente. De aquí que la capacidad de largo plazo se calcula con muchos datos tomados de un periodo suficientemente largo como para que los factores externos influyan en el desempeño del proceso. En la práctica, para diferenciar entre capacidad de corto y de largo plazo se emplean dos diferentes formas de estimar la desviación estándar del proceso.

Para calcular σ de largo plazo se determina de manera directa la desviación estándar de todos los datos ($\sigma=S$). Por lo tanto, si se tiene una buena cantidad de datos y éstos representan un periodo suficientemente grande, entonces se tendrá una perspectiva de largo plazo en la cual se consideran los desplazamientos y la variación del proceso a través del tiempo; además, se toma en cuenta la variación entre muestras y dentro de muestras. Con esta desviación estándar se pueden calcular los índices P_p y P_{pk} (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

3.5.3.1 Índices P_p y P_{pk} .

Estos índices están enfocados al desempeño del proceso a largo plazo, y no sólo a su capacidad. Por ello, el índice de desempeño potencial del proceso (P_p) se calcula de la siguiente manera:

$$P_p = \frac{ES - EI}{6\sigma_L}$$

donde σ_L es la desviación estándar de largo plazo. el índice P_p se calcula en forma similar al C_p , la única diferencia es que P_p utiliza σ_L , mientras que C_p usualmente se calcula con la desviación estándar de corto plazo. Un problema del índice P_p es que no toma en cuenta el centrado del proceso, por ello suele complementarse con el índice de desempeño real del proceso P_{pk} que se obtiene con:

$$P_p = \frac{\mu - EI}{3\sigma_L}, \frac{ES - \mu}{3\sigma_L}$$

Advierta que este índice se calcula de la misma manera que el índice C_{pk} , la única diferencia es que P_{pk} utiliza σ_L (Humberto Gutiérrez Pulido, 2013).

4 DESARROLLO

4.1 Planta de Concón, Coca-Cola Embonor S.A.

La Compañía Coca-Cola Embonor S.A. cuenta con una planta embotelladora ubicada en la comuna de Concón, Quinta Región de Valparaíso, la cual se encarga de embotellar y distribuir los diversos productos que fabrica la empresa.

El área de Operaciones de dicha planta está compuesta por el Gerente industrial zona centro, quien tiene bajo su cargo al sub-Gerente de Operaciones, jefe de Calidad-Inocuidad, jefe de Excelencia operacional y jefe de seguridad ocupacional. A su vez el sub-Gerente de operaciones tiene su cargo al jefe de Mantención, jefe de Producción, jefe de Planificación y jefe de Procesos.

Para dar abastecimiento a toda la V Región, Coca-Cola Emonor S.A., cuanta con turno rotativos para las áreas de producción, distribución, bodega producto terminado (BPT), bodega general y patio.

4.1.1 Sala de jarabe, planta de Concón, Coca-Cola Embonor S.A.

La sala de jarabe de Coca-Cola Embonor S.A. planta Concón, se encarga de la elaboración de todos los jarabes, tanto, jarabe simple (agua tratada con azúcar a 60ºbrix), azucarados y dietéticos (light, sin azúcar y aguas saborizadas). Al contar con turnos rotativos, los trabajadores de esta área se distribuyen de la siguiente forma; para el turno de mañana, sala de jarabe se compone de 4 trabajadores:

- 1 encargado de sala de jarabe.
- 2 operadores de la sala de jarabes (jarabero).
- 1 disolutor de jarabe simple.

En tanto en el turno de tarde se compone de solo 1 jarabero. Y el turno nocturno:

- 2 Jaraberos.
- 1 disolutor de jarabe simple.

4.1.2 Característica de los procesos productivos de la sala de jarabe:

Todo proceso productivo desarrollado en la sala de jarabe que presenta Coca-Cola Embonor S.A., se basa en 3 características:

1. Procesos más rápidos: la fabricación de 2 matrices de conexión permite mayor fluidez en la elaboración de jarabes y productos terminados, una de estas matrices es para abastecer la elaboración de jarabes azucarados, y la segunda matriz para abastecer las diferentes líneas (1, 2, 3 y 5), permitiendo unir dos líneas productivas a un solo estanque.
2. Personal Multidisciplinario: Los disolutores y jaraberos son capacitados para desempeñar funciones ascendentes o descendientes (disolutor a jarabero o viceversa y jarabero a encargado de sala jarabe o viceversa), además de pertenecer al personal autorizado para las diferentes evaluaciones sensoriales (de jarabes simples, jarabe y productos terminados).
3. Plan de Producción: Se planifican lotes a producir según requerimiento de los clientes internos de ventas, las cuales son programadas y proyectadas de forma diaria de acuerdo con las demandas requeridas.

En base a lo descrito anteriormente, se procede a definir cuáles son las labores que deben desempeñar cada trabajador de producción de la sala de jarabe de Coca-Cola Embonor S.A., planta Concón.

4.1.3 Roles y Funciones de los jaraberos de la sala de jarabe.

Por lo establecido por Coca-Cola Embonor S.A, a continuación, se detalla los cargos y las labores que deben ejercer los diferentes jaraberos y/o disolutores de la sala de jarabe.

4.1.3.1 Objetivo General del Cargo.

Es el responsable de realizar la elaboración de jarabes terminados y preparaciones de acuerdo con las instrucciones maestras y obtener dicho producto dentro de especificación.

4.1.3.1.1 Funciones Operacionales jarabe terminado.

1. Revisar las novedades del turno anterior para conocer en qué punto se encuentran las diferentes preparaciones o a la espera de resultados de Control de Calidad (preparaciones dietéticas), realizándolo al inicio del turno.
2. El personal encargado de la elaboración de preparaciones y de jarabes terminados conocen claramente los pasos indicados en la tabla de IMM para cada producto elaborado de modo de asegurar el cumplimiento de los procedimientos operacionales estándar de la Planta Embotelladora:
1. Verificar las partes y cantidades de unidades de los concentrados a utilizar, realizado en conjunto con bodega general.
 - Respetar el orden de adición.
 - Pasar el producto a través de un tamiz de acero inoxidable o colector magnético en las ubicaciones apropiadas del proceso.
 - Utilizar agua tratada para la elaboración del jarabe simple a partir de sacarosa granulada, solo si la preparación de jarabe terminado es azucarada.
 - No ajustar la receta o fórmula sin la autorización de la unidad de negocios.
 - Respetar el tiempo de agitación de 30 minutos.
 - Realizar análisis de sólidos solubles (grados Brix). o de concentración según corresponda.
 - Adicionar agua solamente si es necesario para llevar a valor estándar.
3. Garantizar el cumplimiento de cada uno de los siguientes objetivos de rendimiento:
 - Rendimiento de lote de jarabe: no debe ser superior al 100% según el volumen de jarabe o según las IMM.
 - Rendimiento de bebida homogenizada: no debe ser superior al 100% según el volumen de concentrado o base de bebidas.
 - Rendimiento de la bebida terminada de mezcla continua: no debe ser superior al 100% según el volumen de concentrado o base de bebidas.
4. Seguir la matriz de limpieza y desinfección previamente validada de los diferentes estanques (jarabe simple o terminado).

5. Para la elaboración de los productos de la Compañía, no se debe realizar intercambios de unidades de concentrados o de sus partes, entre plantas elaboradoras a menos que sea autorizado por TCCC.
6. No reprocesar productos una vez colocados en envases primarios originales como bebidas terminadas, jarabes post mix y productos de dispenser.
7. Realizar ensayo sensorial de bebida homogenizada por cada lote/ bebida final, conforme a las IMM antes de liberarlos a producción.

4.1.3.1.2 Funciones Operacionales mezcla de jugos.

1. Asegurar la calidad de los jugos recibidos, si ésta no coincide con la especificación, o fuera de la tolerancia definida, se debe enviar la información a la CPS.
2. Validar los tiempos definidos de descongelación mediante evaluaciones microbiológicas de estabilidad de sabor y color.
3. Los tanques de jugos congelados sólo pueden descongelarse una vez.
4. Manipulación del remanente:
 - Desechar jugos con pH superior a 4.4 cuando no sean consumidos completamente para evitar proliferación microbiana.
 - Cuando se consuman tanques parciales de concentrado de jugo líquido, garantizar que se encuentre completamente homogéneo.
 - El remanente de jugo puede volver a congelarse solamente una vez a menos que se especifique lo contrario en las IMM respectivas

4.1.3.1.3 Funciones y Obligaciones de Seguridad.

1. Solicitar permisos de trabajo, en el caso de realizar alguna operación definida como trabajo peligroso (trabajos en altura, espacios confinados, trabajos con calor y energías peligrosas).
2. Respetar el plan de circulación definido en la planta, utilizando las vías de tránsito demarcadas.
3. Utilizar en forma permanentemente y adecuada los elementos de protección personal asociados a su trabajo: zapatos de seguridad, protector auditivo, guantes y lentes de seguridad para la línea vidrio.
4. Detener absolutamente una máquina, antes de realizar alguna intervención en su interior, con el fin de evitar cualquier tipo de atrapamiento.
5. Avisar a las jefaturas que se encuentre más cercana en el caso de detectar cualquier acción insegura que pueda estar realizando un operador propio o un contratista que se encuentre al interior.
6. Conocer y aplicar las definiciones de las matrices de riesgo definidas para cada línea.
7. Velar por el autocuidado personal, además del cuidado de equipos y terceros.

4.1.3.1.4 Funciones y Obligaciones de Calidad e Inocuidad.

1. Verificar “siempre” que los insumos asociados al lote de fabricación correspondan a los definidos (partes de los concentrados).
2. Cumplir a cabalidad el programa de sanitización y limpieza de acuerdo con frecuencias y formas definidas para cada estanque.

3. En caso de cualquier desviación que ponga en riesgo la calidad e inocuidad del producto, dar aviso de inmediato al jarabero o encargado de sala de jarabe (dependiendo del turno) y detener el proceso. No reiniciar hasta que los parámetros se encuentren dentro de estándar, y que el encargado de sala de jarabe de la instrucción.
5. Llenar todos los registros asociados a los controles y frecuencias definidos para monitorear el desempeño de calidad, inocuidad, seguridad y medio ambiente para cada jarabe elaborado.
6. Segregar todo desecho de acuerdo con los protocolos establecidos en cada contenedor asignado para ello.
7. En lo posible evitar la generación de residuos, sean estos en forma involuntaria o accidental del proceso.
8. Gestionar el buen uso de los recursos hídricos y energéticos utilizados por los equipos para el funcionamiento.
9. Cuidar y mantener buenas prácticas de uso de los materiales quebradizos para evitar que estos se transformen en residuo reciclable.

Luego de detallar el cargo y labores que deben realizar cada disolutor o jarabero en la sala de jarabe, se elabora la descripción del proceso y las decisiones que deben tomar cada manipulador de la sala de jarabe.

4.1.4 Diagrama de flujo de decisiones en la elaboración de jarabe terminado.

Para mejorar cualquier tipo de proceso, se debe conocer tanto las entradas como sus salidas, junto con sus detalles, nos permitirá tener una perspectiva mucho más amplia de como operar, mejorar la funcionalidad y la eficiencia de éste. Para ello se utilizó como fuente los procedimientos ya estandarizados por Coca-Cola Chile, conocidos como POE's, perteneciente al sistema integrado de gestión.

A raíz de esto se genera el diagrama de flujo general en la toma de decisiones en la línea de proceso de elaboración de jarabe terminado en la sala de jarabe. Dicho diagrama está compuesto por 4 fases, las cuales son las siguientes:

- Fase de Recepción de insumos.
- Fase de solicitud y recepción de insumos.
- Fase en la preparación de jarabe terminado en disolutor.
- Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado.

Este diagrama de flujo que se aprecia en las figuras: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, se realiza enfocado en el criterio de toma de decisión en la elaboración de jarabe terminado (azucarado o dietético). Además, se complementa con la descripción de funciones que debe realizar cada operador dentro del área de sala de jarabe.

4.1.4.1 Fase Recepción de insumos.

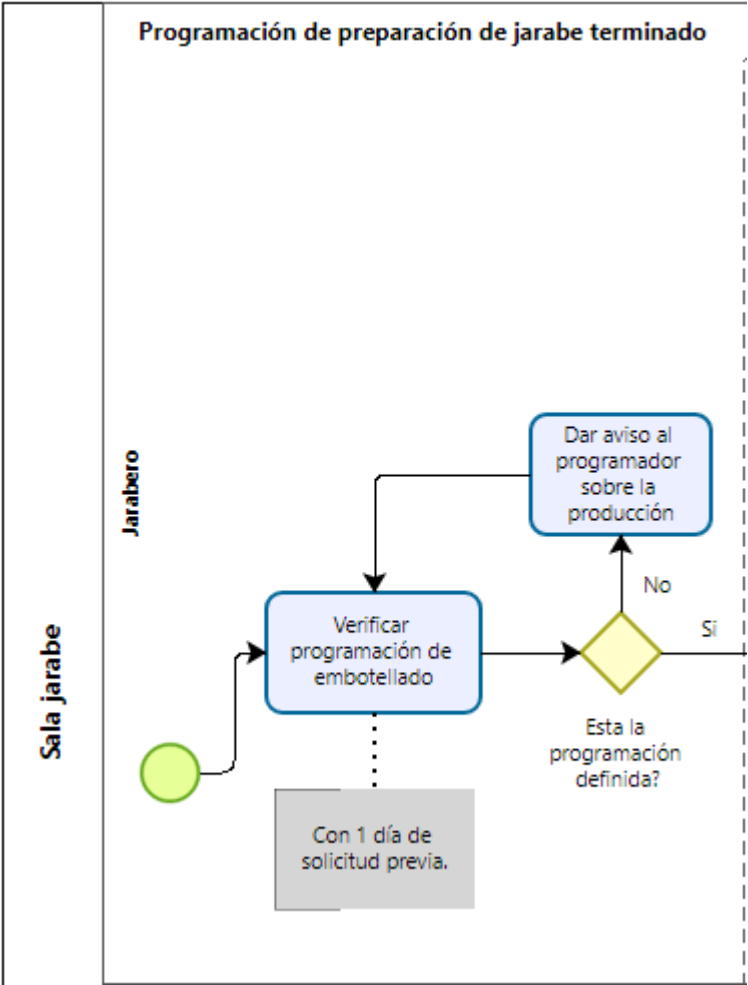


Figura 2: Diagrama de flujo de decisión en la verificación de programación diaria de jarabe terminado, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

Esta fase inicia con el jarabero, el cual debe verificar diariamente la programación de embotellación, la cual está sujeta a la preparación de jarabes terminados y con un día de anticipación. Si este programa no se encuentra disponible, debe dar aviso inmediatamente al programador de producción.

