



| POSGRADOS |

Maestría en

PRODUCCIÓN Y

OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:

Propuestas metodológicas y tecnológicas avanzadas

Tema:

Estandarización de procesos operacionales para la mejora del indicador OEE en una embotelladora ubicada en Guayaquil usando la metodología DMAIC de Six Sigma.

Autores:

Angel Roberto Guevara Orozco

Arturo Marlon Meregildo Villarreal

Director:

Angel Eduardo González Vásquez

GUAYAQUIL – Ecuador

2022

Autores:



Angel Roberto Guevara Orozco;
Ingeniero Industrial
Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por
la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.
aguevarao1@est.ups.edu.ec



Arturo Marlon Meregildo Villarreal
Ingeniero Industrial
Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por
la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.
ameregildo@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Angel Eduardo González Vásquez
Ingeniero Industrial
Doctor en Ciencias Administrativas
agonzalez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2022 © Universidad Politécnica Salesiana.

GUAYAQUIL– ECUADOR – SUDAMÉRICA

ANGEL ROBERTO GUEVARA OROZCO

ARTURO MARLON MEREGILDO VILLARREAL

Estandarización de procesos operacionales para la mejora del
indicador OEE en una embotelladora ubicada en Guayaquil usando la
metodología DMAIC de Six Sigma.

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, a mis padres, a mi esposa Marjorie y a mi hija Doménica por su motivación en que curse esta etapa de estudios. Todos ellos en conjunto dándome su apoyo para que logre este objetivo.

Arturo Marlon Meregildo Villarreal

El presente trabajo de investigación se lo dedico a Dios, mi madre y abuela que me motivaron a continuar con mis estudios y a nunca desfallecer ante las adversidades que se dan en todo momento de la vida.

Angel Roberto Guevara Orozco.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme salud y fuerzas para culminar esta etapa de estudios. A mi esposa e hija las cuales tuvieron la paciencia y apoyo incondicional en todo momento, las cuales con su amor me dieron fuerzas para alcanzar este nuevo título.

Arturo Marlon Meregildo Villarreal

Agradezco a Dios por la oportunidad de seguir estudiando y fortaleciendo los conocimientos como profesional y ser humano en conjunto con mi madre y mi abuela quienes son los pilares que me han permitido alcanzar mi Desarrollo actual.

Angel Roberto Guevara Orozco

Tabla de Contenido

Resumen	7
Abstract.....	8
1 Introducción.....	9
2 Determinación del Problema.....	10
2.1 Situación problemática	10
2.2 Formulación del problema	10
2.2.1 Problema general.....	10
2.2.2 Problemas específicos.....	10
2.3 Justificación de la investigación.....	11
2.3.1 Objetivo general.....	12
2.3.2 Objetivos específicos	12
3 Marco teórico referencial.....	13
3.1 Antecedentes de investigación.....	13
3.2 Bases teóricas	14
4 Materiales y metodología.....	18
4.1 Tipo, diseño y nivel de investigación	18
4.2 Método de investigación	18
4.3 Determinación de la muestra	20
4.4 Tipos de instrumentos de investigación	20
4.5 Tratamiento de la Información.....	20
4.6 Análisis de los datos.....	21
5 Resultados	23
5.1 Determinación de la línea con la mayor incidencia en el incumplimiento del Oee 23	
5.2 Determinación del factor con mayor incidencia en el incumplimiento del Oee	27
5.3 Especificación del proceso operativo a estandarizar	31
5.4 Implementación de mejoras para Cumplimiento del oee.....	33
6 Conclusiones.....	41
Referencias	43

Estandarización de procesos operacionales para la mejora del indicador OEE en una embotelladora ubicada en Guayaquil usando la metodología DMAIC de Six Sigma.

Autores:

Angel Roberto Guevara Orozco
Arturo Marlon Meregildo Villarreal

Resumen

El objetivo de la presente tesis es determinar los factores que impiden alcanzar la meta del 65% de OEE (Overall Equipment Effectiveness – Eficiencia Global del equipo) en la embotelladora ABC, mediante un tipo de investigación cuantitativo utilizando la metodología DMAIC se determinara cuál de las 3 áreas de producción tiene mayor incidencia en la alcanzar la meta propuesta y a su vez se determinara cuál de las 11 línea de presenta la de mayor desviación para alcanzar la meta propuesta para el presente año 2022.

La información recopilada mediante un método analítico se basará entre en el periodo del año 2022 entre los meses de enero a junio cuya data reposan en el Dpto. de manufactura la empresa antes mencionada, se utilizará herramientas como gráficos, tablas, histogramas, Pareto con el fin de analizar la información que se disponga.

Palabras clave:

OEE, DMAIC, Pareto, Estandarización, Productividad.

Abstract

The objective of this thesis is to determine the factors that prevent reaching the goal of 65% of OEE (Overall Equipment Effectiveness - Global Equipment Efficiency) in the ABC bottling plant, through a type of quantitative research using the DMAIC methodology, it will be determined which of the 3 production areas have a greater incidence in reaching the proposed goal and in turn it will be determined which of the 11 lines presents the greatest deviation to reach the proposed goal for the current year 2022.

The information collected through an analytical method will be based on the period of the year 2022 between January to June whose data rests in the Department of manufactures of the company, tools such as graphs, tables, histograms, Pareto will be used to analyze the information available.

Palabras clave:

OEE, DMAIC, Pareto, Standardization, Productivity.

1 Introducción

La empresa embotelladora sujeta a estudio se dedica a la elaboración y comercialización de bebidas refrescantes la misma que se encuentra dividida en líneas de refrescos, hidratantes, carbonatadas y néctares. Constituida en el año de 1988, inicia sus operaciones en Lima-Perú para años posteriores a finales del siglo XX (1999) iniciar su expansión a otros países abriendo así plantas en países como: Venezuela, Colombia, México, España, Ecuador.

La planta de Ecuador está ubicada en el sector norte de la ciudad de Guayaquil de la provincia del Guayas la misma que cuenta con 11 líneas de producción divididas en tres áreas de las cuales, cuatro líneas están asignadas al área de gaseosas encargada de la elaboración de bebidas energéticas, bebidas carbonatadas, agua purificada y refrescos; dos líneas asignadas al área de isotónicos encargada de la elaboración de bebidas hidratantes y por último cinco líneas asignadas al área de néctares encargada de elaboración de néctar de frutas.

Como parte del control de los indicadores claves de gestión (KPI) de la empresa, cada nivel organizativo cuenta con un grupo de indicadores que son monitoreados de forma semanal y mensual según corresponda, es así que para el área de manufactura se cuenta con el indicador denominado Overall Equipment Effectiveness mejor conocido como OEE que en los seis primeros meses del año 2022 llegó al 64% siendo su objetivo de 65%, por tal motivo es necesario hacer un enfoque en la problemática que impide mejorar dicha métrica y así llegar al objetivo planteado

2 Determinación del Problema

2.1 Situación problemática

La embotelladora de bebidas refrescantes ABC durante el 1er semestre del 2022 ha obtenido un déficit en el cumplimiento de la meta propuesta del 65% del OEE - Eficiencia Global del equipo para el presente año 2022.

De acuerdo con el aporte de porcentaje de producción que se divide entre las 3 áreas que conforman la planta, se determina que el enfoque debe centrarse en el área de gaseosas con el fin de determinar la línea que influye mayoritariamente en el incumplimiento del OEE.

Una vez determinado que la línea con mayor desviación en el cumplimiento del OEE se realizará análisis para determinar la máquina, sección de máquina y tareas que inciden en la desviación presentada de dicha línea.

2.2 Formulación del problema

2.2.1 Problema general

¿Será posible estandarizar los procesos operacionales a través de la metodología DMAIC con el fin de alcanzar el objetivo del 65% en el indicador de eficiencia global de los equipos (OEE) en los siguientes tres meses?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Es factible emplear la metodología DMAIC con el fin de determinar el factor que influye en mayor medida en el incumplimiento de la meta del OEE?

- ¿Es factible analizar el nivel de productividad por líneas de producción con el fin de determinar la que influye en mayor medida el incumplimiento de la meta del OEE?
- ¿Es posible reducir la variabilidad de los procesos operacionales con el fin de alcanzar la meta del OEE?

2.3 Justificación de la investigación

La importancia de la consecución de alcanzar el objetivo trazado para el OEE (65%) surge de la necesidad del cumplimiento de los objetivos estratégicos del gobierno corporativo que compone el grupo Embotelladora ABC, que al contar con varias plantas de elaboración de bebidas refrescantes en distintos países del mundo tiene la necesidad de lograr que todas las plantas se encaminen a las nuevas tendencias del mercado tanto en Industria 4.0 así como en el World Class Manufacturing (WCM).

Por lo tanto, la aplicación de la metodología DMAIC, así como el uso de las diferentes herramientas de análisis tales como Histogramas, Diagramas de Pareto, Diagramas de Cajas, 5 porque, Estandarización entre otras, dará el sustento necesario para influir de forma coercitiva los diferentes factores que conforman el OEE lo que con lleva mejorar el indicador alcanzando de forma sustancial y sostenible el cumplimiento de la meta establecida por el gobierno corporativo en el indicador OEE a través del establecimiento de un plan de acción elaborado de forma multidisciplinario.

Por último, aparte del cumplimiento en el indicador del OEE este proyecto ayudará a cubrir demanda del mercado que al momento de realización de este proyecto no ha sido posible cubrir por falta de producto que surge por falta de disponibilidad de máquina influyendo de forma directa al cumplimiento del OEE.

2.3.1 Objetivo general

Estandarizar procesos operacionales para la mejora y alcanzar la meta del indicador OEE en una embotelladora ubicada en Guayaquil usando la metodología DMAIC de Six Sigma.