4.1.4.2 Fase de Solicitud y recepción de insumos.

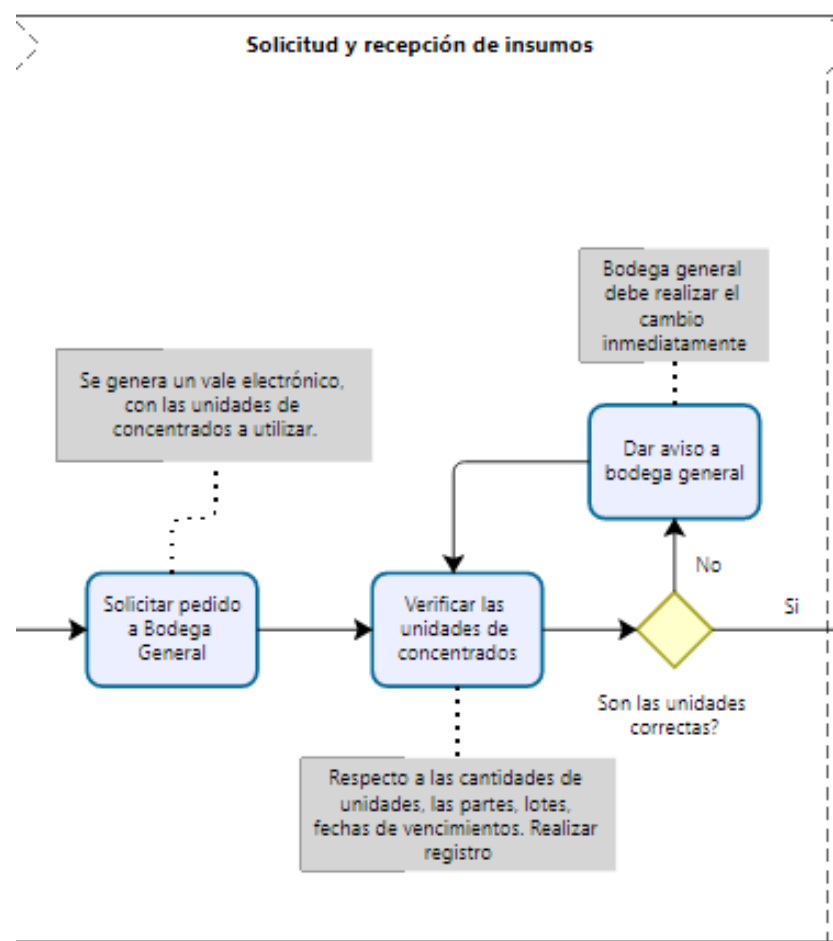


Figura 3: Diagrama de flujo de decisión en la solicitud y recepción de insumos, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

En esta fase el jarabero, genera un vale electrónico con las unidades de concentrados a utilizar, además, debe imprimir dicho vale para ser entregado a bodega general. Una vez recepcionado el vale impreso el jarabero debe:

- Verificar las unidades de concentrados sean las correctas para la preparación de jarabe terminado (cantidad de partes que conforman las unidades, fecha de vencimiento y lotes). Dicha verificación se debe realizar con el bodeguero pues es la persona que entrega los insumos y si llegase a presentar falta o falencia en los insumos estos puedan ser cambiado inmediatamente. Se debe realizar registro de entrega con el victo bueno de cada una de las partes implicadas.
- Inspeccionar visualmente si las partes de las unidades no presentan defectos (daño en las cajas o bidones plásticos, piquete en las bolsas, humedad en las cajas y si no presentan etiquetas de "no uso"), si presentan desperfectos el jarabero debe avisar a bodega general y a encargado de sala de jarabe.

4.1.4.3.1 Fase Preparación jarabe terminado en disolutor, parte 1.

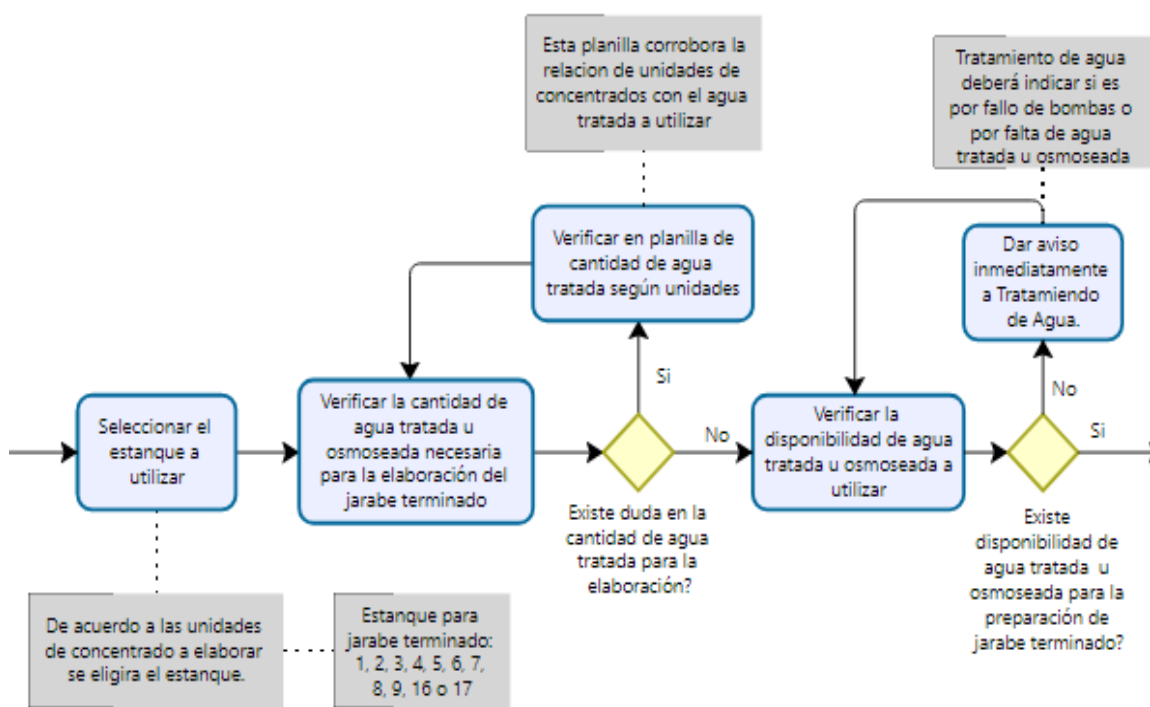


Figura 4: Diagrama de flujo de decisión en la preparación de jarabe terminado en disolutor, parte 1, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

- Una vez recepcionado las unidades de concentrados y posteriormente dado el victo bueno, el jarabero debe seleccionar el estanque a utilizar (este dependerá de las unidades a preparar). Posteriormente deberá realizar las siguientes verificaciones:
- Limpieza y desinfección previamente validada de los diferentes estanques de jarabe terminado, la verificación de limpieza de los estanques se realiza mediante análisis de trazas de azúcar (diferencia de densidades de aguas entre la entrada y salida del estanque), trazas de cafeína (método de transmitancia utilizando el agua de entrada al estanque como blanco), organoléptico para sabores pungente y análisis microbiológicos.
 - La cantidad de agua necesaria para la preparación del jarabe terminado. Esta información se encuentra disponible en la planilla de mezcla maestra relación de unidades de concentrados y agua, dicha relación varía según el sabor a elaborar.
 - Disponibilidad de agua (según la preparación a realizar), si la disponibilidad no es la necesario, el jarabero debe informar inmediatamente a operador de tratamiento de agua, y éste deberá verificar si el fallo es por bomba o falta de nivel de agua tratada.

4.1.4.3.2 Fase Preparación jarabe terminado en disolutor, parte 2.

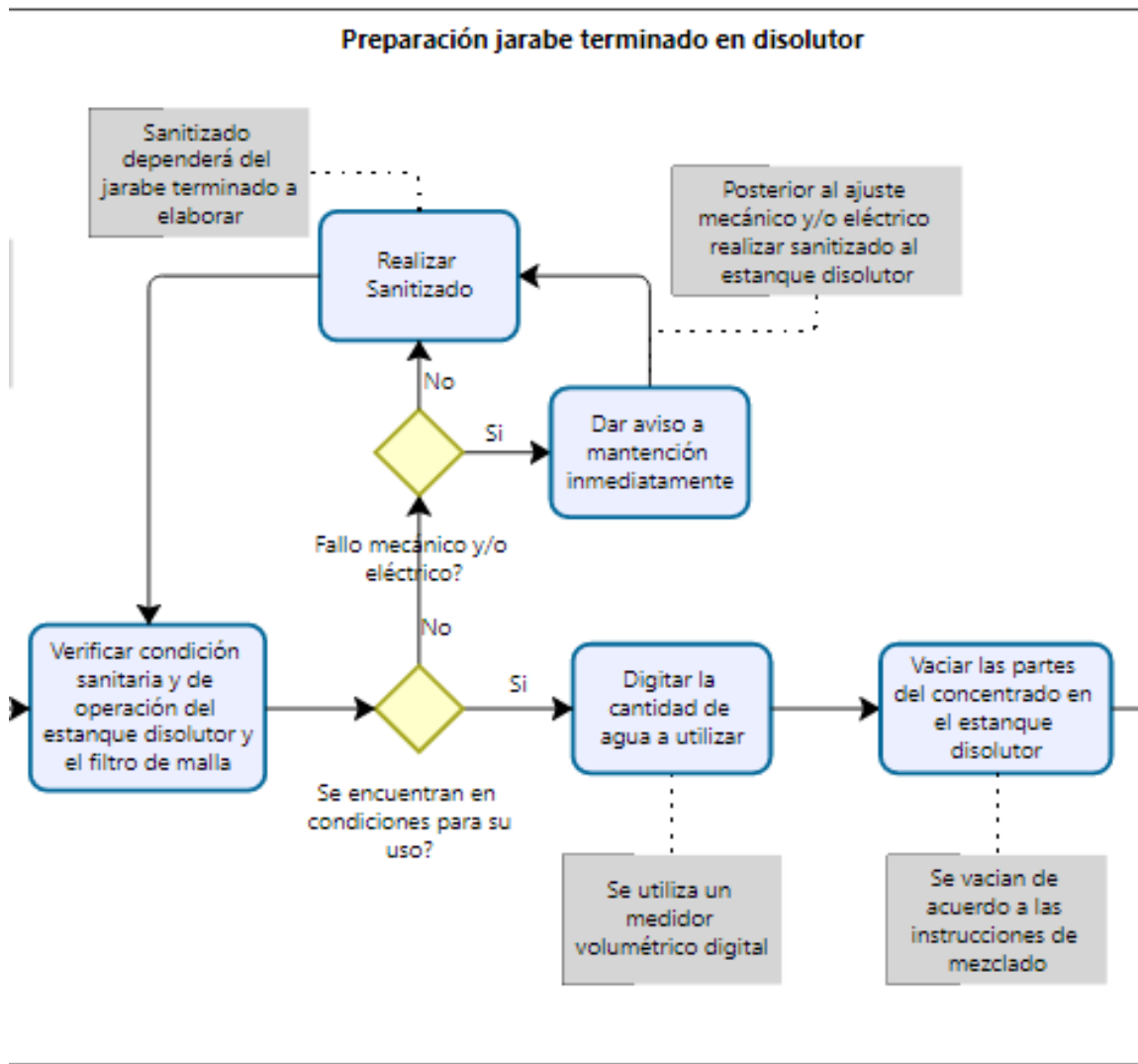


Figura 5: Diagrama de flujo de decisión en la preparación de jarabe terminado en disolutor, parte 2, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

- Condición sanitaria, el jarabero debe revisar el registro de preparación del último sabor realizado para determinar el tipo de sanitizado a realizar (si se realizó una preparación de sabor pungente el sanitizado debe ser exhaustivo), y el correcto funcionamiento del estanque disolutor y del filtro de malla, si presenta falla en alguno de estos dos elementos, el jarabero debe dar aviso inmediatamente al área de mantención, estos determinarán si la falla es mecánica o eléctrica. Al normalizar la operación (arreglos dentro del estanque disolutor o filtro de malla), el jarabero debe realizar un sanitizado exhaustivo al estanque disolutor.

Posteriormente el jarabero digita (en el medidor volumétrico digital) la cantidad de agua a utilizar. Luego de esta operación, comienza a vaciar las partes del concentrado en el estanque disolutor (el orden de vaciado de las partes está descrito en las instrucciones de mezclado).

4.1.4.3.3 Fase Preparación jarabe terminado en disolutor, parte 3.

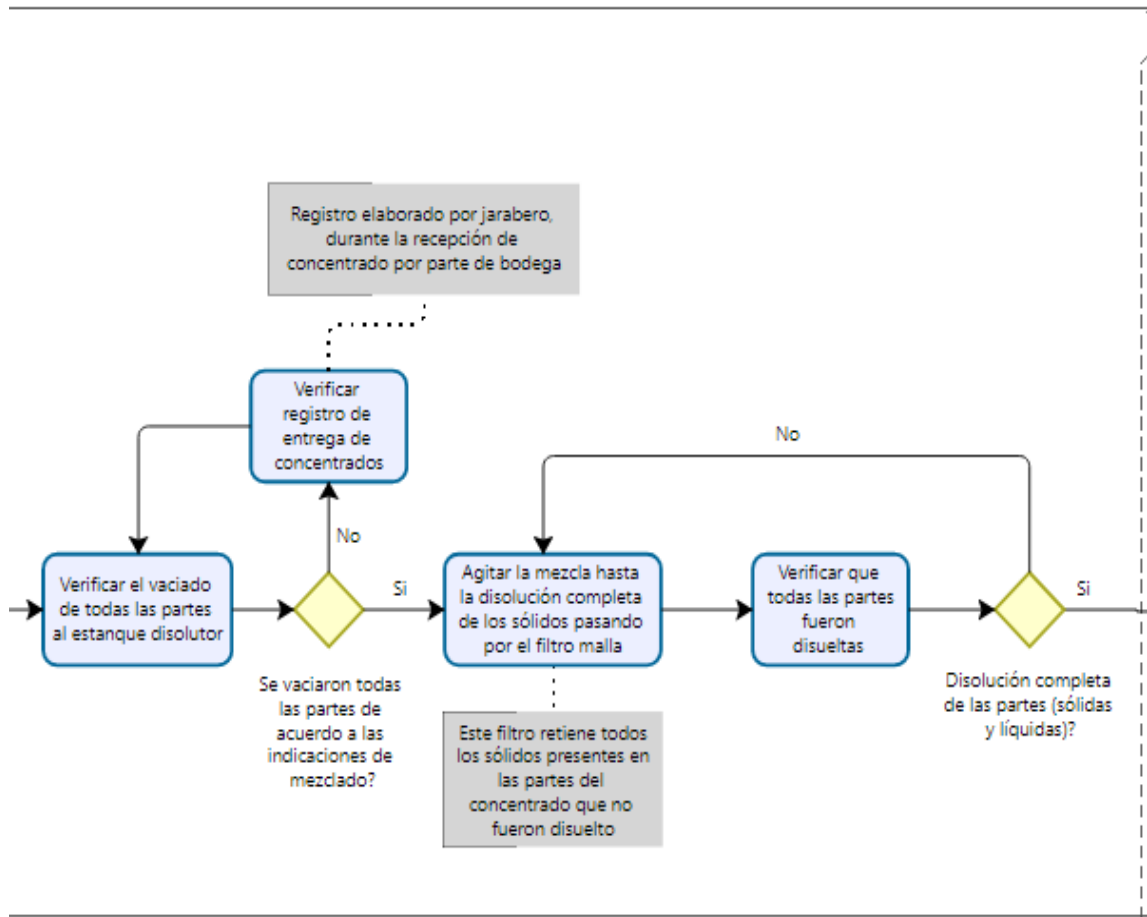


Figura 6: Diagrama de flujo de decisión en la preparación de jarabe terminado en disolutor, parte 3, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

En este parte de la fase de preparación de jarabe en disolutor, el jarabero debe verificar:

- El vaciado completo de todas las partes que conforman las unidades del concentrado, utilizando el registro de entrega de insumos (este registro fue elaborado en la recepción de unidades de concentrados por parte del bodeguero y el jarabero).
- La agitación hasta la disolución completa de los sólidos (la mezcla pasa reiteradamente por el filtro de malla, el cual retiene todos los sólidos que no fueron disueltos). Finalizado el tiempo de agitación si se visualizan grumos o sólidos en la mezcla esta debe ser agitada el tiempo necesario hasta su completa disolución.

4.1.4.4.1 Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 1.