2.3.2 Objetivos específicos

- 1) Analizar el nivel de productividad por líneas de producción con el fin de determinar la que influye en mayor medida el incumplimiento de la meta del OEE.
- 2) Determinar mediante metodología DMAIC los factores que componen al indicador OEE con el fin de determinar el factor que impide el cumplimiento del OEE.
- 3) Implementar estandarización en los procesos operacionales para disminuir la variabilidad en el OEE.

3 Marco teórico referencial

3.1 Antecedentes de investigación

En un trabajo para la obtención del título de maestría de producción elaborado en la Universidad Nacional de José Faustino Sánchez Carrión se aplicó la metodología DMAIC para el aumento de productividad en el proceso de distribución de combustible líquido en una estación distribuidora, como principales resultados se obtuvieron resultados del 95.16% al 97.65% es decir un incremento del 1.93%. Mediante la primera etapa se determinó el factor crítico para la caída de productividad, a través de las siguientes etapas de la metodología DMAIC se propusieron acciones preventivas y correctivas en las etapas de definición, medición, análisis, mejoramiento y control. Vernal Valladares, Carlos Enrique (2019) *Metodología DMAIC y productividad de procesos de distribución de combustible líquido en una estación distribuidora pesca en el año 2018*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (Enrique, 2019)

Para la obtención de una tesis para la obtención del título de Ing. en Alimentos en la Universidad politécnica del Litoral se aplicó la metodología DMAIC para la reducción de defectos en etiquetado en una embotelladora de bebidas, lo que permitió mejorar el indicador de inspección Final de Calidad en el año 2013 cerrando con 5841 de DPMO acumulado considerando como meta para el año en estudio de 4286 DPMO, lo que permitió colocar como meta para el siguiente año un valor de 4025 DPMO. Cristian Efrén Vite Moncayo (2015) *Implementación de la Metodología DMAIC para Reducir los defectos de Etiquetado en una Línea Embotelladora de Bebidas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral (Moncayo, 2015)

3.2 Bases teóricas

En esta parte se establecen definiciones y conceptos de elementos a tratar y utilizar en el desarrollo del presente trabajo por lo cual es necesario una correcta interpretación de lo que se menciona a continuación:

KPI. - El desempeño de la gestión se define como el método o forma en la cual la organización logra sus objetivos trazados (Flapper, Fortuin, & Stoop, 1996).

Un KPI (Key Performance indicator), conocido también como indicador clave o medidor de desempeño o indicador clave de rendimiento, es una medida del nivel de rendimiento de un proceso. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado previa y normalmente se expresa en valores porcentuales (Parmenter, 2015).

Para garantizar el rendimiento requerido, los métodos de investigación relacionados con los KPI deben recibir una mayor atención desde una perspectiva académica y de la industria (Shen, Guang, & Xu, 2014).

OEE. – De acuerdo con el Rulebook de la empresa Embotelladora ABC (Coordinador Global de Gestión de Equipos, 2019) indica que el OEE es una métrica de mejores prácticas que mide el porcentaje de tiempo que la producción es realmente productiva. La OEE se compone de 3 elementos:

- Disponibilidad: Determina el tiempo real total que trabajó la máquina en comparación con el tiempo teórico que debería funcionar.
- Rendimiento: Permite determinar cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina, cuánto tiempo ha estado en producción en comparación con lo que debería haber estado, ya sea a velocidad nominal o estándar.

- Calidad: Determina el porcentaje de lo que se produce como buen producto con relación al producto total.

La mejora del rendimiento general del equipo (OEE) se logra examinando las entradas del proceso de producción (equipo, materiales, personas y métodos) e identificando y eliminando pérdidas relacionadas con cada entrada y con ello maximizar el resultado de rendimiento, calidad, costo, entrega, seguridad, medio ambiente, entre otros.

Six Sigma. – Six Sigma se define como una estrategia empresarial que aumenta y reduce los factores de defectos y fallas, aumenta la productividad, reduce el tiempo de ciclo y los costos de producción (Sujová & Simanová, 2021).

Six Sigma ha llegado a ser una metodología basada en información recopilada con el fin de llevar la calidad a niveles próximos a la perfección (Pérez & García, 2014).

DMAIC. - Es una estrategia basada en datos recopilados de la base histórica que se disponga y que se utiliza en pro de la mejora de los procesos por lo cual es parte de la metodología Six Sigma que se usa dentro de los procesos de mejora continua. El método DMAIC es acrónimo en inglés de las cinco fases que la componen las cuales son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar (Pulido & Salazar, 2009).

Si es el fin de un sistema es la mejora de los procesos de producción o servicios es imperativo el uso de un método analítico formal con el fin de mejorar dichos desempeños. La metodología DMAIC es la metodología de mejora que utiliza el Six Sigma el cual es un método formal el cual sigue un formato estructurado sustentado en hipótesis enunciadas, así como la realización de experimentos para una posterior evaluación de este confirmando o rechazando la hipótesis enunciada previamente (Bremer, et al., 2004).

Industria 4.0. - El concepto de Industria 4.0 u otros sinónimos como “Fabricación Inteligente” o “Internet Industrial” tal como varias personas la promueven continuamente, así como varios sectores de la industria lo que hace es describir la tendencia de digitalización, automatización y mayor uso de las TI en entornos de producción (Oesterreich & Teuteberg, 2016).

World Class Manufacturing (WCM). – El sistema World Class Manufacturing es un conglomerado de buenas prácticas de gestión que se espera que las empresas hagan uso de estas para la obtención de las metas trazadas dentro de estas (Silva, et al., 2021).

El World Class Manufacturing es un modelo que busca la excelencia operativa que ha sido adoptado en la mayor parte del mundo. Es una metodología estructurada y rigurosa que involucra plenamente al sector manufacturero cuyo objetivo es la eliminación de desperdicios y pérdidas en los diferentes procesos de manufactura con el fin de alcanzar los objetivos de cero accidentes, cero rechazos, cero fallas (Messina & Schiraldi, 2020).

Diagrama de Pareto. – Así mismo se puede hablar sobre la herramienta del Pareto como Gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, debido a que se ordenan por orden de importancia de los diferentes problemas que se presentan en un proceso (Pulido & Salazar, 2009).

Estandarización. – La estandarización de procesos consiste en definir y unificar procedimientos para que todos los usuarios utilicen los mismos procesos en todo momento (Harrington, 1994).

La estandarización del trabajo se fundamenta en el establecimiento de un acuerdo entre partes interesadas en el “como” hacer un trabajo (Delgado & Trujillo, 2013).

Proceso. – Cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes (Krajewski, Ritzman, & Manoj, 2008).

Actualmente los procesos se consideran como la base operativa de la mayor parte de las organizaciones y forma progresiva se van convirtiendo en la base estructural de las empresas (Zaratiegui, 1999).

Gestión por Procesos. – La Gestión basada en los Procesos, surge como un enfoque que centra la atención sobre las actividades de la organización, para optimizarlas (Mallar, 2010).

4 Materiales y metodología

4.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación que aplica el proyecto es del tipo cuantitativo esto debido a que “El fin de una experimentación cuantitativa es conseguir conocimientos primordiales y la adopción del modelo más correcto que posibilite conocer la verdad de una forma más imparcial, debido a que se recogen y analizan los datos por medio de los conceptos y cambiantes medibles.

La averiguación cuantitativa es una manera organizada de recopilar y examinar datos logrados de diversas fuentes, lo cual involucra la utilización de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados” (Neill & Suárez, 2017).

Así mismo se aclara que la investigación que se realizará no es experimental debido a que durante el proyecto se utilizarán tanto los datos que se dispone de los diferentes registros con los que cuenta la organización por lo cual ningún dato será modificado o ajustado debido a que los sucesos son parte del pasado con lo cual este método de investigación también se lo conoce como “Ex post facto” tal como lo menciona Carlos Monje “Este tipo de investigación es el idóneo para establecer posibles relaciones de causa y efecto, observar la ocurrencia de ciertos eventos y buscar los factores que pudieron haberlos causado en el pasado” (Álvarez, 2011).

4.2 Método de investigación

Para el desarrollo del proyecto se utilizará el método analítico con el fin de determinar la línea en la cual enfocar el proceso de estandarización de los procesos operacionales que abarcan una línea productiva todo ello haciendo uso de la

información histórica misma que reposa en las instalaciones de la Embotelladora ABC para posterior revisión de máquina que conforman la línea seleccionada de igual forma se revisará los principales motivos de paradas que inciden en las máquinas de la línea analizada.

Como mencionó (Scala, et al., 2021) el enfoque metodológico adoptado en el estudio está en línea con la metodología DMAIC sigue un flujo de trabajo típico, que se divide en cinco etapas:

- Definir: Fase donde el objetivo es objeto de análisis objetivo y de la crítica (área de análisis, línea de análisis, máquina a analizar, sección de maquina a analizar).
- Medir: Fase durante la cual se mide el desempeño actual del proceso (niveles de OEE por área, OEE por línea, tiempo de paradas por máquina, paradas por sección de máquina).
- Analizar: Fase durante la cual se analizan los datos recopilados del proceso actual para determinar las principales desviaciones de las condiciones y procedimientos óptimos del proceso (uso de diagramas de caja, histograma, Pareto, 5 porque y sus conclusiones).
- Mejorar: Fase de mejora, donde se implementan acciones correctivas y soluciones (desarrollo de plan de acción, implementación de estandarización en el proceso requerido, levantamiento de procedimientos y checklist de verificación, así como las capacitaciones a personal de interés).
- Controlar: Fase donde se da seguimiento el desempeño del proceso de optimización/mejora y se compara con las condiciones iniciales (seguimiento del evolutivo del OEE tanto como planta como por línea según las mejoras implementadas para los siguientes meses, así como la reducción de los tiempos de paradas en las secciones analizadas).