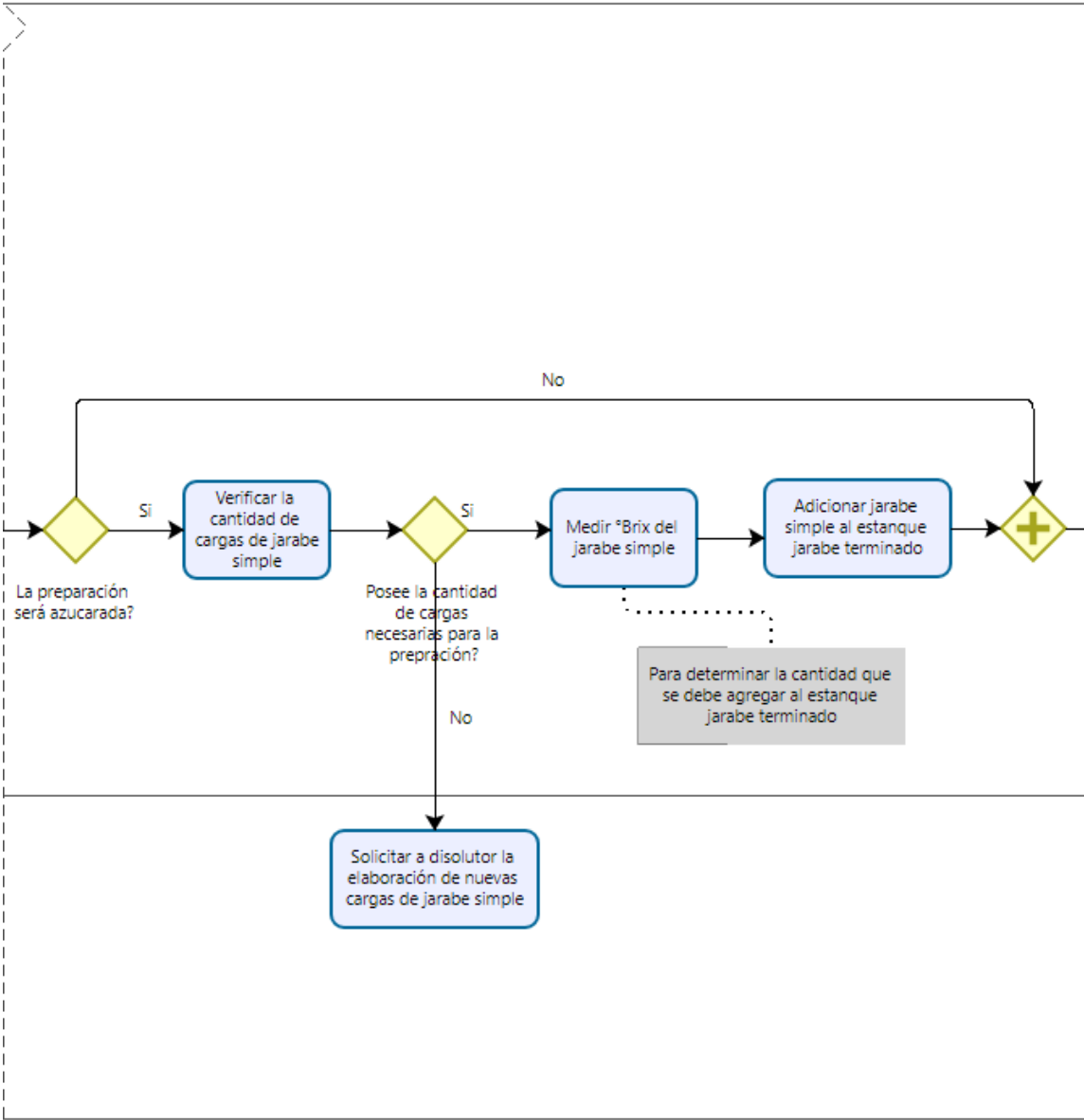


Figura 7: Diagrama de flujo de decisión en la preparación de jarabe terminado en estanque jarabe terminado, parte 1, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

En esta fase se inicia confirmando si la preparación será azucarada o dietética de acuerdo con el programa estipulado en la fase de Programación de preparación de jarabe terminado. Si la preparación de jarabe terminado es **azucarada** el jarabero en este punto debe:

- Verificar físicamente la cantidad de cargas de jarabe simple a utilizar, de acuerdo con el nivel del estanque acumulador de jarabe simple.
- Medir los sólidos solubles (grados Brix). del jarabe simple, con este valor el jarabero puede determinar la cantidad de cargas a utilizar (según el sabor de jarabe terminado a preparar).
- Verificar el valor obtenido con el valor de la planilla de mezclado maestro. Si la cantidad de cargas a utilizar es menor a la disponible, el jarabero debe comunicar inmediatamente al disolutor de jarabe simple para que comience a preparar nuevas cargas.

- Adicionar las cargas de jarabe simple al estanque de jarabe terminado.

Si la preparación de jarabe terminado es dietética, se debe omitir esta fase y continuar con la siguiente fase (fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 2).

4.1.4.4.2 Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 2.

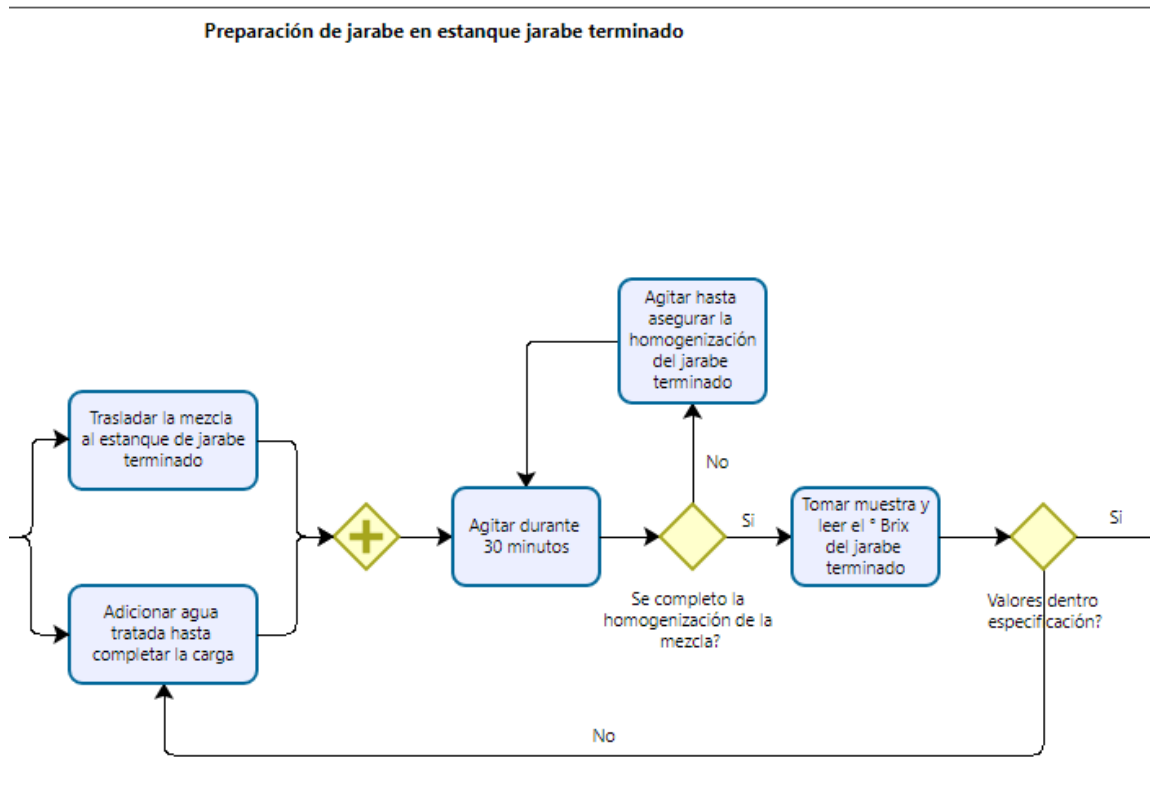


Figura 8: Diagrama de flujo de decisión en la preparación de jarabe terminado en estanque jarabe terminado, parte 2, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

Continuando con la segunda parte de la fase, el jarabero debe:

- Trasladar la mezcla realizada en la fase de preparación de jarabe terminado en el disolutor (disolución de todas las partes del concentrado) hacia el estanque de jarabe terminado.
- Adicionar agua tratada hasta completar la carga (valor obtenido en la fase preparación de jarabe terminado en disolutor).
- Agitar durante 30 minutos para homogenizar. Si la homogenización no es completa, el jarabero debe seguir agitando el estanque de jarabe terminado hasta asegurar la correcta homogenización. El jarabero debe prevenir el aumento de la temperatura del estanque, si la temperatura del jarabe terminado supera los 25°C, debe detener la agitación hasta que disminuya la temperatura y volver a agitar.
- Una vez asegurado la homogenización, el jarabero debe tomar una muestra del jarabe terminado y medir los sólidos solubles (grados Brix).. Si el valor obtenido se encuentra fuera de especificación se debe adicionar agua tratada y volver a agitar por 30 minutos y medir el nuevo valor de

sólidos solubles (grados Brix)., tomando en cuenta las precauciones del punto anterior.

4.1.4.4.3 Fase de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, parte 3.

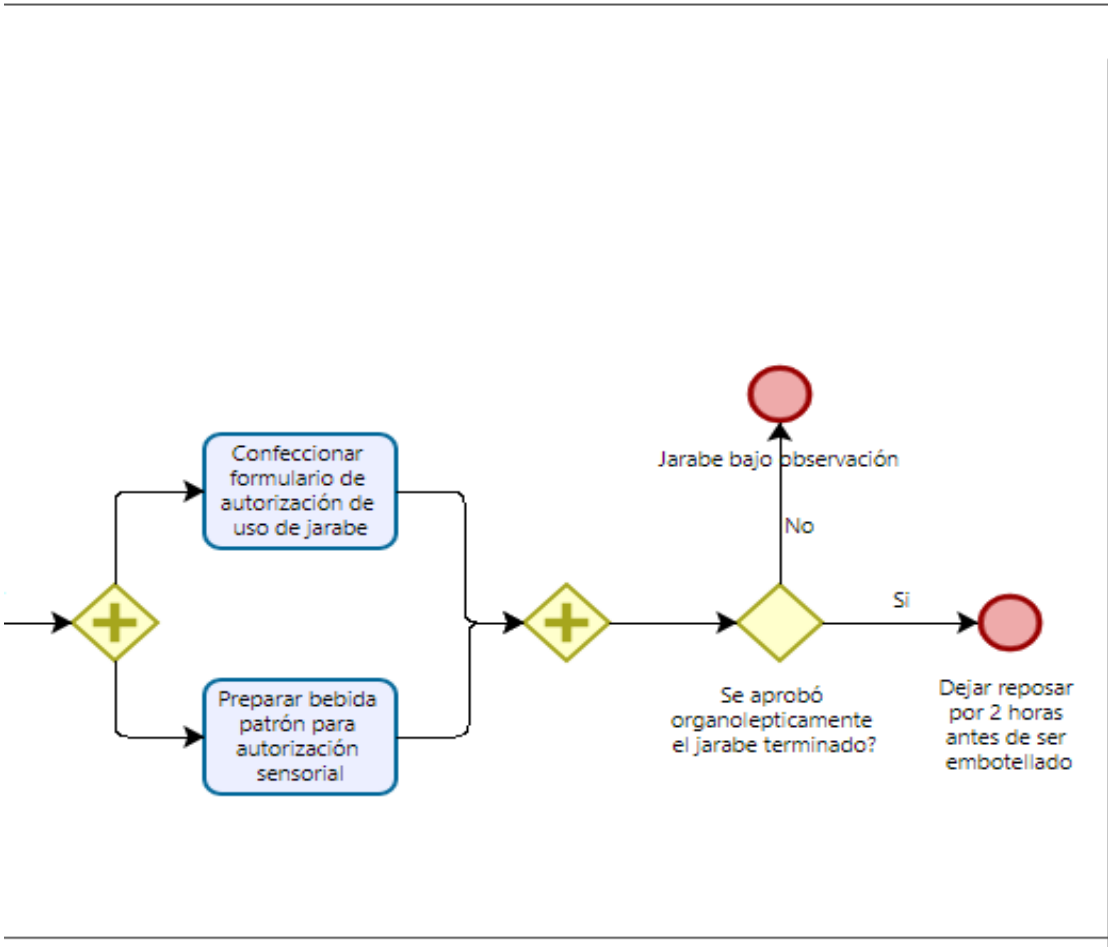


Figura 9: Diagrama de flujo de decisión en la preparación de jarabe terminado en estanque jarabe terminado, parte final, jarabero. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, una vez obtenidos valores dentro de especificación del jarabe terminado, el jarabero debe:

- Realizar el formulario de autorización de uso de jarabe, este documento incluye el estanque utilizado en la preparación del jarabe terminado, los lotes de las partes de unidades de concentrados, litros teóricos del jarabe terminado, horas de: adición de las partes; agitación y de termino de mezclado, evaluación sensorial del jarabe terminado, valores de densidad de entrada y salida (preparaciones jarabe dietéticos), cafeína (para elaboraciones de jarabes en estanques que previamente se elaboró algunos de los derivados de Coca-Cola a productos sin cafeína tal como Fanta, Sprite, Benedictino sabores, Aquarius o jugos), fecha de preparación, sabor, entre otros.
- Preparación de bebida patrón, esta bebida se realiza con una parte del jarabe y agua, según la relación jarabe-agua descrita en la IMM.

- Confirmar la autorización del jarabe terminado, si es aprobado el estanque se debe dejar reposar por 2 horas antes de ser embotellado. En caso de no ser autorizado, el jarabero debe informar inmediatamente a encargado de jarabe para determinar las próximas acciones a realizar (ver anexo 1: Planilla de preparación de jarabe en estanque jarabe terminado, jarabero. Fuente: Planillas sala de jarabe).

4.2 Confección de planilla de análisis de concentración por jarabe dietético.

Como primer paso se confecciono un registro de concentraciones de los diferentes jarabes terminados, estableciendo un valor estándar de 99,2 % (solicitud del encargado de sala de jarabe para la disminución de mermas de jarabes) para dicho registro, un LEI de 98,5 % y un LES de 101.5% (establecido por Coca-Cola Chile). Para el estudio se consideró los datos registrados desde enero a marzo (mes en que se empezó a desarrollar el estudio) del presente año.

Para la identificación de las posibles variables que afectan el valor final de concentración del jarabe terminado, se procedió a obtener los datos del registro creado en el laboratorio de calidad. El ingreso de cada análisis de concentración de jarabe terminado se registra en un archivo Excel, como se demuestra en la figura 10.

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN POR JARABE DIETETICO												
% FINAL DE JARABES =					99,2%							
LEONARDO PEREZ												
FECHA	REALIZADO POR	JARABE	EST. #	CARGA	LTS TEÓRICOS	DIFERENCIA LTS	LTS REALES	1º %	% de adición	Lts teóricos a adicionar	Agua real adicionada	2º %
12-01-2024	LAC	AQP	3	3	18946	-342	18604	99,6%	0,4%	74,4	74	99,2%
12-01-2024	HG	CCSA	4	9	12188	-246	11942	101,8%	2,6%	310,5	320	99,1%
12-01-2024	HG	CCL	7	2	15235		15235	102,0%	2,8%	426,6		98,6%
15-01-2024	NSD	CCSA	4	10	12188	-88	12100	101,0%	1,8%	217,8		99,0%
15-01-2024												
16-01-2024	NSD	BNF	17	1	36000	-500	35500	102,6%	3,4%	1207,0	1220	99,1%
17-01-2024	NSD	BNP	16	2	18946	-500	18446	99,9%	0,7%	129,1	147	98,9%
17-01-2024												
17-01-2024												
18-01-2024	NSD	BNPM	17	1	34850	-392	34458	105,3%	6,1%	2101,9	2125	99,2%
18-01-2024												
19-01-2024	NSD	SCHWTZ	1	1	7400	-200	7200	101,4%	2,2%	158,4		99,2%
19-01-2024	NSD	SCHWGZ	8	1	9259	-59	9200	101,4%	2,2%	202,4		98,8%
19-01-2024												
20-01-2024												
20-01-2024												
23-01-2024	HG	CCSA	5	17	18080	-200	17880	102,6%	3,4%	607,9	614	99,1%
24-01-2024	BSL	AQP	2	3	9476	-400	9076	101,7%	2,5%	226,9	226	99,3%
25-01-2024												
25-01-2024												

Figura 10: Fracción de planilla análisis de concentración por jarabe dietético. Fuente: Elaboración propia.

Aquí se ingresan las elaboraciones diarias de los jarabes terminados dietéticos anotando manualmente la fecha de análisis, analista (realizado por), sabor del jarabe, estanque utilizado en la elaboración del jarabe terminado, carga o lote, litros teóricos de la preparación, entre otros. Cada una de estas características es replicada por cada

jarabero que elabora un jarabe terminado dietético, como se demuestra en la figura 11.

LUIS GALLEGOS											
REALIZADO POR	JARABE	EST. #	CARGA	LTS TEÓRICOS	DIFERENCIA LTS82	LTS REALES	1ª %	% de adición	Lts teóricos a adicionar	Agua real adicionad	2ª %
HG	CCSA	5	11	18281	220	18501	101,5%	2,3%	425,5	375	99,3%
NSD	BNP	1	3	9474	-300	9174	99,9%	0,7%	64,2	83	99,0%
HG	CCSA	6	12	24375	-140	24235	102,6%	3,4%	824,0	834	98,6%
NSD	AQL	4	1	14546	-126	14420	102,0%	2,8%	403,8	420	98,8%
NSD	CCSA	4	16	12188	0	12188	99,6%	0,4%	48,8	75	98,6%
NSD	BNLJ	5	1	14545	-400	14145	99,9%	0,7%	99,0	127	99,0%
NSD	BNLJ	8	2	7273	-250	7023	99,5%	0,3%	21,1	63	99,0%
DANIEL CONTRERAS											
REALIZADO POR	JARABE	EST. #	CARGA	LTS TEÓRICOS	DIFERENCIA A LTS82	LTS REALES	1ª %	% de adición agua	Lts teóricos a adicionar	Agua real adicionad	2ª %
HG	CCSA	2	13	6094	-135	5959	103,2%	4,0%	238,4	230	99,5%
NSD	AQL	16	2	21818	-400	21418	101,2%	2,0%	428,4	450	98,9%
HG	CCL	9	3	3047	-93	2954	105,7%	6,5%	192,0	186	98,4%
HG	CCL	2	4	9141	-150	8991	103,7%	4,5%	404,6	400	99,0%
LAC	CCSA	17	14	36563	-107	36456	102,9%	3,7%	1348,9	1350	100,0%
MP	AQU	3	1	13388	-588	12800	102,7%	3,5%	448,0	450	99,4%
LP	BNLJ	4	3	12188		12188	100,8%	1,6%	195,0		99,0%
DAVID GONZALEZ											
REALIZADO POR	JARABE	EST. #	CARGA	LTS TEÓRICOS	DIFERENCIA LTS8222	LTS REALES	1ª %	% de adición	Lts teóricos a adicionar	Agua real adicionad	2ª %
HGM	BNF	4	2	16000	-400	15600	101,8%	2,6%	405,6	437	99,0%
HGM	CCSA	16	15	24375	-170	24205	103,0%	3,8%	919,8	900	98,8%
HGM	CCL	5	5	10665	-200	10465	103,9%	4,7%	491,9	492	99,0%
BSL	CCSA	1	18	6094	-200	5894	101,3%	2,1%	123,8	131	

Figura 11: Fracción de planilla análisis de concentración por jarabe dietético. Fuente: Elaboración propia.

Luego de obtener los datos (comprendidos de enero a marzo del año presente) de las concentraciones de jarabes terminados dietéticos, se procede a unificar todos los análisis de jarabes por jaraberos en una única sección, identificando el valor de la primera concentración y la segunda concentración después de la acción correctiva (adición de agua).

ANALISIS DE CONCENTRACIÓN POR JARABE DIETETICO													
FECHA	REALIZADO POR	JARABE	EST.	CARGA	LTS TEÓRICO	DIFERENCIA LTS	LTS REAL	1ª Concentración	% de adición agu	Lts teóricos a adiciona	Agua real adiciona	2ª Concentración	Jarabero
05-01-2024		CCSA	4	4	12180	-180	12000	102,5%	3,3%	396,0	334	99,0%	LUIS GALLEGOS
08-01-2024		CCSA	7	5	12188	-200	11988	97,3%	-1,9%	-227,8	0	97,3%	DAVID GONZALEZ
09-01-2024		CCL	3	1	18282	-250	18032	103,0%	3,8%	685,2	250	98,6%	MAURICIO VILLAR
10-01-2024		AQM	17	1	37628	-272	37356	99,4%	0,2%	74,7		99,4%	MAURICIO VILLAR
10-01-2024		AQM	1	2	9407	-400	9007	103,2%	4,0%	360,3	138	99,2%	LEONARDO PEREZ
10-01-2024		CCSA	5	6	18281	-204	18077	102,5%	3,3%	596,5	614	99,9%	LEONARDO PEREZ
10-01-2024		BNM	3	1	18813	-400	18413	100,1%	0,9%	165,7	287	98,9%	DAVID GONZALEZ
10-01-2024		CCSA	16	7	24375	-300	24075	102,7%	3,5%	842,6		98,6%	DAVID GONZALEZ
11-01-2024		BNM	2	2	9407	-374	9033	101,4%	2,2%	198,7	198	99,1%	LEONARDO PEREZ
11-01-2024		BNM	8	3	9406	-406	9000	101,5%	2,3%	207,0		99,5%	LEONARDO PEREZ
11-01-2024		BNP	17	1	28337	-430	27907	102,5%	3,3%	920,9	430	100,3%	DAVID GONZALEZ
11-01-2024		CCSA	5	8	18281	-300	17981	102,8%	3,6%	647,3		99,0%	DAVID GONZALEZ
12-01-2024	LAC	AQP	3	3	18946	-342	18604	99,6%	0,4%	74,4	74	99,2%	LEONARDO PEREZ
12-01-2024	HG	CCSA	4	9	12188	-246	11942	101,8%	2,6%	310,5	320	99,1%	LEONARDO PEREZ
12-01-2024	HG	CCL	7	2	15235		15235	102,0%	2,8%	426,6		98,6%	LEONARDO PEREZ
15-01-2024	NSD	CCSA	4	10	12188	-88	12100	101,0%	1,8%	217,8		99,0%	LEONARDO PEREZ
15-01-2024	HG	CCSA	5	11	18281	220	18501	101,5%	2,3%	425,5	375	99,3%	LUIS GALLEGOS
16-01-2024	NSD	BNF	17	1	36000	-500	35500	102,6%	3,4%	1207,0	1220	99,1%	LEONARDO PEREZ
17-01-2024	NSD	BNP	16	2	18946	-500	18446	99,9%	0,7%	129,1	147	98,9%	LEONARDO PEREZ
17-01-2024	HGM	BNF	4	2	16000	-400	15600	101,8%	2,6%	405,6	437	99,0%	DAVID GONZALEZ
17-01-2024	NSD	BNP	1	3	9474	-300	9174	99,9%	0,7%	64,2	83	99,0%	LUIS GALLEGOS
17-01-2024	HG	CCSA	6	12	24375	-140	24235	102,6%	3,4%	824,0	834	98,6%	LUIS GALLEGOS
18-01-2024	NSD	BNPM	17	1	34850	-392	34458	105,3%	6,1%	2101,9	2125	99,2%	LEONARDO PEREZ
18-01-2024	NSD	AQL	4	1	14546	-126	14420	102,0%	2,8%	403,8	420	98,8%	LUIS GALLEGOS
18-01-2024	HG	CCSA	2	13	6094	-135	5959	103,2%	4,0%	238,4	230	99,5%	DANIEL CONTRERAS
18-01-2024	NSD	AQL	16	2	21818	-400	21418	101,2%	2,0%	428,4	450	98,9%	ANIEL CONTRERAS
19-01-2024	NSD	SCHWTZ	1	1	7400	-200	7200	101,4%	2,2%	158,4		99,2%	LEONARDO PEREZ
19-01-2024	NSD	SCHWZ	8	1	9259	-59	9200	101,4%	2,2%	202,4		98,8%	LEONARDO PEREZ
19-01-2024	HG	CCL	9	3	3047	-93	2954	105,7%	6,5%	192,0	186	98,4%	ANIEL CONTRERAS
19-01-2024	HG	CCL	2	4	9141	-150	8991	103,7%	4,5%	404,6	400	99,0%	ANIEL CONTRERAS
19-01-2024	LAC	CCSA	17	14	36563	-107	36456	102,9%	3,7%	1348,9	1350	100,0%	DANIEL CONTRERAS
20-01-2024	HGM	CCSA	16	15	24375	-170	24205	103,0%	3,8%	919,8	900	98,8%	DAVID GONZALEZ
20-01-2024	HGM	CCL	5	5	10665	-200	10465	103,9%	4,7%	491,9	492	99,0%	DAVID GONZALEZ
23-01-2024	HG	CCSA	5	17	18080	-200	17880	102,6%	3,4%	607,9	614	99,1%	LEONARDO PEREZ
23-01-2024	NSD	CCSA	4	16	12188	0	12188	99,6%	0,4%	48,8	75	98,6%	LUIS GALLEGOS
24-01-2024	BSL	AQP	2	4	9476	-400	9076	101,7%	2,5%	226,9	226	99,3%	LEONARDO PEREZ
24-01-2024	MP	AQU	3	1	13388	-588	12800	102,7%	3,5%	448,0	450	99,4%	ANIEL CONTRERAS
24-01-2024	BSL	CCSA	1	18	6094	-200	5894	101,3%	2,1%	123,8	131	99,3%	DAVID GONZALEZ
25-01-2024	NSD	BNLJ	5	1	14545	-400	14145	99,9%	0,7%	99,0	127	99,0%	LUIS GALLEGOS
25-01-2024	NSD	BNLJ	8	2	7273	-250	7023	99,5%	0,3%	21,1	63	99,0%	LUIS GALLEGOS
25-01-2024	LP	BNLJ	4	3	12188		12188	100,8%	1,6%	195,0		99,0%	ANIEL CONTRERAS
26-01-2024	NSD	BNLJ	2	4	7305	-200	7105	100,6%	1,4%	99,5		98,9%	MAURICIO VILLAR
26-01-2024	HG	SPZ	8	2	9377	-200	9177	102,7%	3,5%	321,2	316	99,3%	LEONARDO PEREZ
26-01-2024	NSD	FTAZ	7	2	11111	-147	10964	99,4%	0,2%	21,9	0	99,4%	MAURICIO VILLAR
27-01-2024	NSD	CCSA	3	20	18281	0	18281	99,8%	0,6%	109,7		98,5%	LUIS GALLEGOS
27-01-2024	NSD	CCSA	5	21	18281	0	18281	99,4%	0,2%	36,6	0	99,4%	MAURICIO VILLAR
29-01-2024	LAC	FTAP	8	1	6250	-150	6100	101,9%	2,7%	164,7	164	99,2%	LUIS GALLEGOS
31-01-2024	MP	AQU	3	2	20082	-500	19582	101,5%	2,3%	450,4	470	98,0%	ANIEL CONTRERAS
31-01-2024	MP	CCSA	5	25	18281	-200	18081	101,3%	2,1%	379,7	396	99,6%	DAVID GONZALEZ
01-02-2024	HGM	AQP	8	6	9473	-500	8973	102,2%	3,0%	269,2	273	99,1%	DAVID GONZALEZ
01-02-2024	HGM	AQP	1	7	9474	-400	9074	100,2%	1,0%	90,7	79	99,3%	DAVID GONZALEZ
02-02-2024	MP	CCSA	3	26	18281	-200	18081	100,9%	1,7%	307,4	325	99,4%	DANIEL CONTRERAS
05-02-2024	HGM	CCL	2	7	6094	-200	5894	106,0%	6,8%	400,8	388	99,0%	DAVID GONZALEZ
06-02-2024	NSD	CCSA	1	27	6094	-189	5905	102,8%	3,6%	212,6	224	99,3%	LUIS VERGARA
06-02-2024	NSD	CCSA	7	28	12188	-200	11988	100,2%	1,0%	119,9	145	99,2%	LUIS VERGARA
06-02-2024	HGM	CCSA	6	29	24375	-200	24175	102,5%	3,3%	797,8	798	98,5%	DAVID GONZALEZ
06-02-2024	NSD	BNM	17	4	37628	-1200	36428	101,8%	2,6%	947,1		98,5%	LUIS VERGARA
09-02-2024	NSD	AQM	1	3	9407	-350	9057	101,7%	2,5%	226,4	244	98,8%	LUIS VERGARA
09-02-2024	LAC	AQM	17	4	37628	-1000	36628	101,3%	2,1%	769,2	770	99,2%	LUIS GALLEGOS
12-02-2024	HGM	CCSA	17	31	36563	-700	35863	103,4%	4,2%	1506,2	1500	98,0%	LUIS GALLEGOS
12-02-2024	HGM	CCL	1	8	6094	-150	5944	103,5%	4,3%	255,6	240	99,4%	LUIS VERGARA
12-02-2024	NSD	CCSA	4	32	12188	-150	12038	100,4%	1,2%	144,5		99,2%	LUIS VERGARA
13-02-2024	SAB	SPZ	5	3	18754	-300	18454	102,8%	3,6%	664,3		99,3%	DAVID GONZALEZ
13-02-2024	NSD	CCSA	17	33	24375	-500	23875	101,4%	2,2%	525,3		98,8%	MAURICIO VILLAR
14-02-2024	HGM	SCHWZ	8	2	7407	-300	7107	103,4%	4,2%	298,5	312	98,7%	LUIS GALLEGOS
14-02-2024	SAB	IKZ	2	2	8900	-400	8500	104,1%	4,9%	416,5		99,3%	DAVID GONZALEZ
14-02-2024	NSD	SCHWTZ	7	2	7400	-280	7120	101,3%	2,1%	149,5		99,3%	MAURICIO VILLAR
15-02-2024	NSD	CCSA	16	34	24375	0	24375	100,4%	1,2%	292,5	341	99,0%	LUIS GALLEGOS

Figura 12: Fracción de planilla análisis de concentración por jarabe dietético, consolidado concentraciones Coca-Cola sin azúcar. Fuente: Elaboración propia.

Para este estudio se consideró como fuente de análisis los datos del jarabe terminado Coca-Cola sin azúcar “**CCSA**” (Figura 13: Planilla análisis de jarabe por jarabero, consolidado jarabe CCSA de enero a marzo del presente año), ya que son las preparaciones que más se han elaborados en el periodo de observación (enero a marzo del presente año) así como la segunda concentración del jarabe terminado.