4.3 Determinación de la muestra

Para este proyecto la población a analizar son las 11 líneas de producción que representan la totalidad de las líneas que contiene el área de producción con el fin de tener una visión más amplia de la situación y de ser el caso establecer planes de acción por áreas.

En general, para cualquier estudio de investigación se incluyen muestras o subgrupos de poblaciones y, en pocas ocasiones, la población total o universo completo (Gómez, Villacís, & Miranda, 2016).

4.4 Tipos de instrumentos de investigación

Se usará herramientas de tipo cuantitativo como gráficos, tablas, histogramas, Pareto, todo con el fin de analizar la data que se disponga.

Instrumentos de investigación: Se utilizarán todos los recursos que se tenga a disposición de la cual se pueda obtener información fidedigna tales como los Registros de Paradas, Reportería de Novedades de Producción, Reporte de Actividades.

4.5 Tratamiento de la Información

El análisis de los datos aplicados en este estudio es del tipo cuantitativo descriptivo en el que primero se determinará la situación actual para posterior a la implementación de la estandarización a los procesos operacionales hacer un contraste entre un antes y un después en los tiempos perdidos por paradas planificadas.

En el proyecto se hará uso de herramientas informáticas como Excel con el fin de aprovechar todas las bondades que el mismo ofrece como realización de Histogramas, Diagramas de Pareto, Diagramas de Cajas, Diagrama Causa-Efecto, Estandarización que son herramientas esenciales para el proyecto que ayudarán a confirmar el impacto de mejora que se realizará.

4.6 Análisis de los datos

Previo a proceder con el tratamiento de los datos recopilados es necesario entender y comprender el proceso productivo de la embotelladora ABC la cual como se mencionó es una embotelladora de diferentes tipos de bebida por lo cual sus procesos abarcan desde el ingreso de materia prima, elaboración de la bebida hasta la entrega de producto terminado al área de bodega de producto terminado teniendo una serie de procesos intermedios tal como elaboración de jarabe simple, elaboración de jarabe terminado, soplado, envasado, etiquetado, codificado, empacado, paletizado.

Los datos por utilizar para el desarrollo del presente trabajo se recopilan a partir de la base de datos del área de manufactura de la embotelladora ABC donde se puede identificar el evolutivo del indicador OEE en el primer semestre del 2022 el cual tiene un promedio de 64% en el año siendo la meta establecida para dicho indicador en 65% con lo cual se observa que existe un GAP de un punto porcentual del YTD con respecto a la meta establecida.

Con el fin de realizar un correcto desarrollo en el presente trabajo se usa el proceso de estratificación de la información haciendo uso de la herramienta de Pareto un total de siete veces partiendo de la información base como planta, abriendo por nivel de área, nivel de línea, nivel de máquina, por tipo de paradas, por tipo de macro paradas, por sección de máquina y por último a nivel de parte de sección de la máquina todo ello con el fin de centrarse en el foco de la problemática y así

apoyar a la consecución del objetivo general planteado a inicio de este trabajo que es el cumplimiento de la meta en el indicador OEE.

Así mismo, se hará énfasis en la determinación de los principales factores que afectan el OEE, lo cual se hará con las herramientas ya mencionadas como lo es el Pareto de siete niveles que permitirá desarrollar y cumplir con el primero objetivo específico que es la de Determinar el factor que influye en mayor medida en el incumplimiento de la meta OEE.

De igual forma el uso de la herramienta de Pareto en su segundo nivel permitirá identificar el OEE por la línea del área con el menor cumplimiento de la meta permitiendo de esta manera el identificar la línea con el mayor GAP o desviación de su resultado para con la meta establecida alcanzando así el cumplimiento del segundo objetivo específico del estudio.

Por ultimo a través de las herramientas utilizadas a más del Pareto de cuatro niveles tal como 5 Porque, se podrá establecer un plan de acción con el fin de atacar las principales causas que afectan el cumplimiento del OEE, lo cual en caso de determinarse que sea por falta de capacitación, o de algún documento específico para el correcto desarrollo de las actividades del personal operativo se deberá estandarizar dichos procesos con el fin de reducir la variabilidad de los procesos determinados según el análisis alcanzado y así cumplir el tercer objetivo específico establecido para este trabajo.

En caso de que se requiera especificar alguna información técnica que surja de los análisis obtenidos se la especificará para que pueda ser entendida a cabalidad por todas las personas interesadas y así despejar dudas que pudieran surgir en caso de desconocer el fundamento técnico.

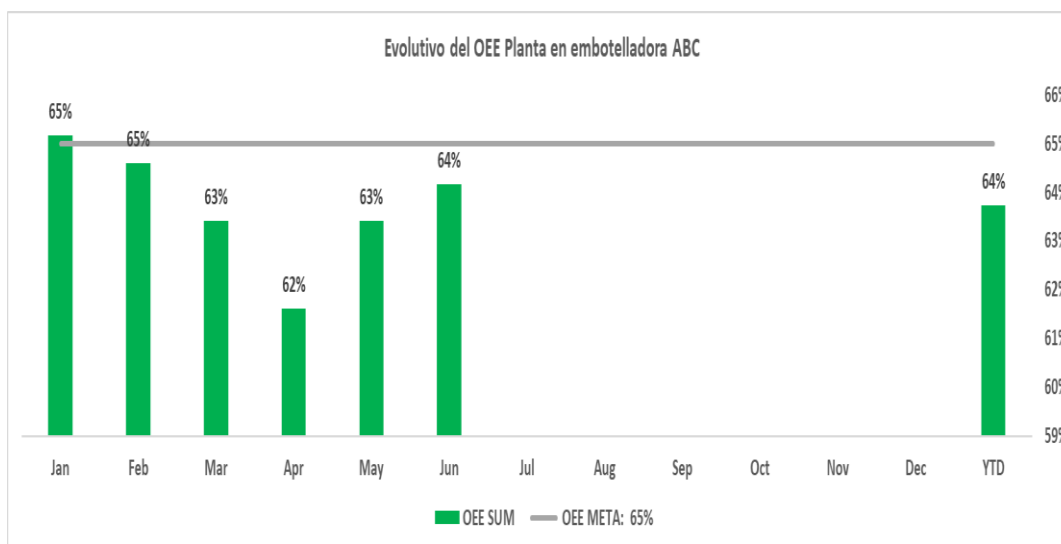
Dentro del plan de trabajo establecido se realizará un seguimiento de las mejoras en el indicador y en la información tratada previamente con el fin de concluir que las mejoras planteadas y que fueron ejecutadas han permitido la mejora del indicador asegurando el objetivo de este trabajo.

5 Resultados

5.1 Determinación de la línea con la mayor incidencia en el incumplimiento del Oee

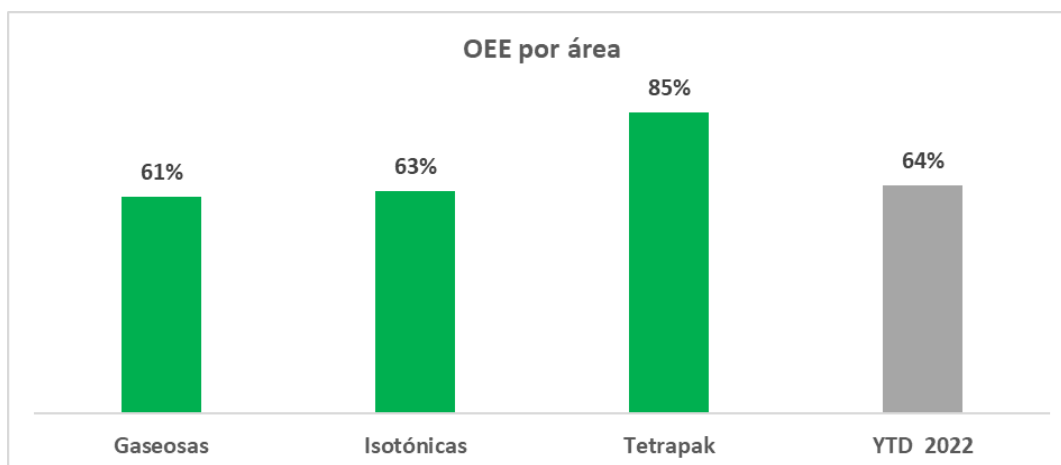
Como se mencionó previamente dentro de la embotelladora ABC se evidencia el incumplimiento del indicador OEE de Planta en el primer semestre del año 2022 según se observa en la figura 1 “Evolutivo del OEE Planta en embotelladora ABC”

Figura 1: Evolutivo del OEE Planta en embotelladora ABC



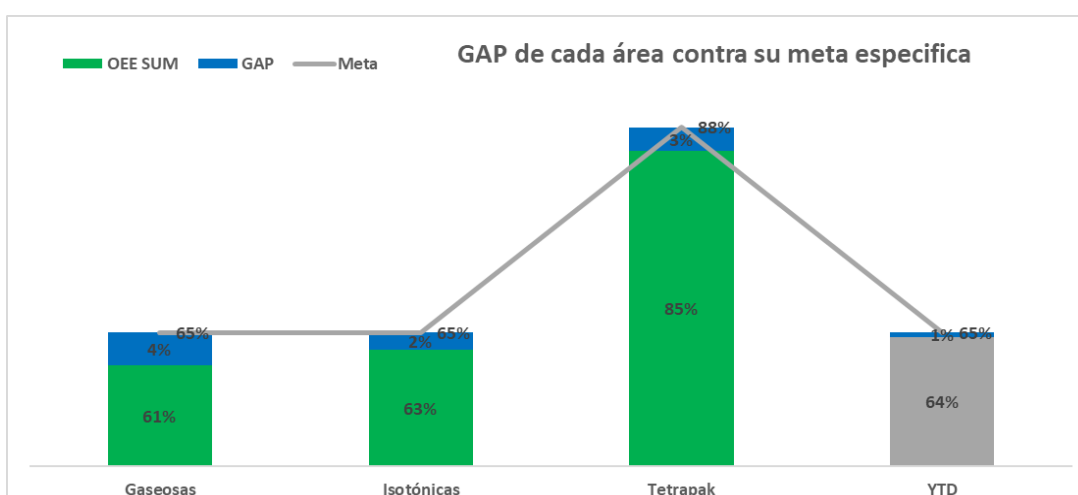
Realizando una segregación de la información del OEE por área se pudo determinar que el OEE en área Gaseosa es del 61%, OEE del área de Isotónica es del 63% y el OEE del área de Tetrapak es del 85% con un YTD general del 64%.