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN POR JARABE DIETÉTICO													
FECHA	REALIZADO POR	JARABE	EST.	CARGA	LTS TEÓRICO	DIFERENCIA LTS	LTS REAL	1ª Concentración	% de adición agu	Lts teóricos a adicionar	Agua real adicionad	2ª Concentración	Jarabero
05-01-2024		CCSA	4	4	12180	-180	12000	102,5%	3,3%	396,0	334	99,0%	LUIS GALLEGOS
08-01-2024		CCSA	7	5	12188	-200	11988	97,3%	-1,9%	-227,8	0	97,3%	DAVID GONZALEZ
10-01-2024		CCSA	5	6	18281	-204	18077	102,5%	3,3%	596,5	614	99,9%	LEONARDO PEREZ
10-01-2024		CCSA	16	7	24375	-300	24075	102,7%	3,5%	842,6		98,6%	DAVID GONZALEZ
11-01-2024		CCSA	5	8	18281	-300	17981	102,8%	3,6%	647,3		99,0%	DAVID GONZALEZ
12-01-2024	HG	CCSA	4	9	12188	-246	11942	101,8%	2,6%	310,5	320	99,1%	LEONARDO PEREZ
15-01-2024	NSD	CCSA	4	10	12188	-88	12100	101,0%	1,8%	217,8		99,0%	LEONARDO PEREZ
15-01-2024	HG	CCSA	5	11	18281	220	18501	101,5%	2,3%	425,5	375	99,3%	LUIS GALLEGOS
17-01-2024	HG	CCSA	6	12	24375	-140	24235	102,6%	3,4%	824,0	834	98,6%	LUIS GALLEGOS
18-01-2024	HG	CCSA	2	13	6094	-135	5959	103,2%	4,0%	238,4	230	99,5%	DANIEL CONTRERAS
19-01-2024	LAC	CCSA	17	14	36563	-107	36456	102,9%	3,7%	1348,9	1350	100,0%	DANIEL CONTRERAS
20-01-2024	HGM	CCSA	16	15	24375	-170	24205	103,0%	3,8%	919,8	900	98,8%	DAVID GONZALEZ
23-01-2024	HG	CCSA	5	17	18080	-200	17880	102,6%	3,4%	607,9	614	99,1%	LEONARDO PEREZ
23-01-2024	NSD	CCSA	4	16	12188	0	12188	99,6%	0,4%	48,8	75	98,6%	LUIS GALLEGOS
24-01-2024	BSL	CCSA	1	18	6094	-200	5894	101,3%	2,1%	123,8	131	99,3%	DAVID GONZALEZ
27-01-2024	NSD	CCSA	3	20	18281	0	18281	99,8%	0,6%	109,7		98,5%	LUIS GALLEGOS
27-01-2024	NSD	CCSA	5	21	18281	0	18281	99,4%	0,2%	36,6	0	99,4%	MAURICIO VILLAR
31-01-2024	MP	CCSA	5	25	18281	-200	18081	101,3%	2,1%	379,7	396	99,6%	DAVID GONZALEZ
02-02-2024	MP	CCSA	3	26	18281	-200	18081	100,9%	1,7%	307,4	325	99,4%	DANIEL CONTRERAS
06-02-2024	NSD	CCSA	1	27	6094	-189	5905	102,8%	3,6%	212,6	224	99,3%	LUIS VERGARA
06-02-2024	NSD	CCSA	7	28	12188	-200	11988	100,2%	1,0%	119,9	145	99,2%	LUIS VERGARA
06-02-2024	HGM	CCSA	6	29	24375	-200	24175	102,5%	3,3%	797,8	798	98,5%	DAVID GONZALEZ
12-02-2024	HGM	CCSA	17	31	36563	-700	35863	103,4%	4,2%	1506,2	1500	98,0%	LUIS GALLEGOS
12-02-2024	NSD	CCSA	4	32	12188	-150	12038	100,4%	1,2%	144,5		99,2%	LUIS VERGARA
13-02-2024	NSD	CCSA	17	33	24375	-500	23875	101,4%	2,2%	525,3		98,8%	MAURICIO VILLAR
15-02-2024	NSD	CCSA	16	34	24375	0	24375	100,4%	1,2%	292,5	341	99,0%	LUIS GALLEGOS
16-02-2024	SAB	CCSA	2	35	6094	-130	5964	102,5%	3,3%	196,8	204	98,5%	DAVID GONZALEZ
16-02-2024	NSD	CCSA	16	36	18281	0	18281	99,6%	0,4%	73,1	0	99,6%	LUIS VERGARA
20-02-2024	SAB	CCSA	4	38	12188	-200	11988	101,6%	2,4%	287,7	230	99,4%	DAVID GONZALEZ
23-02-2024	LAC	CCSA	3	41	18281	-61	18220	101,7%	2,5%	455,5	450	99,6%	LUIS GALLEGOS
22-02-2024	SAB	CCSA	5	40	18281	-150	18131	100,6%	1,4%	253,8	272	99,4%	DAVID GONZALEZ
22-02-2024	NSD	CCSA	16	39	24375	-150	24225	100,4%	1,2%	290,7	290	99,2%	LUIS VERGARA
26-02-2024	CSC	CCSA	16	42	24375	-200	24175	100,6%	1,4%	338,5	367	99,1%	LUIS VERGARA
27-02-2024	SAB	CCSA	5	43	18281	-200	18081	100,0%	0,8%	144,6	191	99,2%	DAVID GONZALEZ
28-02-2024	SAB	CCSA	5	44	18281	-331	17950	101,2%	2,0%	359,0		98,6%	DAVID GONZALEZ
29-02-2024	CSC	CCSA	6	45	24375	-200	24175	101,4%	2,2%	531,9	500	99,6%	LUIS VERGARA
01-03-2024	CSC	CCSA	3	46	12188	-150	12038	103,5%	4,3%	517,6	500	99,1%	LUIS VERGARA
04-03-2024	NSD	CCSA	17	47	36563	-600	35963	102,0%	2,8%	1007,0	1675	98,7%	LUIS VERGARA
06-03-2024	SAB	CCSA	3	48	12188	-118	12070	101,8%	2,6%	313,8	326	98,8%	LEONARDO PEREZ
07-03-2024	NSD	CCSA	7	49	12188	-200	11988	100,6%	1,4%	167,8		99,2%	LUIS VERGARA
08-03-2024	SAB	CCSA	3	50	18281	-151	18130	102,2%	3,0%	543,9	530	99,6%	DAVID GONZALEZ
09-03-2024	CSC	CCSA	5	51	12188	-100	12088	100,6%	1,4%	169,2	260	98,8%	LUIS VERGARA
11-03-2024	SAB	CCSA	6	52	24375	-150	24225	102,0%	2,8%	678,3	700	98,5%	DANIEL CONTRERAS
11-03-2024	SAB	CCSA	3	53	18281	-36	18245	101,0%	1,8%	328,4	370	99,2%	DANIEL CONTRERAS
12-03-2024	HGM	CCSA	7	54	12188	0	12188	100,6%	1,4%	170,6	183	99,8%	LUIS GALLEGOS
14-03-2024	MPS	CCSA	2	55	6094	-100	5994	101,3%	2,1%	125,9	135	99,0%	LUIS GALLEGOS
18-03-2024	NSD	CCSA	17	56	36464	-100	36364	100,8%	1,6%	581,8	584	98,2%	LEONARDO PEREZ
18-03-2024	NSD	CCSA	5	57	18281		18281	98,6%	-0,6%	-109,7	0	98,6%	LEONARDO PEREZ
20-03-2024	NSD	CCSA	5	59	18281	-200	18081	100,4%	1,2%	217,0	217	99,2%	LEONARDO PEREZ
20-03-2024	SAB	CCSA	16	58	24375	-100	24275	99,2%	0,0%	0,0	0	99,2%	DANIEL CONTRERAS
21-03-2024	CSC	CCSA	5	60	18281	0	18281	100,2%	1,0%	182,8	202	98,9%	DAVID GONZALEZ
22-03-2024	CSC	CCSA	5	61	18281	42	18323	99,2%	0,0%	0,0	0	99,2%	DAVID GONZALEZ
25-03-2024	SAB	CCSA	4	62	12100	-81	12019	100,8%	1,6%	192,3	220	98,5%	LEONARDO PEREZ

Figura 13: Planilla análisis de jarabe por jarabero, consolidado jarabe CCSA de enero a marzo del presente año. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Análisis de datos.

Una vez consolidados los datos e identificado las concentraciones de cada preparación, se procede a analizar qué tipo de carta se utilizará.

La elección de la carta de individuales para el análisis del proceso de preparación de jarabes dietéticos se fundamenta en las características específicas de este sistema. Dado que las mediciones se realizan de forma aislada y con intervalos de obtención prolongados, la agrupación de datos en subgrupos, como se haría en cartas de medias, resulta técnicamente imposible. Este tipo de carta permite analizar directamente las variaciones individuales, lo que es crítico en un proceso donde parámetros como la concentración demandan un control preciso. Además, al tratarse de un sistema de producción por lotes, las cartas de individuales se adaptan eficazmente a la naturaleza discontinua del flujo de datos. Si bien su sensibilidad para detectar cambios menores podría ser inferior a la de otras cartas, su robustez en la identificación de cambios significativos de desviaciones garantiza su eficacia como herramienta para mantener el control estadístico en un proceso con alta variabilidad inherente.

Para generar las gráficas de cartas de individuales se utilizó el programa Minitab, como se muestra en la siguiente figura (Figura 14: Gráfico de cartas de individuales y rangos móviles de la segunda concentración). El primer gráfico pertenece a las cartas de individuales, y el segundo a los rangos móviles.

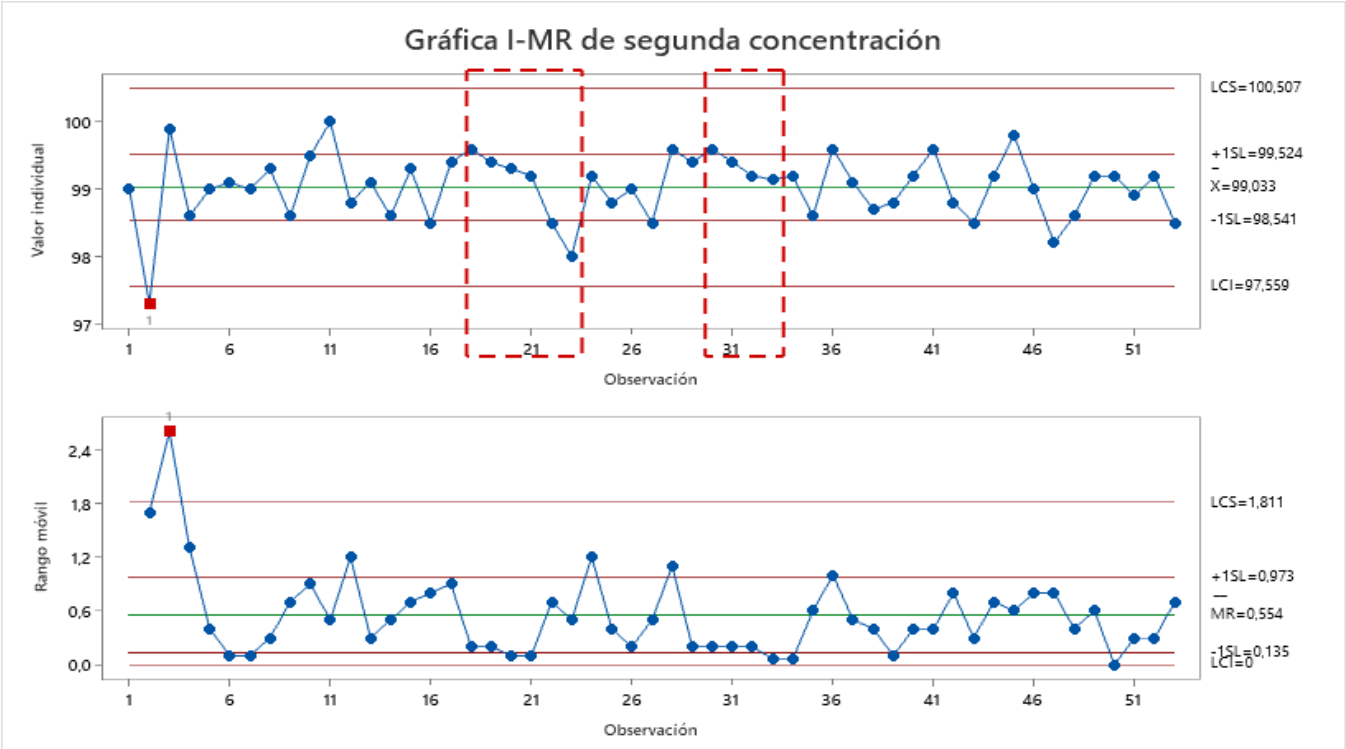


Figura 14: Gráfico de cartas de individuales y rangos móviles de la segunda concentración.
Fuente: Elaboración propia.

El grafico de cartas de individuales, permite observar que el segundo punto perteneciente al estanque 7 del lote o carga # 5, esta fuera más allá de 3 desviaciones estándar de la línea central, provocando que el proceso no sea estable, al identificar

dicho punto, permite visualizar una causa de variación especial: “*Desplazamiento o cambios en el nivel del proceso*”. Además, se identificó otra causa especial de variación, clasificado como patrón de “*ciclos recurrentes*” (periodicidad), donde dos secciones del gráfico (observaciones del nº 18 al 23 y del 30 al 33) presenta un comportamiento no aleatorio con clara tendencia a crecer para luego descender (en 6 puntos en la primera sección y 4 puntos en la segunda sección indicada en la figura 14).

Con esta información obtenida del análisis de cartas de individuales, se procede a realizar el análisis de capacidad para la preparación de jarabe terminado Coca-Cola sin azúcar, utilizando como herramienta el programa Minitab.

Como se muestra en la figura 15, la herramienta Minitab, nos brinda información de la capacidad del proceso en el largo y corto plazo. Analizando la capacidad a corto plazo, se obtiene un C_p de 1,02, indicando que nuestro proceso es parcialmente adecuado, pero requiere de un control más estricto (decisión tomada según la tabla 1).

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1,33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Tabla 1: Valores del C_p y su interpretación. Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto, 2013.

El C_p obtenido nos indica la capacidad potencial (teórica) que podría alcanzar el proceso asumiendo que estuviera centrado, sin embargo, al no considerar la ubicación del proceso (no incluye en el cálculo la media del proceso), no proporciona información de que tan cerca está el proceso de la región objetivo, definida por los límites de especificación. Una forma de corregir esta desventaja es evaluar por separado el cumplimiento de la especificación inferior y superior, analizando los índices de capacidad unilateral, específicamente el índice para la especificación inferior (C_{pi}) y el índice para la especificación superior (C_{ps}). Dado que el C_{pi} de este estudio (0,36), es significativamente menor que el de C_{ps} (1,67), evidencia una clara tendencia de los valores hacia el extremo izquierdo de la distribución, lo que provoca que una proporción considerable de las mediciones exceda el límite especificado inferior (LEI) de 98,5% definido por Coca-Cola Chile. Este desbalance señala una capacidad potencial insuficiente del proceso respecto a sus especificaciones inferiores.

El C_{pk} (índice de capacidad real del proceso), iguala al índice unilateral más pequeño, en este caso CPL 0,36 (CPU 1,67), tomara este valor. Al ser un valor menor a 1, el proceso no cumple, por lo menos con una de las especificaciones. Considerando la relación del C_p y C_{pk} , donde el C_p es 1,02 y el C_{pk} es 0,36, significa que la media del

proceso está alejada del centro de las especificaciones dada por la jefatura de producción (99,2%).