Figura 2: OEE por área.



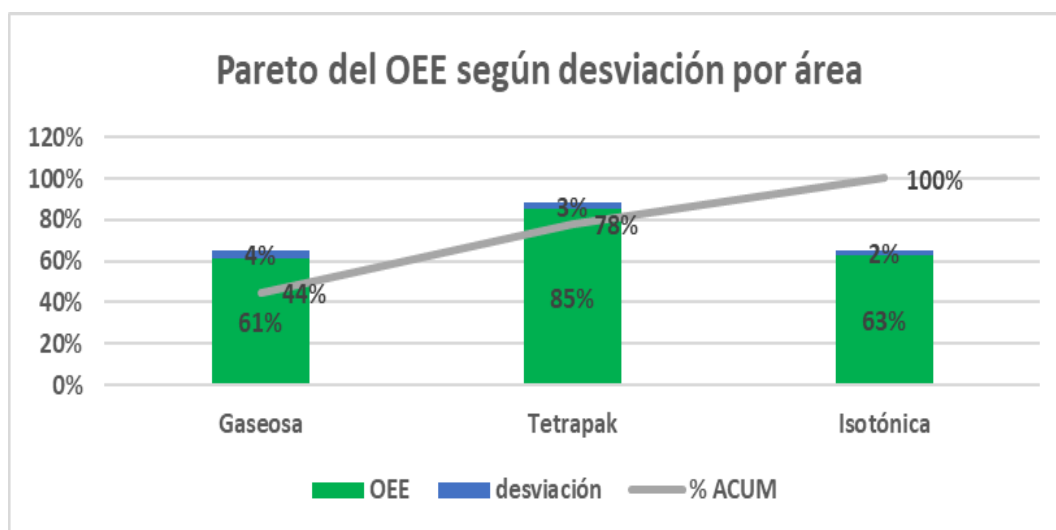
Según lo determinado previamente, se hace referencia de los OEE de cada área contra sus metas determinado así el GAP de cada área siendo de esta forma el GAP para el área de Gaseosa de cuatro puntos porcentuales, para Isotónicas dos puntos porcentuales y para el área de Tetrapak un total de tres puntos porcentuales siendo en el acumulado una diferencia de un punto porcentual que es lo que se mostró en la primera figura.

Figura 3: GAP de cada área contra su meta específica.



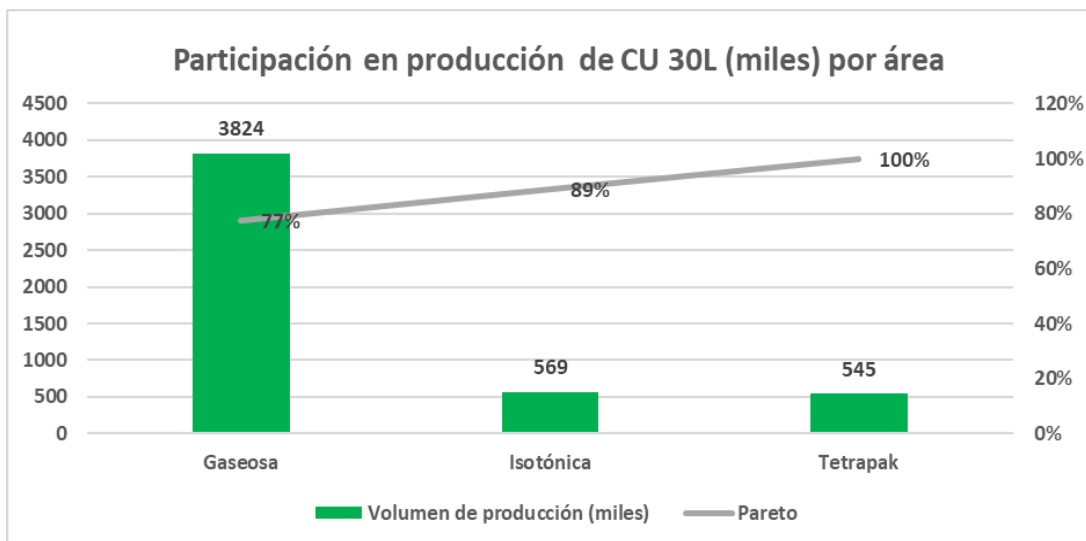
Por lo tanto, al hacer el Pareto de primer nivel se identifica al área de gaseosa como prioridad en ser analizada la determinación de causa raíz puesto que representa el 44% de la desviación total del OEE de planta.

Figura 4: GAP de cada área contra su meta específica.



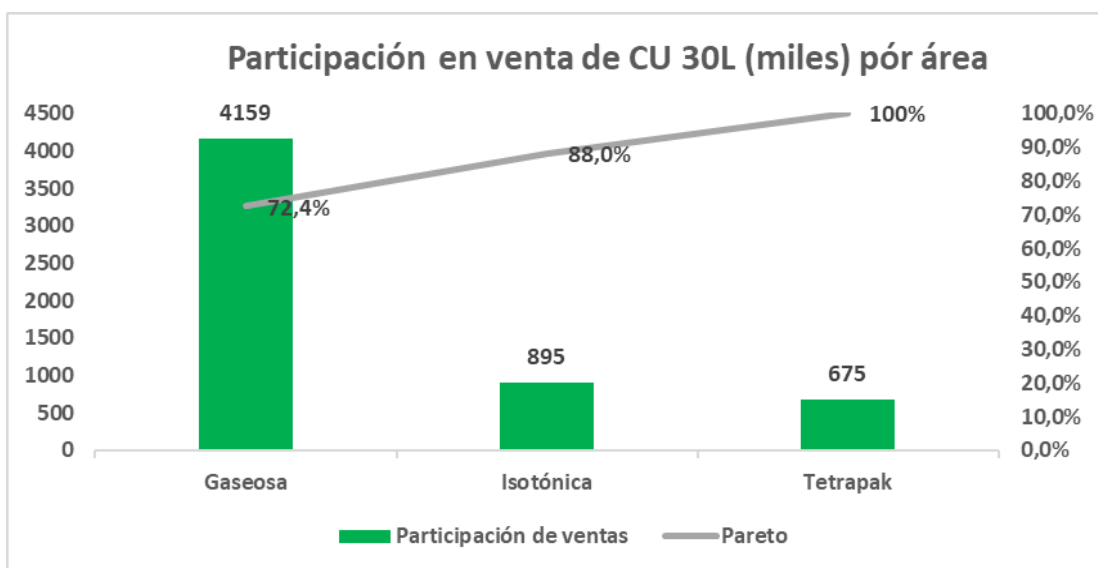
Para constatar que efectivamente lo idóneo es realizar un Pareto de segundo nivel en el área de Gaseosa se revisa los volúmenes de producción y volúmenes de venta de cajas unitarias de 30 litros (CU 30L) lo cual es la unidad de medida de la embotelladora ABC con lo cual se determinó que en el primer semestre del año la producción se ha distribuido en un 77% para el área de gaseosa, 12% para el área de Isotónica y un 11% al área de Tetrapak según se observa en la figura.

Figura 5: Participación en producción de CU 30L (miles) por área.



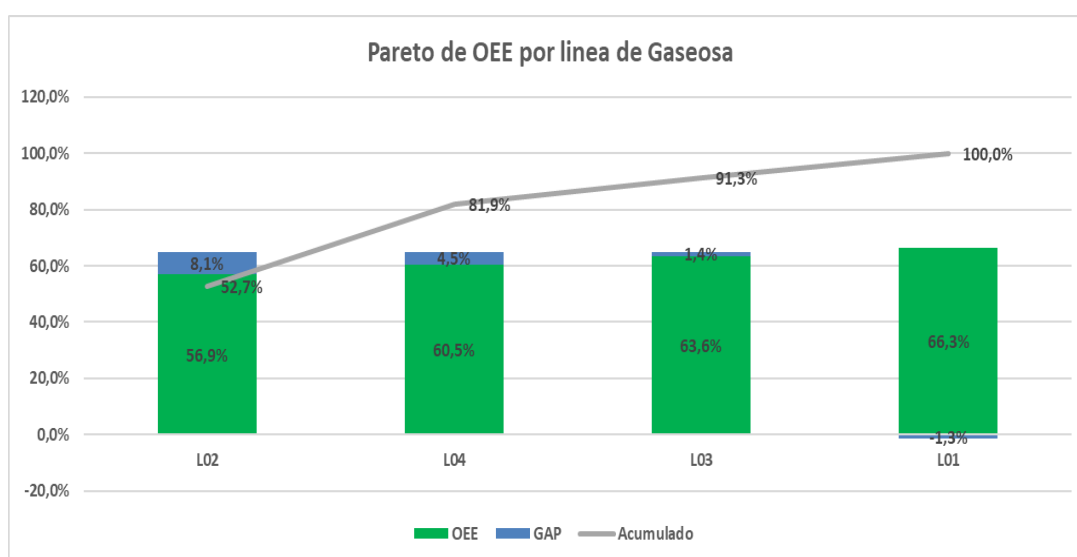
Así mismo, haciendo un análisis de las ventas de las diferentes marcas podemos evidenciar que las mismas se encuentran distribuidas en un 72.4% en productos del área de Gaseosa, 15.6% producida en el área de Isotónica y un 12% producida en el de Tetrapak tal como se en la figura 6.

Figura 6: Participación en venta de CU 30L (miles) por área.



Con lo evidenciado en las imágenes anteriores, junto al análisis de GAP del OEE por área se concluyó que efectivamente el análisis se centrará en el área de Gaseosa tal como se concluye en un inicio por lo cual fue necesario realizar una Pareto de nivel dos enfocado en las líneas que conforman dicha área siendo conformada por un total de cuatro líneas donde se determinó que la línea con el mayor GAP o desviación frente a la meta establecida para el área es la línea dos con un GAP de ocho puntos porcentuales lo cual representa el 53% del GAP total que existe entre las cuatro líneas del área de Gaseosa; Con lo cual se pudo determinar la línea que influye en mayor medida en el incumplimiento del OEE, es decir se pudo alcanzar el objetivo específico #1 del trabajo.

Figura 7: Comparativa de OEE por la línea de Gaseosa.



5.2 Determinación del factor con mayor incidencia en el incumplimiento del Oee

Una vez determinado que la línea dos es la de mayor interés se realiza el Pareto de tercer nivel donde se revisa los reportes de producción en el que aparecen las

paradas en horas no programadas suscitadas a lo largo del primer semestre 2022 con su respectivo motivo según se detalla en la figura 8.

Figura 8: Pareto de principales motivos (horas) de para no programadas.

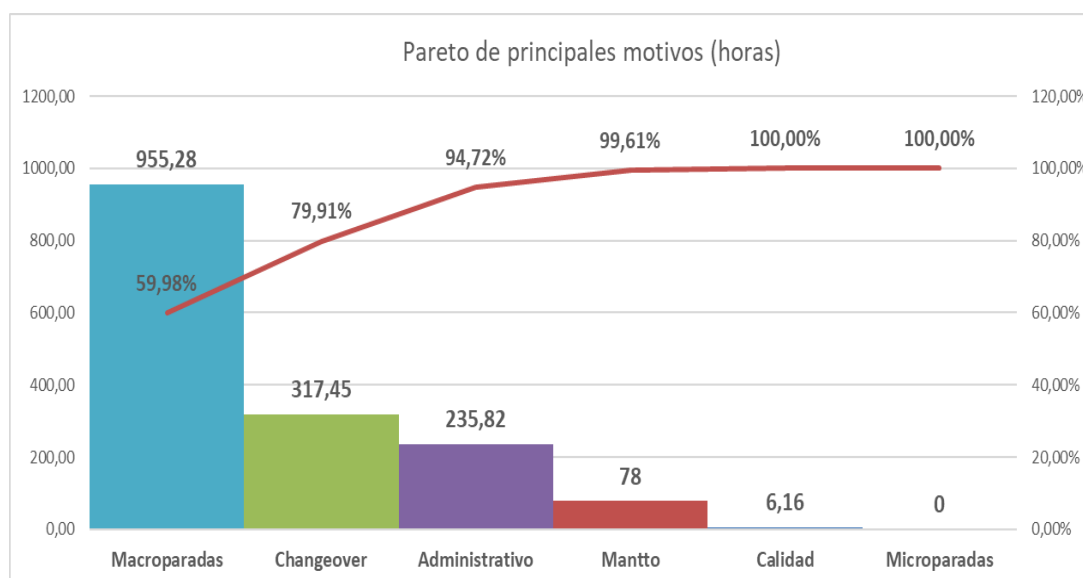
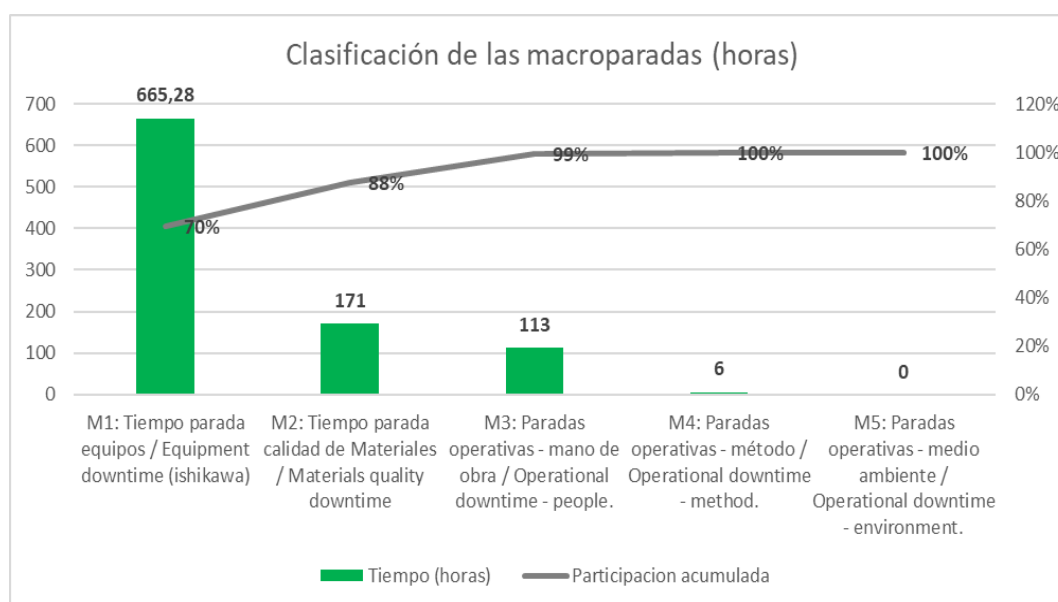


Figura 9: Data de horas no programadas con su respectiva clasificación.

Cálculo	Descripción	Significado	Valores (horas)	% Participación
G-H	Calidad	Desviaciones por producto no conformes	6,16	0,39%
F-G	Microparadas	Microparadas	0,00	0,00%
E-F	Macroparadas	Macroparadas	955,28	59,98%
D-E	Administrativo	Falta de insumos, personal, ausentismo, otros	235,82	14,81%
C-D	Changeover	Tiempos de set up	317,45	19,93%
B-C	Mantto	Mantenimiento programado, capacitaciones	78,00	4,90%

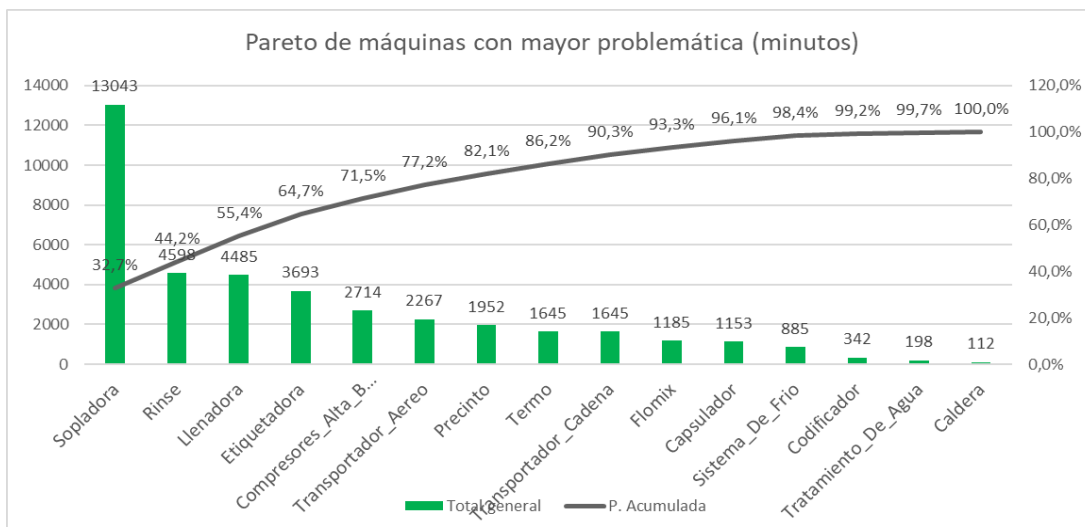
De la imagen anterior haciendo uso de la herramienta de Pareto se determina que en la línea dos del área de Gaseosas el principal factor que impide mejorar el OEE es la categoría de macro paradas con una incidencia del 60% seguido de los cambios de formato con una incidencia del 20% por lo tanto para el análisis en la categoría de macro paradas es necesario abrir nuevamente la información con respecto a los motivos principales de las macro paradas en un Pareto de cuarto nivel donde se detalla que el tiempo de paradas de los equipos representa el 70% de las macro paradas.

Figura 10: Clasificación de macro paradas en horas.