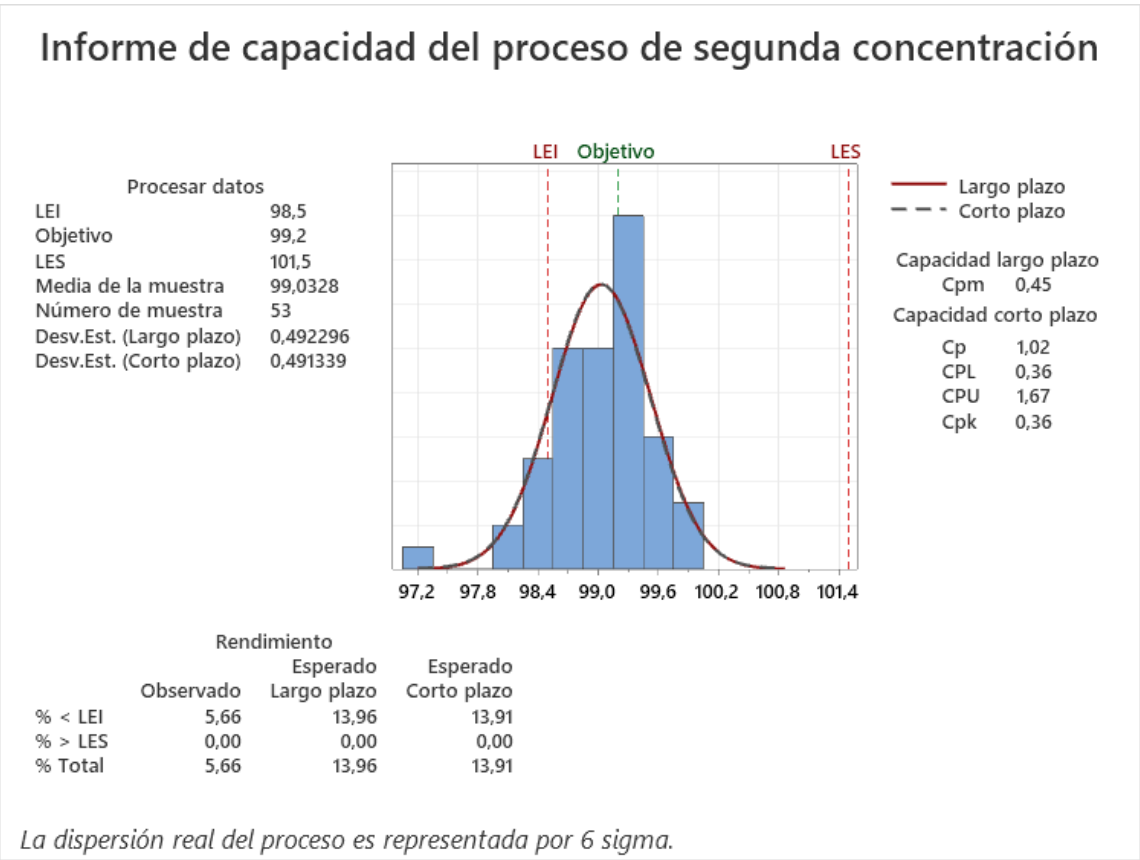


Figura 15: Gráfico de análisis de capacidad de la segunda concentración. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la capacidad de largo plazo, el único índice de capacidad a medir fue C_{pm} , el cual está orientada a reducir la variabilidad alrededor del valor nominal "N" (99,2%). El valor obtenido es de 0,45, lo que significa que el proceso no cumple con especificaciones principalmente por que el proceso esta descentrado (la media esta fuera de la tercera parte central de la banda de especificaciones).

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

El análisis estadístico realizado en la sala de jarabes de la planta Embotelladora Coca-Cola Embonor S.A., situada en Concón, si bien avanza en la implementación de herramientas de control de calidad, como cartas de control y análisis de índices de capacidad, el proceso presenta limitantes en el cumplimiento de las especificaciones estándares establecido por la compañía.

Con respecto a los objetivos planteados, se puede afirmar lo siguiente:

- El objetivo general, se cumplió, pues se buscaba evaluar el estado del proceso mediante herramientas de control estadístico, este fue alcanzado al identificar variaciones sistemáticas tales como calidad de la materia prima (agua tratada y partes del concentrado), error en la calibración del equipo de espectrofotometría, tiempos de agitación, condiciones ambientales (temperatura y humedad dentro de la sala de jarabe). Y variaciones aleatorias como el desgaste del equipo de medición de concentración (espectrofotómetro), errores humanos (seguimiento del instructivo maestro de preparaciones de jarabes terminado, así como el análisis de la concentración del jarabe dietético), los que limitan el desempeño del proceso y comprometen la uniformidad de los jarabes terminados. Se aplicaron análisis mediante cartas de control e índices de capacidad para determinar si el proceso cumple o no con las especificaciones dadas por Coca-Cola Chile.
- Crear una fuente de datos recopilando análisis y preparaciones de jarabes terminados dietéticos: se logró diseñar y estructurar una base de datos funcional y confiable que consolida los resultados de los análisis realizados durante las preparaciones de jarabes dietéticos. Este recurso no solo facilita el acceso a información clave, sino que también establece una plataforma para el análisis continuo y la toma de decisiones. Su implementación representa un avance significativo en la sistematización y trazabilidad de los datos operativos.
- Analizar y describir el proceso actual de la preparación de jarabes terminados: este objetivo se logró satisfactoriamente, se identificaron tanto las etapas críticas del proceso como las principales fuentes de variabilidad (deficiencias en la dosificación, la estabilidad de los parámetros operativos y el control de las condiciones de mezcla), así como la elaboración del diagrama de flujo del proceso de preparación de jarabe terminado.
- Determinar la estabilidad y capacidad del proceso: este objetivo se cumplió, las cartas de control de individuales permitieron visualizar patrones de variaciones especiales (desplazamiento o cambios en el nivel del proceso y ciclos recurrentes) y detectar puntos fuera de los límites establecidos (Un punto fuera de 3σ con respecto a la línea central), indicando que el proceso no es estable. Al calcular los índices capacidad, evidenciaron una tendencia

hacia el límite inferior de especificación (Figura 15). Los valores obtenidos indican que el proceso es poco capaz (C_{pk} 0,36), donde la variabilidad y el descentrado del proceso afectan su capacidad potencial y real, debido a que los jarabes son forzados a un límite central (de 99,2 %) no establecido por Coca-Cola Chile.

5.2 Recomendaciones.

Los siguientes pasos por tomar son:

- Se debe instaurar el uso regular de cartas de control para el monitoreo constante de las variables críticas del proceso de preparación de jarabes. El personal debe estar familiarizado con el seguimiento de las cartas de control de variables como la concentración y el rendimiento, y las acciones correctivas deben ser automáticas cuando se detecten desviaciones fuera de los límites de control.
- Centrado del proceso y reducción de la variabilidad, se recomienda trabajar las preparaciones con las especificaciones estandarizada de Coca-Cola Chile (100%), con el fin de centralizar correctamente la media con el límite central establecido, realizando evaluaciones periódicas de los índices de capacidad (C_p , C_{pk}) del proceso de preparación de jarabes para asegurar que el proceso se mantenga dentro de los límites aceptables. En caso de que los índices se encuentren fuera de los valores deseados, se deben tomar acciones correctivas inmediatas, como ajustes en los parámetros de producción o cambios en los procedimientos operativos estándar.

Al seguir estas recomendaciones, combinado con evaluaciones periódicas de los avances, se espera que sala de jarabe opte a un proceso productivo bajo control estadístico en todo momento, permitiéndose lograr la categorización de clase mundial (C_p mayor a 2).

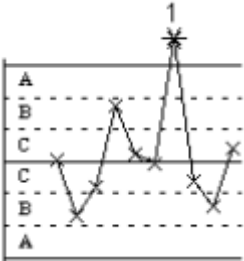
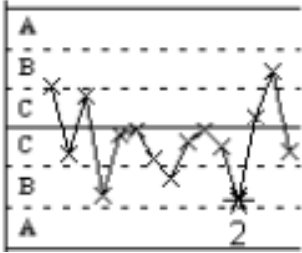
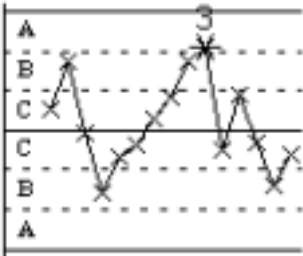
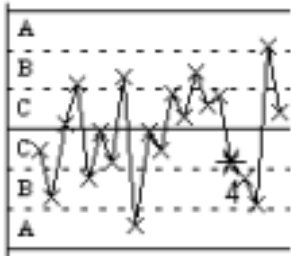
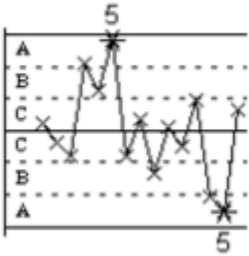
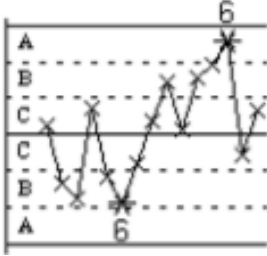
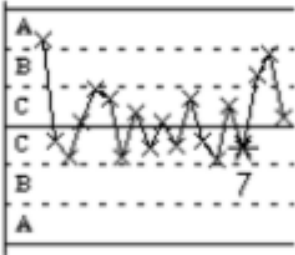
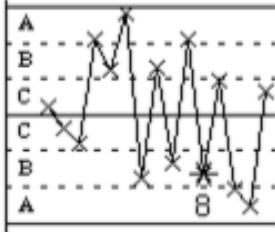
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertrand L. Hansen, Prabhakar M. Ghare (1999). *Control de la calidad, teoría y Aplicaciones*.
- Besterfield, Dale (2009), *Control de calidad*.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., & Noriega, M. T. (2010). *Mejora continua de los procesos: herramientas y técnicas*. Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.
- Chiavenato, Idalberto (1993). *Administración de recursos humanos*.
- Escalante Vázquez, Edgardo J. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. México
- Garza, A. E. (2005). *Kaizen, Una Mejora Continua*. Monterrey.
- Griful Ponsati (2010), *Gestión de la calidad*.
- Gutiérrez Pulido, Humberto (2010). *Calidad Total y Productividad*.
- Gutiérrez Pulido, Humberto (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigmas*.
- Hald, A. (1998). *A history of mathematical statistics from 1750 to 1930 (1 edition)*. New York.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid.
- Fernández Sánchez, Esteban, Avella Camarero, Lucía, Fernández Barcala, Marta (2006). *Estrategia de producción*. Madrid.
- Joseph M. Juran (1962), *Manual de control de la calidad*.
- Krajewski, Ritzman, Malhortra (2008). *Administración de operaciones: Procesos y Cadenas de Valor*.
- Maldonado, G. (2008). *Herramientas y Técnicas Lean Manufacturing en Sistemas de Producción y Calidad*. México.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia, O. (2015). *Técnicas y herramientas para el control de procesos y la gestión de la calidad, para su uso en la auditoría interna y en la gestión de riesgos*. Santiago de Chile.
- Pérez Fernández de Velasco, J. A. (2010). *Gestión por Procesos*. Madrid.
- Philip Bayard Crosby (1979), *La calidad no cuesta*. New York.
- Ruiz-Canela López, J. 2004. *La gestión por Calidad Total en la empresa moderna*. México.
- Riggs, James L. (2001). *Sistemas de producción: planeación, análisis y control*.
- Sangüesa Sánchez, Marta & Mateo Dueñas Ricardo (2006), *Teoría y Práctica de la calidad*. España.
- Shewhart W. A. (1931) *Economic control of quality of manufactured product*. New York.
- Wild, C. J. y Pfannkuch, M. (1999). *Statistical thinking in empirical enquiry*.
- Zaratiegui, José Ramón (1999). *La gestión por procesos: su papel e importancia en la empresa*.
- Lean Solutions (s.f). *Fuente de:* <http://www.leansolutions.co/>

Anexo 1: Imagen de planilla registro de jarabe terminado.

49

Anexo 2: Tabla de pruebas de anomalías en el proceso.

Prueba 1: Un punto fuera de 3σ con respecto a la línea central.	Prueba 2: Nueve puntos seguidos en el mismo lado de la línea central.
	
Prueba 3: Seis puntos consecutivos en ascenso (o descenso).	Prueba 4: Cuatro puntos seguidos, alternándose arriba y debajo de la línea central.
	
Prueba 5: Dos de tres puntos sobre (o bajo) 2σ de la línea central (mismo lado).	Prueba 6: Cuatro de cinco puntos sobre (o bajo) 1σ de la línea central (mismo lado).
	
Prueba 7: Quince puntos consecutivos dentro 1σ (ambos lados).	Prueba 8: Ocho puntos consecutivos fuera de 1σ de la línea central (ambos lados).
	

Anexo 3: Cálculos de variabilidad y estabilidad.

- Para la **Carta de Individuales**, se tienen las siguientes expresiones:

$$LC = \bar{x}$$
$$LSC = \bar{x} + 3\sigma_x$$
$$LIC = \bar{x} - 3\sigma_x$$

, donde $\sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2}$

Dado que el valor d_2 es para un tamaño de $n=2$, se tiene que $d_2=1,128$ (dicho valor se obtiene en la tabla 5: Factores para la construcción de las cartas de control).

- Para calcular la media de concentración final se tiene:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

Reemplazando los datos en la expresión anterior se tiene que:

$$\bar{x} = \frac{5248.7 \%}{48} = 99,03\%$$

- Para calcular el rango móvil se tiene la diferencia absoluta entre mediciones individuales en la misma ubicación de dos grupos consecutivos:

$$ej. 1: 97,3\% - 99,0\% = 1,7\%$$
$$ej. 2: 99,9\% - 97,3\% = 2,6\%$$
$$ej. 3: 98,6\% - 99,9\% = 1,3\%$$
$$ej. 3: 99,0\% - 98,6\% = 0,4\%$$

FECHA	REALIZADO POR	JARABE	Estanque N°	Concentración final	Jarabero	Rangos móviles
05-ene		CCSA	4	99,0%	LUIS GALLEGOS	
08-ene		CCSA	7	97,3%	DAVID GONZALEZ	1,7%
10-ene		CCSA	5	99,9%	LEONARDO PEREZ	2,6%
10-ene		CCSA	16	98,6%	DAVID GONZALEZ	1,3%
11-ene		CCSA	5	99,0%	DAVID GONZALEZ	0,4%

Tabla 2: Cálculo de rangos móviles. Elaboración propia.