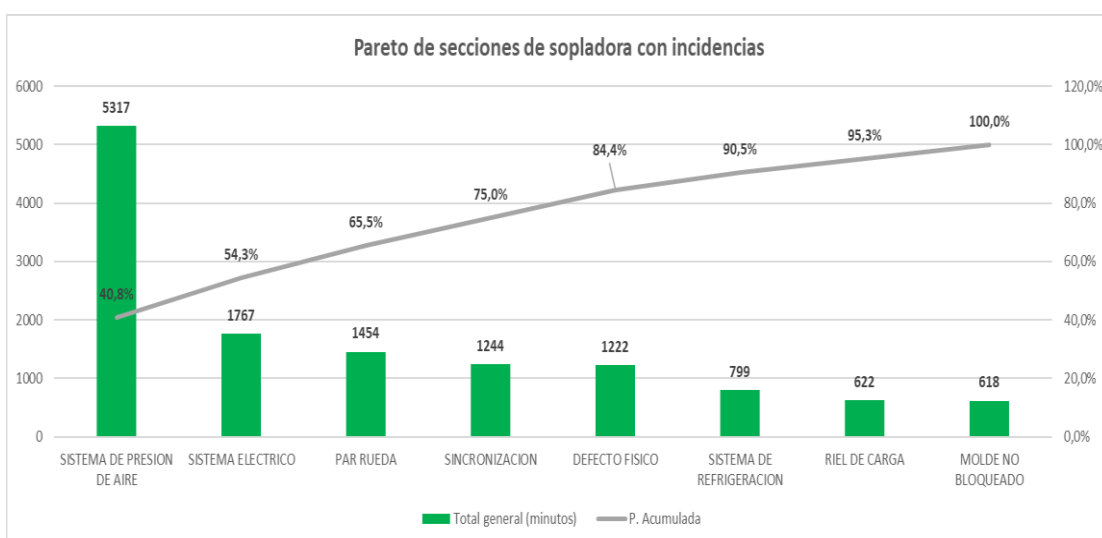
Haciendo una nueva aplicación de Pareto en quinto nivel se analiza los tiempos de parada por máquina en la que al ver por minutos se detalla que la máquina con la mayor cantidad de paradas no productivas es en la sopladora de la línea dos del área de Gaseosa con un total de 13043 minutos o 217.4 horas lo cual representa el 33% del tiempo de paradas en dicha máquina.

Figura 11: Pareto de distribución de máquinas con sus tiempos de paradas.



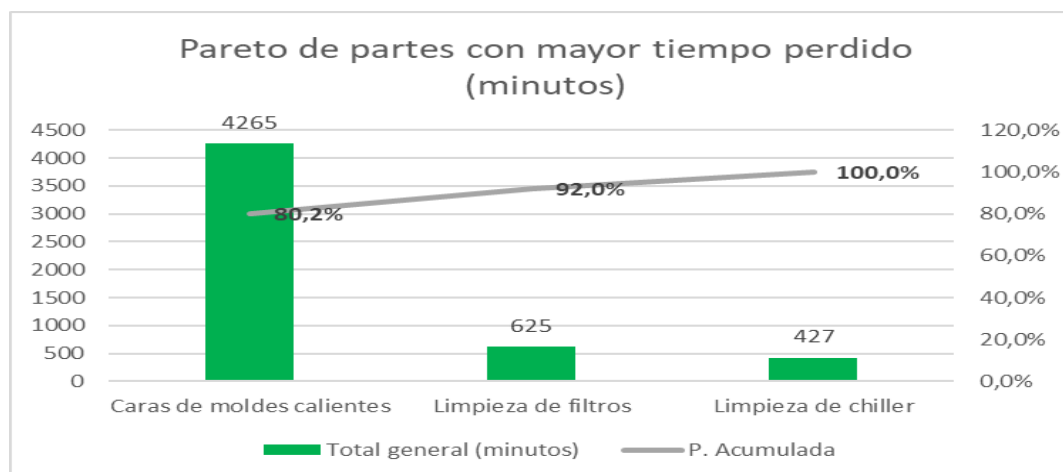
Se continua con el siguiente Pareto de sexto nivel donde se revisa las secciones de las máquinas determinándose que para la sopladora dos la sección del sistema de presión de aire presenta una parada total de 5317 minutos o también 88.6 horas lo cual representa el 41% del tiempo total de paradas en las secciones de la sopladora que han presentado novedades de paradas.

Figura 12: Pareto de distribución de secciones con sus tiempos de paradas.



Realizando un último Pareto de séptimo nivel en el cual se determina que la sección de la cara de los moldes presenta un total de 4265 minutos de paradas lo que equivale a un total de 71 horas lo que equivale al 80% del tiempo de parada en el sistema de presión de aire.

Figura 13: Pareto de distribución de partes de sección con mayor tiempo de paradas.



Con la determinación del factor que genera el mayor impacto en el incumplimiento del OEE el cual es el calentamiento de las caras de los moldes del sistema de presión de aire de la sopladora perteneciente a la línea dos del área de gaseosa se puede concluir que se pudo alcanzar a cumplir con el objetivo específico #2 planteado para el presente trabajo.

5.3 Especificación del proceso operativo a estandarizar

Una vez determinado el factor de mayor de mayor incidencia en el incumplimiento del OEE se procede a realizar la herramienta de 5 porque con el fin de determinar la causa raíz del porque las caras de los moldes se encuentran calientes cuando para su correcto funcionamiento estas deben estar a temperatura ambiente.

Tabla 01: Herramienta de 5 porque para causa raíz de caras de moldes calientes.

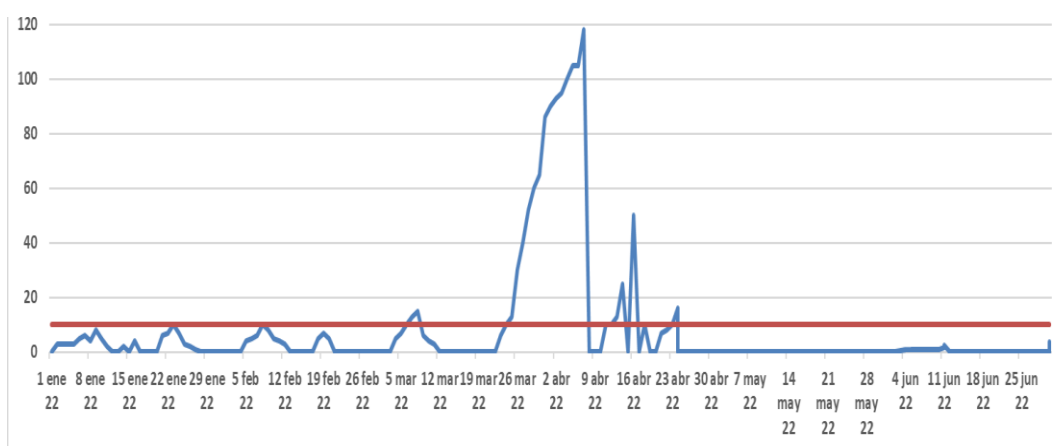
Posible causa comprobada 1	Caras De Moldes Calientes	
	Análisis Causa - Raíz	
	¿Por qué?1: Porque las caras de moldes están calientes?	Respuesta1: Porque los filtros se encuentran bloqueados
	¿Por qué?2: Porque los filtros se encuentran bloqueados?	Respuesta2: Por presencia de sedimentación en los filtros
	¿Por qué?3: Porque hay sedimentación en los filtros?	Respuesta3: Porque el proceso de tratamiento de agua auxiliar no está tecnificado
	¿Por qué?4: Porque el área de tratamiento de agua auxiliar no está tecnificada?	Respuesta4: Porque la planta creció con procesos empíricos.

Posterior al uso de la herramienta de los 5 porque se concluye que debido al aumento de la operación en los recientes años junto con la falta de implementación de sistemas de gestión documental, existe la necesidad de revisar los procesos de limpieza de la planta de tratamiento de agua los mismos que son realizados por parte del personal operativo, así mismo se determinó que el tiempo de limpieza de filtros puede verse reducido siempre y cuando se logre la correcta estandarización de los procesos junto al seguimiento idóneo de la ejecución de los procesos de retro lavado junto con la respectiva capacitación al personal sobre dichos procedimientos.

Dentro de las necesidades determinadas consta la necesidad de realizar revisión y seguimiento de los procesos del proceso de determinación de dureza del agua la cual es un indicativo de la cantidad de minerales disueltos que hay en el agua, se entiende que a mayor dureza, mayor cantidad de minerales disueltos en el agua lo cual genera cambios organolépticos al agua y a nivel de su uso en materiales o equipos generará incrustaciones lo cual implicará la necesidad del cambio de tuberías siendo las tuberías de acero negro las más susceptibles al deterioro adelantado en comparación a las tuberías de acero inoxidable (Instituto de Hidrología, 2007). Teniendo dicha consideración se realizó una revisión al historial de resultados de las pruebas que se hacen en el agua de la planta de tratamiento de agua evidenciándose una falta de desconocimiento sobre el proceso en casos de una elevada dureza del agua cuyo límite según entidades expertas consultados debería ser máximo 1 mg/L CaCO₃ (Economía, 2001) y que en contraste de las

muestras de la embotelladora ABC se encontraron valores de hasta 120 mg/L CaCO_3 por lo cual se determina la necesidad de establecer instructivo de trabajo para determinación de Dureza del agua así como un procedimiento de limpieza de superficies para la limpieza de los ablandadores de agua los cuales son los equipos encargados de reducir la dureza del agua en el sistema, junto con el cambio de las tuberías de acero negro del sistema de presión de aire por tuberías de acero inoxidable como medida preventiva todo ello con su respectiva capacitación al personal involucrado logrando de esta forma cumplir con el tercer objetivo específico que consiste en la estandarización de los procesos de interés para el cumplimiento del OEE.

Figura 14: Evolutivo del análisis de Dureza del agua para el sistema de presión de aire.