- Para calcular la media de rangos móviles se tiene:

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

Luego, reemplazando los datos se tiene:

$$\bar{R} = \frac{28.9 \%}{53} = 0,56\%$$

- Para calcular los límites centrales se utilizan las siguientes expresiones:

$$LC = 99,0 \%$$

$$LSC = 99,03 \% + 3 * \frac{0,56}{1,128} = 100,51\%$$

$$LIC = 99,03 \% - 3 * \frac{0,56}{1,128} = 97,55 \%$$

- Para la **Carta de Rango Móviles**, se determinan las constantes D_3 y D_4 , usando valores de $n=2$, para este valor de n , $D_3=0$ y $D_4=3,2686$ (dicho valor se obtiene de la tabla 5: Factores para la construcción de las cartas de control), por lo tanto:

$$\text{Limite de control inferior} = D_3 * \bar{R} = 0 * 0,56\% = 0$$

$$\text{Limite central} = \bar{R} = 0.56\%$$

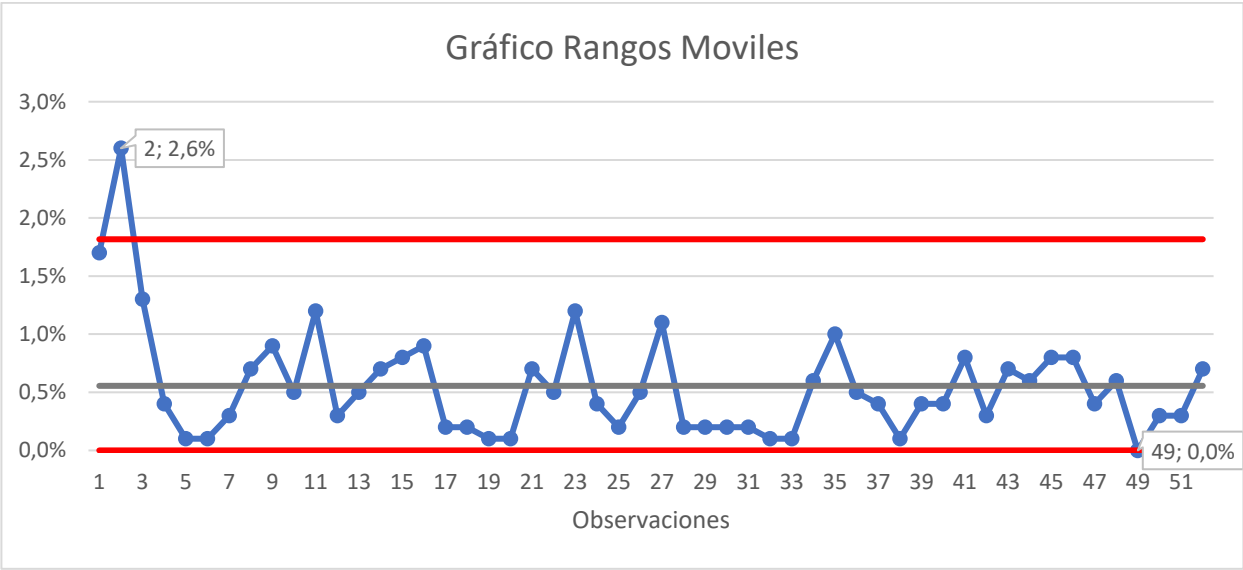
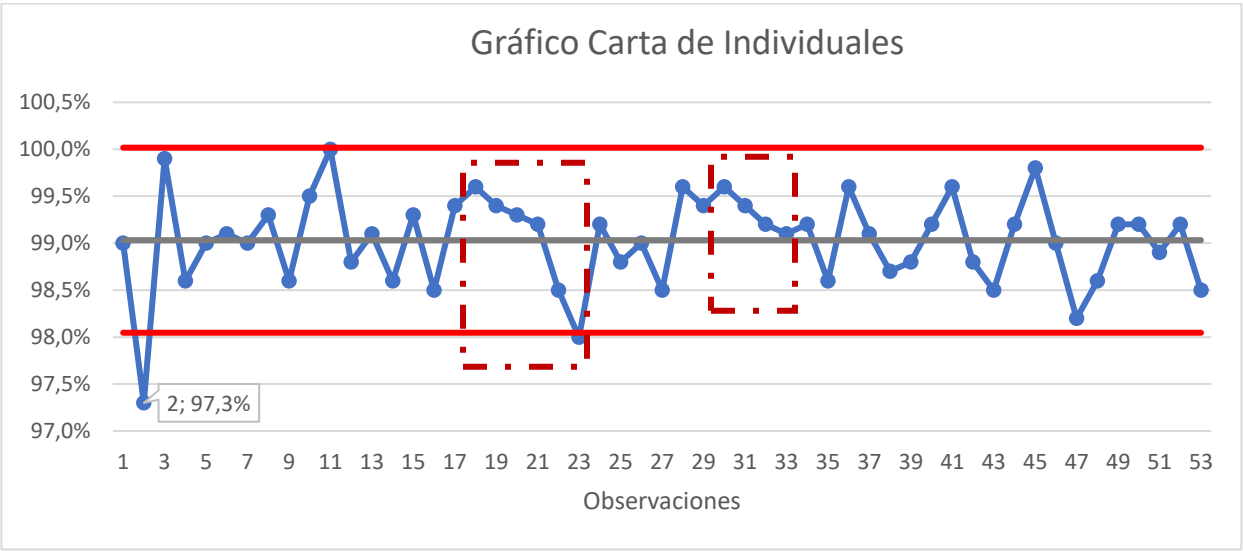
$$\text{Limite de control superior} = D_4 * \bar{R} = 3,2686 * 0,56\% = 1,82\%$$

Anexo 4: Tabla de límites de Cartas de Individuales y Rangos Móviles.

FECHA	REALIZADO POR	JARABE	EST. #	Concentración final	Jarabero	Rangos móviles	LC (CI)	LCS (CI)	LCI (CI)	LC (RM)	LCS (RM)	LCI (RM)
05-ene		CCSA	4	99,0%	LUIS GALLEGOS		99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
08-ene		CCSA	7	97,3%	DAVID GONZALEZ	1,7%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
10-ene		CCSA	5	99,9%	LEONARDO PEREZ	2,6%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
10-ene		CCSA	16	98,6%	DAVID GONZALEZ	1,3%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
11-ene		CCSA	5	99,0%	DAVID GONZALEZ	0,4%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
12-ene	HG	CCSA	4	99,1%	LEONARDO PEREZ	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
15-ene	NSD	CCSA	4	99,0%	LEONARDO PEREZ	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
15-ene	HG	CCSA	5	99,3%	LUIS GALLEGOS	0,3%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
17-ene	HG	CCSA	6	98,6%	LUIS GALLEGOS	0,7%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
18-ene	HG	CCSA	2	99,5%	DANIEL CONTRERAS	0,9%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
19-ene	LAC	CCSA	17	100,0%	DANIEL CONTRERAS	0,5%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
20-ene	HGM	CCSA	16	98,8%	DAVID GONZALEZ	1,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
23-ene	HG	CCSA	5	99,1%	LEONARDO PEREZ	0,3%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
23-ene	NSD	CCSA	4	98,6%	LUIS GALLEGOS	0,5%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
24-ene	BSL	CCSA	1	99,3%	DAVID GONZALEZ	0,7%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
27-ene	NSD	CCSA	3	98,5%	LUIS GALLEGOS	0,8%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
27-ene	NSD	CCSA	5	99,4%	MAURICIO VILLAR	0,9%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
31-ene	MP	CCSA	5	99,6%	DAVID GONZALEZ	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
02-feb	MP	CCSA	3	99,4%	DANIEL CONTRERAS	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
06-feb	NSD	CCSA	1	99,3%	LUIS VERGARA	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
06-feb	NSD	CCSA	7	99,2%	LUIS VERGARA	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
06-feb	HGM	CCSA	6	98,5%	DAVID GONZALEZ	0,7%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
12-feb	HGM	CCSA	17	98,0%	LUIS GALLEGOS	0,5%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
12-feb	NSD	CCSA	4	99,2%	LUIS VERGARA	1,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
13-feb	NSD	CCSA	17	98,8%	MAURICIO VILLAR	0,4%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
15-feb	NSD	CCSA	16	99,0%	LUIS GALLEGOS	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
16-feb	SAB	CCSA	2	98,5%	DAVID GONZALEZ	0,5%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
16-feb	NSD	CCSA	16	99,6%	LUIS VERGARA	1,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
20-feb	SAB	CCSA	4	99,4%	DAVID GONZALEZ	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
23-feb	LAC	CCSA	3	99,6%	LUIS GALLEGOS	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
22-feb	SAB	CCSA	5	99,4%	DAVID GONZALEZ	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
22-feb	NSD	CCSA	16	99,2%	LUIS VERGARA	0,2%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
26-feb	CSC	CCSA	16	99,1%	LUIS VERGARA	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
27-feb	SAB	CCSA	5	99,2%	DAVID GONZALEZ	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
28-feb	SAB	CCSA	5	98,6%	DAVID GONZALEZ	0,6%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
29-feb	CSC	CCSA	6	99,6%	LUIS VERGARA	1,0%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
01-mar	CSC	CCSA	3	99,1%	LUIS VERGARA	0,5%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
04-mar	NSD	CCSA	17	98,7%	LUIS VERGARA	0,4%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
06-mar	SAB	CCSA	3	98,8%	LEONARDO PEREZ	0,1%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
07-mar	NSD	CCSA	7	99,2%	LUIS VERGARA	0,4%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
08-mar	SAB	CCSA	3	99,6%	DAVID GONZALEZ	0,4%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
09-mar	CSC	CCSA	5	98,8%	LUIS VERGARA	0,8%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
11-mar	SAB	CCSA	6	98,5%	DANIEL CONTRERAS	0,3%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
11-mar	SAB	CCSA	3	99,2%	DANIEL CONTRERAS	0,7%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
12-mar	HGM	CCSA	7	99,8%	LUIS GALLEGOS	0,6%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
14-mar	MPS	CCSA	2	99,0%	LUIS GALLEGOS	0,8%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
18-mar	NSD	CCSA	17	98,2%	LEONARDO PEREZ	0,8%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
18-mar	NSD	CCSA	5	98,6%	LEONARDO PEREZ	0,4%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
20-mar	NSD	CCSA	5	99,2%	LEONARDO PEREZ	0,6%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
20-mar	SAB	CCSA	16	99,2%	DANIEL CONTRERAS	0,0%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
21-mar	CSC	CCSA	5	98,9%	DAVID GONZALEZ	0,3%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
22-mar	CSC	CCSA	5	99,2%	DAVID GONZALEZ	0,3%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0
25-mar	SAB	CCSA	4	98,5%	LEONARDO PEREZ	0,7%	99,0%	100,51%	97,55%	0,56%	1,82%	0

Tabla 4: Limites de Cartas de Individuales y Rangos Móviles. Elaboración propia.

Anexo 5: Gráficos de Individuales y Rangos Móviles.



Anexo 6: Cálculos de índice de capacidad.

- **Índice Cp.**

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

, donde $\sigma = 0,492$, $ES = 101,5\%$ y $EI = 98,5\%$, por lo tanto:

$$C_p = \frac{101,5\% - 98,5\%}{2,95\%} = 1,02$$

- **Índices Cpi, Cps y Cpk.**

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \text{ y } C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

$$C_{pi} = \frac{99,03 - 98,5\%}{1,48\%} = 0,36\% \text{ y } C_{ps} = \frac{101,5\% - 99,03\%}{1,48\%} = 1,67\%$$

$$C_{pk} = 0,36\%$$

- **Índice C_{pm} (índice de Taguchi).**

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

, donde τ (tau) está dada por: $\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$ y N es el valor nominal de la característica de calidad; EI y ES son las especificaciones inferior y superior. El valor de N por lo general es igual al punto medio de las especificaciones, es decir, $N = 0.5(ES + EI)$. El índice C_{pm} compara el ancho de las especificaciones con 6τ ; pero τ no sólo toma en cuenta la variabilidad del proceso, a través de σ^2 , sino que también toma en cuenta su centrado a través de $(\mu - N)^2$. De esta forma, si el proceso está centrado, es decir, si $\mu = N$, entonces C_p , C_{pk} y C_{pm} son iguales.

$$\tau = \sqrt{0,492^2 + (99,03\% - 100,00\%)^2}$$

$$\tau = 1,09$$

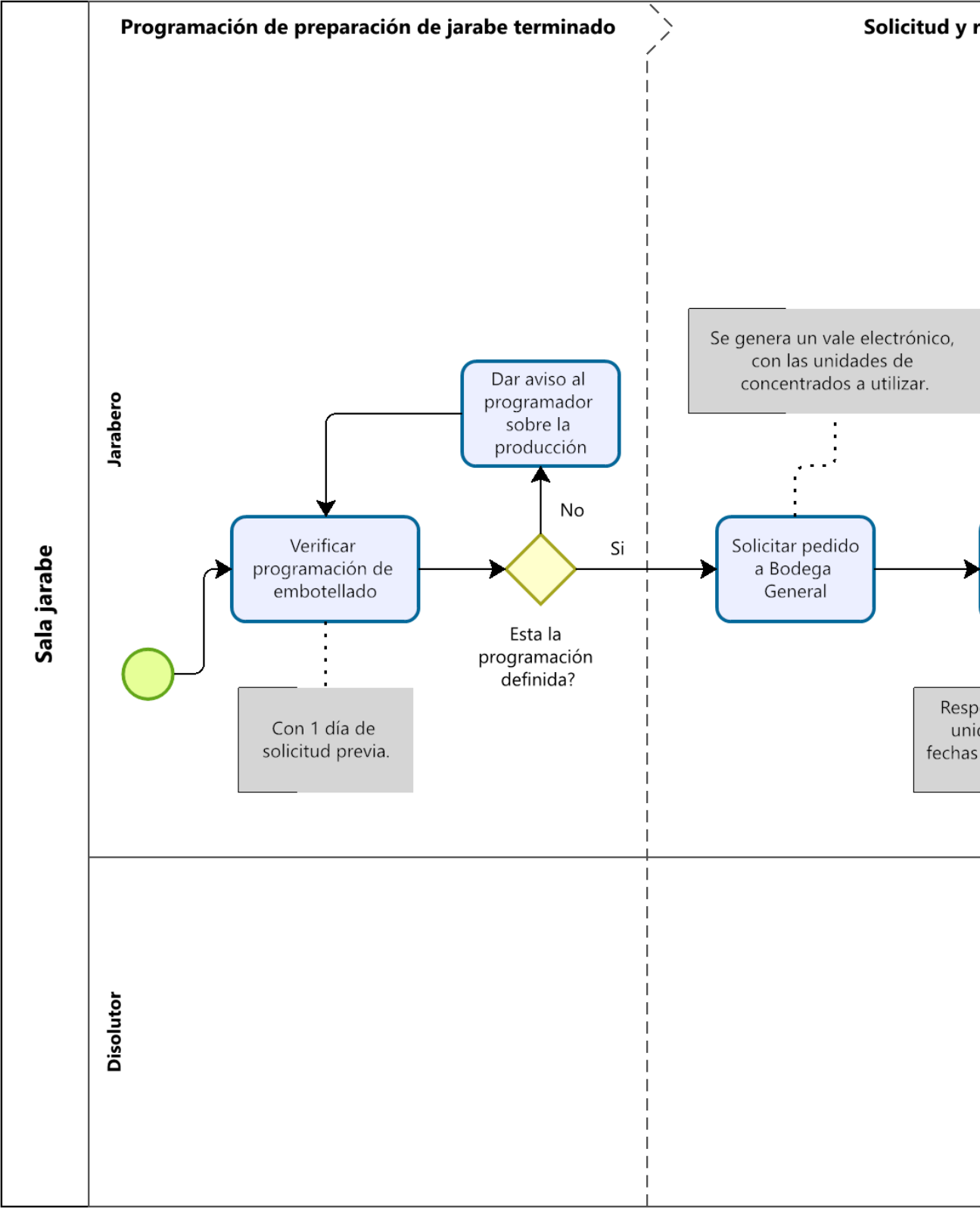
$$C_{pm} = \frac{101,5\% - 98,5\%}{6 * 1.09} = \frac{3\%}{6,54} = 0,46\%$$

Anexo 7: Factores utilizados en la construcción de las cartas de control.

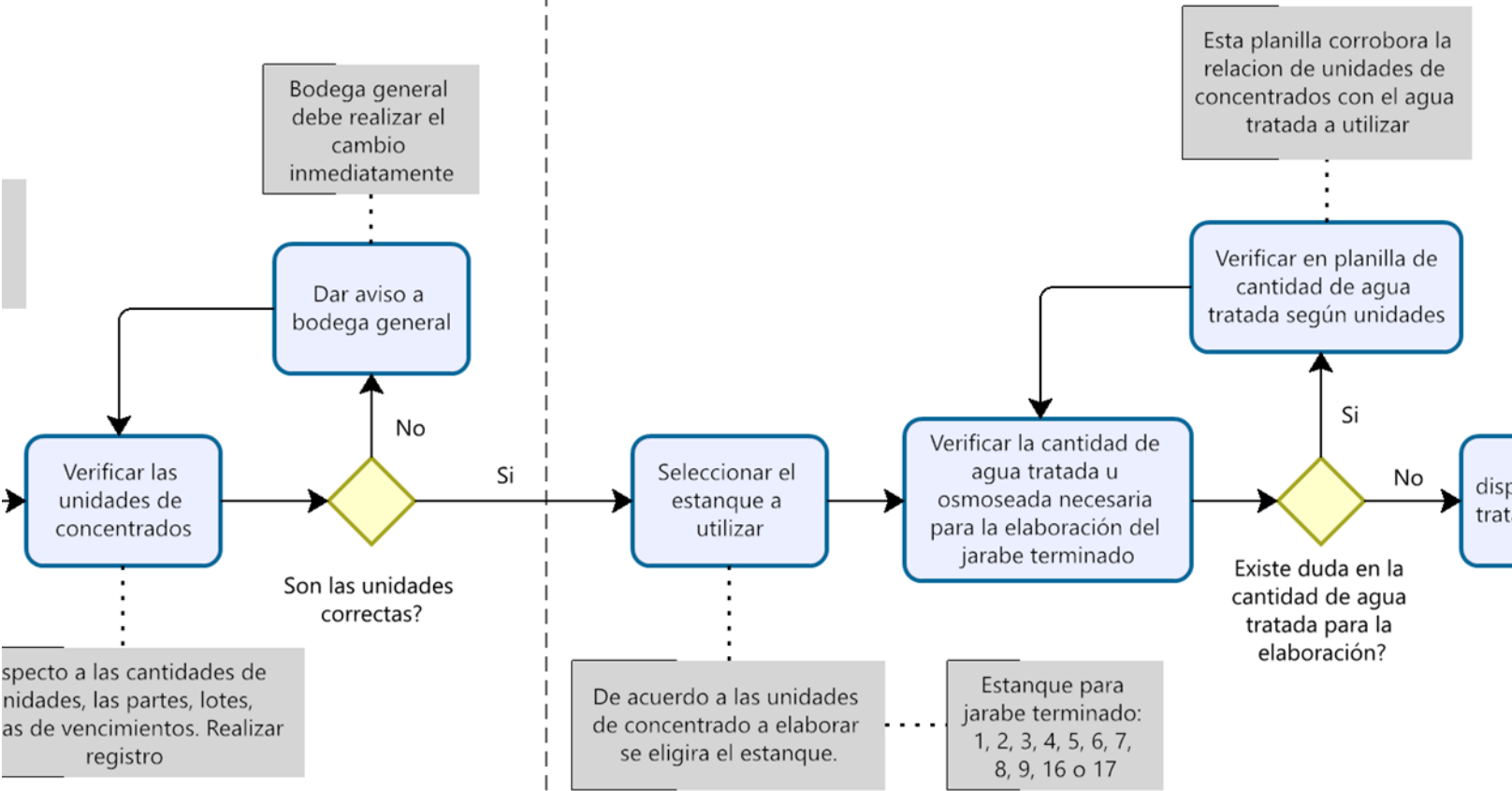
Tamaño de muestra, <i>n</i>	Carta $\bar{X}$ <i>A</i> ₂	Carta R			Carta S <i>c</i> ₄	Estimación de σ <i>d</i> ₂
		<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄		
2	1,880	0,853	0,0000	3,2686	0,7979	1,128
3	1,023	0,888	0,0000	2,5753	0,8862	1,693
4	0,729	0,880	0,0000	2,2822	0,9213	2,059
5	0,577	0,864	0,0000	2,1144	0,9400	2,326
6	0,483	0,848	0,0000	2,0039	0,9515	2,534
7	0,419	0,833	0,0758	1,9242	0,9594	2,704
8	0,373	0,820	0,1359	1,8641	0,9650	2,847
9	0,337	0,808	0,1838	1,8161	0,9693	2,970
10	0,308	0,797	0,2232	1,7776	0,9727	3,078
11	0,285	0,787	0,2559	1,7441	0,9754	3,173
12	0,266	0,778	0,2836	1,7164	0,9776	3,258
13	0,249	0,770	0,3076	1,6924	0,9794	3,336
14	0,235	0,763	0,3281	1,6719	0,9810	3,407
15	0,223	0,756	0,3468	1,6532	0,9823	3,472
16	0,212	0,750	0,3630	1,6370	0,9835	3,532
17	0,203	0,744	0,3779	1,6221	0,9845	3,588
18	0,194	0,739	0,3909	1,6091	0,9854	3,640
19	0,187	0,734	0,4031	1,5976	0,9862	3,689
20	0,180	0,729	0,4145	1,5855	0,9869	3,735
21	0,173	0,724	0,4251	1,5749	0,9876	3,778
22	0,167	0,720	0,4344	1,5656	0,9882	3,819
23	0,162	0,716	0,4432	1,5568	0,9887	3,858
24	0,157	0,712	0,4516	1,5481	0,9892	3,895
25	0,153	0,708	0,4597	1,5403	0,9896	3,931

Tabla 5: Factores para la construcción de las cartas de control. Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto, 2013.

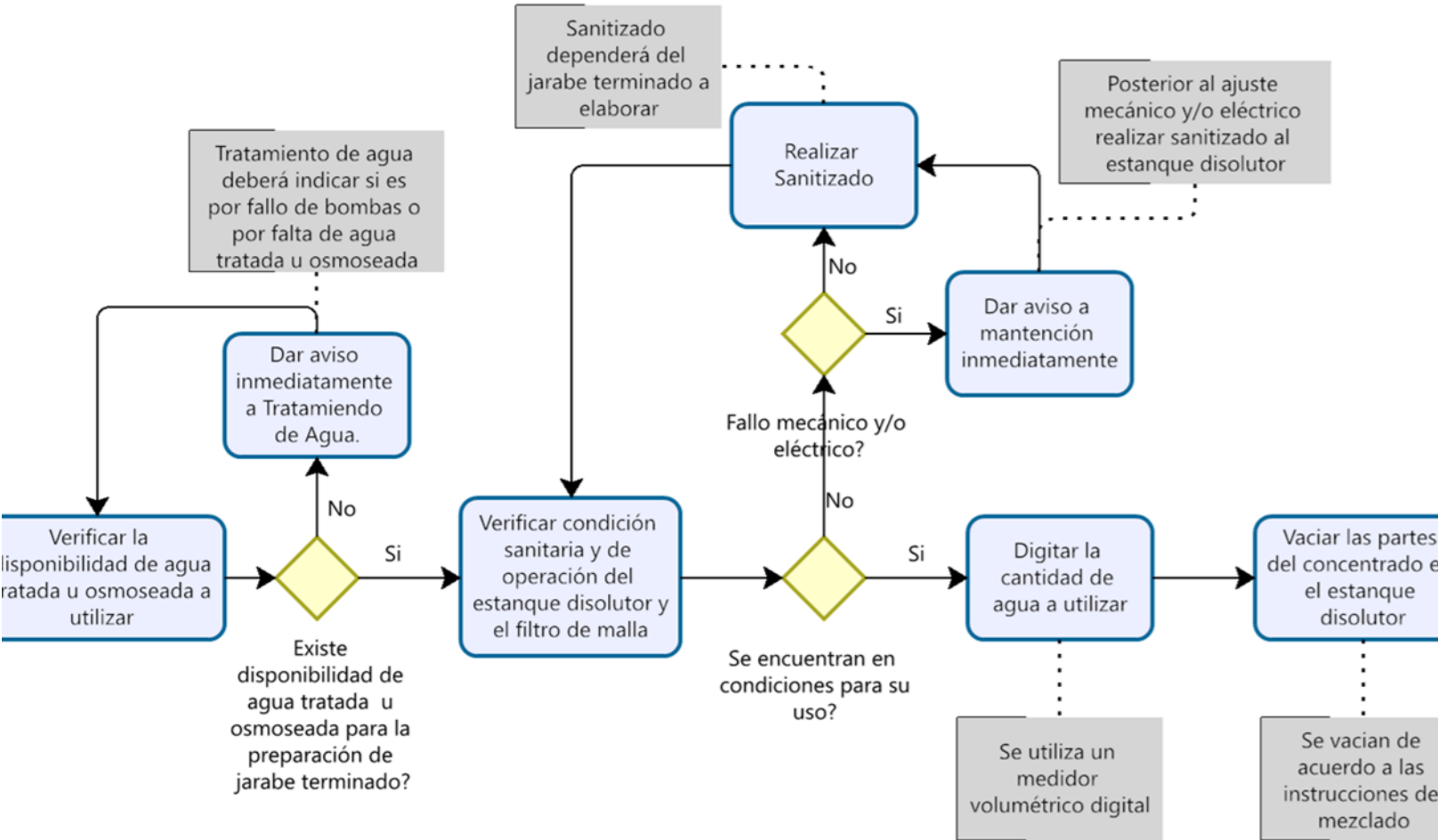
Anexo 8: Diagrama de flujo de decisiones.

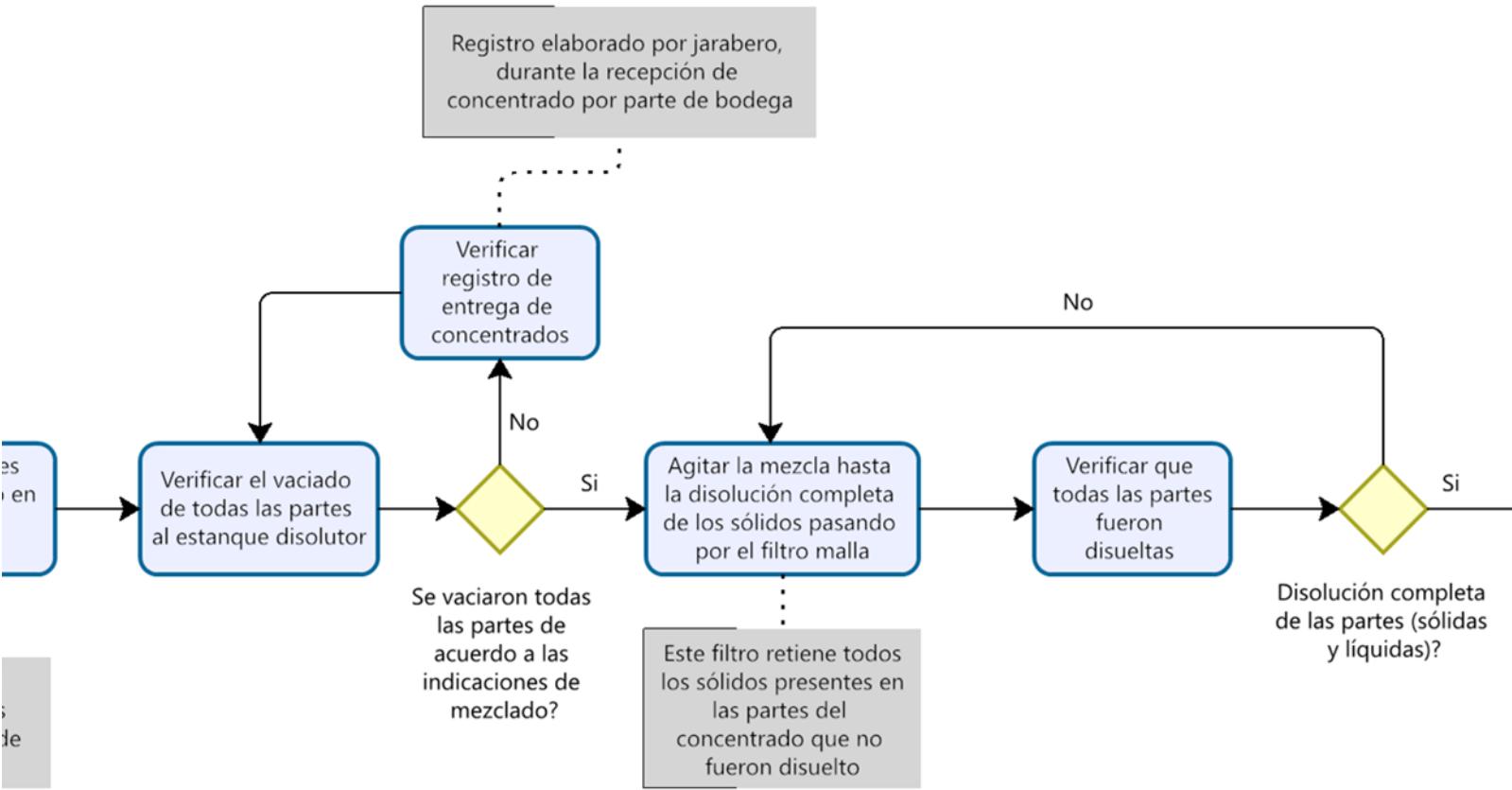


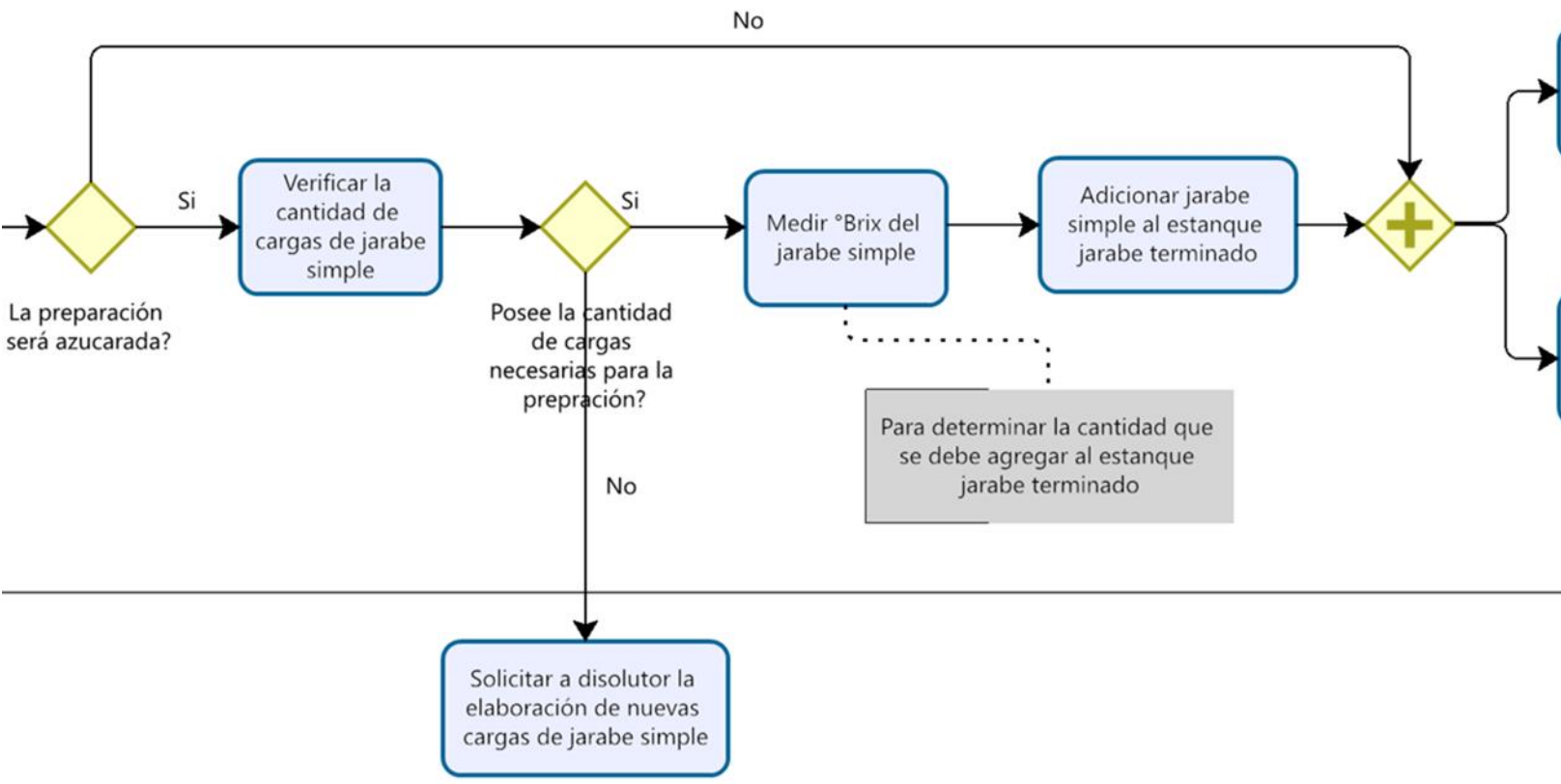
/ recepción de insumos



Preparación jarabe terminado en disolutor







Preparación de jarabe en estanque jarabe terminado