5.4 Implementación de mejoras para

Cumplimiento del oee

Con lo mencionado previamente se desarrolló un plan de acción entre un equipo multidisciplinario que lo conformaron tanto los operadores de la planta de tratamiento de agua como los supervisores, coordinadores y jefaturas de las áreas de Manufactura (producción, mantenimiento) y QHSE (Seguridad Industrial, Calidad

Integral) todo con el fin de levantar un plan de trabajo acorde a las necesidades y con ello mejorar los procesos de trabajo a través de la estandarización del mismo así como el alcanzar la meta establecida en el indicador OEE como parte del cumplimiento de las metas establecidas para la operación de Ecuador.

Tabla 02: Plan de acción para eliminación de causa raíz.

N°	Fecha de Origen	REUNIÓN	ÁREA	QUE HACER / REVISAR	QUIEN	CUANDO	Fecha Realización	Días de Atrazo	Cerrada / Abierta
1	05 julio, 2022	ISP	QHSE	Establecer procedimientos de limpieza de ablandadores de agua de la Planta de tratamiento de agua.	Gonzalo P.	30 julio, 2022	30 julio, 2022	0	Cerrada
2	05 julio, 2022	ISP	QHSE	Capacitación a operadores en procedimientos actualizados de la planta de tratamiento de agua.	Gonzalo P.	01 agosto, 2022	01 agosto, 2022	0	Cerrada
3	05 julio, 2022	ISP	Proyectos	Cambio de tuberías de acero negro del sistema de aire a presión por tubería INOX	Gregorio U.	20 julio, 2022	22 julio, 2022	2	Cerrada
4	05 julio, 2022	ISP	Manufactura	Implementación de checklist de verificación de filtros del sistema de presión de aire (Revisión semanal)	Arturo M.	10 julio, 2022	10 julio, 2022	0	Cerrada
5	05 julio, 2022	ISP	QHSE	Establecer instructivo de trabajo para determinación de dureza del agua.	Stalin L.	30 julio, 2022	30 julio, 2022	0	Cerrada

Así mismo, se realiza un seguimiento de Posterior a la implementación del plan de acción donde se da seguimiento a todas las actividades realizadas con el fin de asegurar el cierre adecuado de todas las acciones que permitirán el cumplimiento del indicador OEE en la embotelladora ABC.

Actividad 1: Establecer procedimientos de limpieza de ablandadores de agua de la Planta de tratamiento de agua.

Se estableció el procedimiento de limpieza y saneamiento de equipos de tratamiento de agua (retro lavado) con el fin de realizarlo 3 veces por semana y así asegurar la calidad del agua para los equipos que lo requieran dicho documento está anexado al documento madre del departamento de QHSE.

Tabla 03: Plan de acción para eliminación de causa raíz.

6.3. LIMPIEZA Y SANEAMIENTO DE EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA. FO-AC-12

6.3.1. ACTIVIDADES

FRECUENCIA: 3 VECES POR SEMANA

a. Retrolavado del filtro de Arena

Responsable: Operador de Tratamiento de Agua

- Mover las válvulas del filtro de arena a la posición de retrolavado.
- Haciendo uso de la bomba de alimentación hacer circular agua clorada hasta que desaparezca la turbidez (60 min).
- Mover las válvulas del filtro de arena a la posición de servicio.
- Hacer circular agua clorada hasta obtener agua cristalina (aproximadamente 30 minutos).

b. Retrolavado de Filtros Purificadores de Carbón

Responsable: Operador de Tratamiento de Agua

- Mover las válvulas de los purificadores de carbón a la posición de retrolavado.
- Hacer circular agua clorada hasta lograr eliminar la turbidez del agua hasta obtener un color cristalino (aproximadamente 30 minutos).
- Mover las válvulas de los purificadores de carbón a la posición de servicio.
- Hacer circular agua clorada hasta perder primero la turbidez y obtener un agua libre de cloro (aproximadamente 30 minutos).
- De presentarse turbiedad se aumentará la frecuencia de retrolavados.

c. Limpieza y Saneamiento del Filtro Pulidor

Responsable: Personal de Tratamiento de Agua

- Desmontar y lavar todas sus partes con agua clorada
- Sanitizar con una solución de ácido peracético 1%, por un tiempo de contacto de 30 minutos. En el caso, de ser necesario.
- Enjuagar con agua tratada.
- Cambiar los cartuchos filtrantes si fuese necesario.
- Antes de que el filtro pulidor se ponga en operación nuevamente, este deberá ser enjuagado con abundante agua tratada para eliminar cualquier residuo de cloro.

Actividad 2: Capacitación a operadores en procedimientos actualizados de la planta de tratamiento de agua.

Se hace uso de la sala de reuniones de la embotelladora ABC con el fin de dar a conocer al personal de la planta de tratamiento de agua, así como a los encargados de monitorear las instalaciones con el fin de establecer la estandarización de los procesos y la homogeneidad de este.

Figura 15: Capacitación de limpieza y desinfección de los equipos de tratamiento de agua.



Actividad 3: cambio de tuberías de acero negro por tuberías INOX.

Se realizó el cambio de la tubería del sistema de presión de aire el cual era de material de acero negro por material de acero inoxidable esto como medida preventiva considerando que en todo el primer semestre del 2022 la dureza del agua era muy elevada lo cual generó muchas incrustaciones en todo el sistema.

Figura 16: Área para contratistas tomando medidas y soldando tubería INOX



Figura 17: Uniones de tubería INOX en remplazo de tubería de acero negro.



Actividad 4: Elaboración de Checklist de verificación de filtros de aire de presión.

Se elaboró y difundió el checklist de verificación de filtros del sistema de presión de aire, el cual se debe llevar a cabo todos los lunes a inicio de la semana con el fin de

verificar que los filtros se encuentren en buenas condiciones y en caso de que estos estén saturados por sedimentación o incrustaciones por la dureza del agua notificar al operador del sistema de retro lavados para generar plan de acción o si en su defecto es por deterioro propio del material poder hacer el cambio respectivo para evitar paradas innecesarias.

Tabla 04: Plan de acción para eliminación de causa raíz.

Check de Verificación - Verificación de filtros de aire de presión					
Frecuencia: Realizar lunes al inicio del turno Inspeccion Verificación		No Cumple Si Cumple No Aplica		OK NOK N/A	
		Responsable: _____			
AREA PRODUCCION		FECHA: _____			
No.	SISTEMA DE AIRE A PRESIÓN	OK	NOK	N/A	OBSERVACIONES
1	1er Verificación de presión de entrada y salida del sistema				OK: No se hace nada NOK: Destapar unidades de filtro
1.1	Limpiar filtro del sistema				OK: Si filtro se limpia con éxito continuar con labores. NOK: Cambiar filtro y hacer 2da verificación.
1.2	2da Verificación presión de entrada y salida del sistema.				OK: No hacer nada. NOK: Se cambia el filtro por uno nuevo y se hace 3er verificación.
1.3	3ra Verificación presión de entrada y salida del sistema.				OK: No hacer nada. NOK: Verificación de calidad del agua auxiliar.
Operador de Turno:					
Supervisor de Turno					

Actividad 5: Elaboración de Checklist de verificación de filtros de aire de presión.

Se elaboró el Instructivo de análisis de Dureza del agua con el objetivo de reducir variabilidad a la hora de hacer los muestreos con esto se asegura una buena práctica de laboratorio, en dicho documento consta el objetivo, alcance, terminología, materiales a usar y el método o conjunto de pasos a seguir para un correcto desempeño de la actividad.

Tabla 05: Instructivo de análisis de dureza del agua (1/3).

ANÁLISIS DE DUREZA DEL AGUA			
Control de cambios			
Documento No.	IT-AC-13	Versión	01
Nombre del Documento	Análisis de Dureza del Agua		
Propietario	Calidad		
Elaborador por:	[Redacted]	Fecha:	20/7/2022
Revisado por:	[Redacted]	Fecha:	20/7/2022
Aprobado por:	[Redacted]	Fecha:	20/7/2022

Tabla 06: Instructivo de análisis de dureza del agua (2/3).

1.	OBJETIVO: Determinar la dureza del agua presente en el sistema de tratamiento. Este método esta basado en la cuantificación de los iones calcio y magnesio por titulación con el EDTA (sal disódica) y su posterior conversión a Dureza Total expresada como CaCO_3. La muestra de agua que contiene los iones calcio y magnesio se le añade el buffer de pH 10, posteriormente, se le agrega el indicador negro de eriocromo, que hace que se forme un complejo de color púrpura, enseguida se procede a titular con EDTA hasta la aparición de un color azul.
2.	ALCANCE: Es aplicable a todos los análisis realizados durante el proceso de tratamiento de aguas por barreras múltiples y agua para servicios auxiliares.
3.	TERMINOLOGÍA: No Aplica.
4.	REFERENCIAS: Norma ISO 22000:2018 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 974:2016 Determinación de la Dureza Total por titulación con EDTA.
5.	MATERIALES Y EQUIPOS: ▪ 01 <u>Gotero</u> ▪ 01 pipeta volumétrica, de 1 ml. ▪ 01 pipeta volumétrica de 100 ml. ▪ 01 Bureta de <u>25 ml</u>. ▪ 01 Erlenmeyer de 250 ml. ▪ 01 Erlenmeyer de <u>100 ml</u>. ▪ Vaso de vidrio de 250 ml. ▪ 01 pizeta ▪ 01 <u>Matraz</u> volumétrico de 100 ml. ▪ Agua Destilada. ▪ Solución estándar de negro de Eriocromo ▪ Solución estándar de Buffer de Amonio ▪ Solución Tituladora de dureza EDTA

Tabla 07: Instructivo de análisis de dureza del agua (3/3).

6. Método:

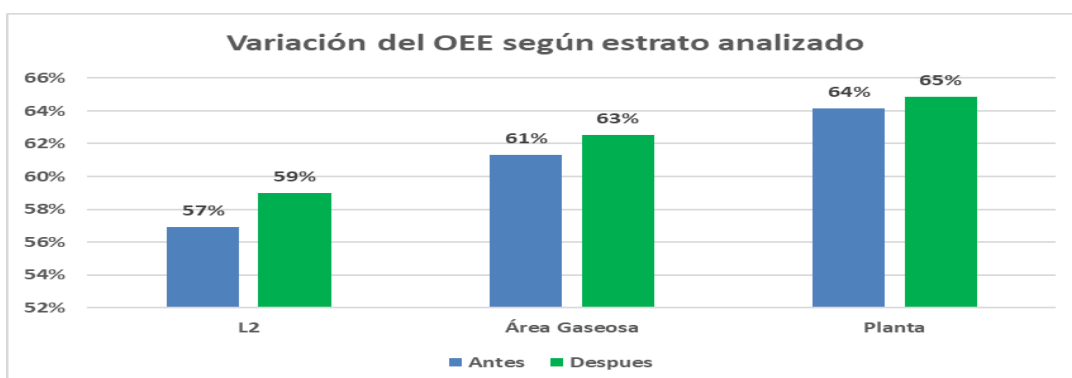
- a) Abrir el punto de muestreo y dejar circular el agua por espacio de 1 minuto.
- b) Medir 25 ml de la muestra en la probeta, vaciar al erlenmeyer y añadir 4 gotas de indicador negro de Eriocromo, agitar esta solución. Se tornará de un color "concho de vino".
- c) Agregar 11 gotas de la solución Buffer de amonio.
Nota: Si el color vira al término de la adición a color azul, entonces la dureza total como CaCO_3 es Cero mg/l.
- d) Titular con la solución EDTA hasta que vire a color azul, si no virara, se anotará el gasto de gotas para lograr esa condición y se multiplicará por un factor de 2, lo que indicará la Dureza Total en mg/L.
- e) Enjuagar todos los materiales una vez terminados el análisis con agua destilada y dejarlos secar.
- f) Realizar por duplicado la determinación.

7. INFORME DE RESULTADOS

- a. Reportar la media aritmética de los resultados de los valores de la determinación como mg/L CaCO_3 .

Con todas las actividades realizadas y haciendo la simulación de eliminar el tiempo de paradas por caras de molde calientes lo cual fue determinado en el último nivel de estratificación se pudo conocer que el OEE de la línea 2 aumenta dos puntos porcentuales pasando de 57% a 59%, el área de gaseosa pudo llegar a aumentar dos puntos porcentuales pasando de 61% a 63% y el OEE de la planta pudo haber aumentado en un punto porcentual pasando de 64% al 65% con lo cual se alcanza la meta establecida para dicho indicador logrando cumplir con el objetivo principal del presente trabajo que es la cumplir con la meta establecida en el indicador del OEE de la embotelladora ABC.

Figura 18: Variación del OEE según estrato analizado.



6 Conclusiones

La consecución del objetivo específico #1 el cual consiste en la determinación de la línea con mayor incidencia en el incumplimiento del OEE de la embotelladora ABC se alcanza mediante el uso de la herramienta de Pareto de segundo nivel donde en primer instancia se revisa el OEE por área de la embotelladora ABC donde se detectó que el área de Gaseosa presentaba mayor desviación y posterior uso de Pareto se determinó que la línea dos es la línea que tiene mayor oportunidad de mejora por tener el GAP más alto entre las cuatro líneas que conforman el área de Gaseosa.

La consecución del objetivo específico #2 el cual consiste en la determinación del principal factor del incumplimiento del OEE de la embotelladora ABC el mismo que se encontró en el sistema de presión de aire de la máquina sopladora que es parte de la línea dos como parte del área de gaseosa con lo cual se alcanzó a cumplir el objetivo específico #2 el cual consiste en la determinación del principal factor del incumplimiento del OEE de la embotelladora ABC.

La determinación del objetivo específico #3 el cual consiste en la estandarización de los procesos operaciones que influyen en el incumplimiento del OEE se determinó a través del análisis de causa raíz la necesidad de estandarizar el proceso de limpieza de los equipos de tratamiento de agua, así como el levantamiento de un instructivo de determinación de la dureza del agua junto con un checklist de verificación de filtros del sistema de presión de aire.

Como objetivo general del trabajo se buscaba mejorar el indicador del OEE de la embotelladora ABC el mismo que a través de la simulación en el mismo periodo de análisis (primer semestre 2022) se determinó que en caso de haber tenido todos los procesos estandarizados junto con sus respectivos seguimientos y monitoreos se hubiera podido eliminar los tiempos asociados a las paradas por las novedades del sistema de presión de aire dando como resultado el aumento del OEE a nivel de línea dos pasando de un 57% a un 59% aumento de 2%, aumento del 61% al 63% como área Gaseosa y pasamos de 64% a 65% como Embotelladora ABC con lo cual

se determinó el cumplimiento del objetivo general del presente trabajo junto con el cumplimiento de alcanzar la meta establecida para el OEE del 65%.

La estandarización de los procesos operacionales en conjunto con la implementación de sistemas que aseguren un control documental de los procesos y de las diferentes actividades que se realizan en la organización es fundamental para un correcto despliegue de la información hacia el personal operativo lo cual se logra con la capacitación continua del personal operativo asegurando de esta forma que los diferentes procesos puedan desarrollarse de forma eficiente con lo cual se evitan problemas de improductividad y de desperdicio de recursos como lo es el tiempo, dinero y esfuerzos del personal.

Referencias

- Economía, S. d. (2001). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - METODO DE PRUEBA*. Secretaría de Economía.
- Enrique, B. V. (2019). *Metodología Dmaic y productividad del proceso de distribución de combustibles líquidos en una estación distribuidora Pecsá en el año 2018*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJF_dcb1ed8f4eb5f64c4a508cd0fbf40163/Description#tabnav
- Instituto de Hidrología, M. y. (2007). *Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría*.
- Moncayo, C. E. (2015). Implementación de la Metodología DMAIC para reducir los defectos de etiquetado en una línea de embotelladora de bebidas.
- Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa - Guía Didáctica*. Neiva: Universidad SurColombiana - Facultad Ciencias Sociales y Humanas - Programa de Comunicación Social y Periodismo.
- Bremer, M., Gupta, P., McCarty, T., & Daniels, L. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*. Columbia, Estados Unidos de América: McGraw-Hill Education.
- Coordinador Global de Gestión de Equipos. (13 de 1 de 2019). Rulebook - Eficiencia General de Equipo (OEE). *Rulebook - Eficiencia General de Equipo (OEE)*. Lima, Lima, Perú: Embotelladora ABC.
- Delgado, M., & Trujillo, S. (2013). *ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS EN UNA EMPRESA DEL SECTOR DE LA*. Santiago de Cali: Universidad ICESI, Departamento de Ingeniería Industrial.
- Economía, S. d. (2001). *ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE DUREZA TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - METODO DE PRUEBA*. Secretaría de Economía.
- Flapper, S., Fortuin, L., & Stoop, P. (1996). Towards consistent performance management systems. *International Journal of Operations and Production Management*, 27-37.
- Gómez, A., Villasís, Á., & Miranda, G. (2016). El protocolo de investigación III: la. *Revista Alergia Mexico*, 201-206.
- Harrington, H. J. (1994). *MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE LA EMPRESA*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Instituto de Hidrología, M. y. (2007). *Dureza Total en Agua con EDTA por Volumetría*.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Manoj, M. (2008). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Procesos y Cadenas de valor*. Naucalpan de Juárez,: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Mallar, M. A. (2010). LA GESTIÓN POR PROCESOS: UN ENFOQUE DE GESTIÓN EFICIENTE. *Revista Científica "Visión del Futuro"*, 1.
- Messina, L. D., & Schiraldi, M. M. (2020). Industry 4.0 and World Class Manufacturing Integration: 100 Technologies for a WCM-I4.0 Matrix. *Applied Sciences*, 1.
- Neill, D. A., & Suárez, L. C. (2017). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Machala: UTMACH.
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). *Understanding the implications of digitisation and automation in the*. Osnabrück: Elsevier B.V.

- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators _ developing, implementing, and using winning KPIs*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Pérez, E., & García, M. (2014). Implementación de la metodología DMAICSeis Sigma en el envasado de licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 88-106.
- Pulido, H. G., & Salazar, R. d. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. Mexico D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Scala, A., Maria, A., Loperto, I., Della, A., Borrelli, A., Russo, G., . . . Improta, G. (2021). *Lean Six Sigma Approach for Reducing Length of Hospital Stay for Patients with Femur Fracture in a University Hospital*. Naples, Italia: Department of Public Health, University of Naples "Federico II.
- Shen, Y., Guang, W., & Xu, Y. (2014). Robust PLS approach for KPI-related prediction and diagnosis against outliers and missing data. *International Journal of Systems Science*, 1375-1382.
- Silva, W., Alencar de Andrade, C., & Henriques de Gusmão, A. (2021). World Class Manufacturing performance measurement using a maturity model and the FlowSort method. *International Journal of Production Research*, 1-5.
- Sujová, A., & Simanová, L. (30 de 8 de 2021). Improvement of production process capability — a case study of two furniture companies. *Engineering Management in Production and Services*, pp. 37-49.
- Zaratiegui, J. (1999). La gestión por procesos: Su papel e importancia en la empresa. *ECONOMIA INDUSTRIAL*, 81-88.