

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Industrial

“DISEÑO DE HERRAMIENTAS SIX SIGMA PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA EMPRESA NOR LAC GROUP DEL PERU S.A.C- 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Walter de la Cruz Ispilco  
Luz Aurora Ramos Tarrillo

Asesor:

M.Cs. Ing. Luis Roberto Quispe Vásquez

Cajamarca - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestros familiares directos por habernos apoyado y motivado en el desarrollo de nuestros estudios universitarios, a nuestros profesores, amigos y a todas las personas que nos han apoyado para que el trabajo sea desarrollado con éxito y a quienes compartieron sus conocimientos para ser profesionales de bien.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A nuestros padres, hijos, hermanos, por inspirarnos y ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios inculcados y compartidos.

A nuestros profesores de la Carrera Profesional de Ingeniería Industria de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial a nuestro asesor de Tesis elM.Cs. Luis Roberto Quispe Vásquez, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico; así como, también por habernos tenido la paciencia para guiarnos en el desarrollo de la Tesis.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Objetivos .....	15
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación .....	16
2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos) .....	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
2.4. Procedimiento.....	17
2.5. Aspectos éticos.....	21
2.6. Operacionalización de variables.....	22
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
3.1. Problemas del objeto de estudio.....	23
3.2. Diseño de herramientas basadas en la metodología Six Sigma .....	36
3.3. Mejora estimada del proceso de producción con Six Sigma.....	65
3.4. Evaluación económica de la propuesta. ....	73

<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
4.1. Discusión.....	78
4.2. Conclusiones .....	82
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO 1. Matriz de Consistencia .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO 2. Guion de Entrevista. ....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 3. Resultados de la entrevista .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 4. Conversión de capacidad del proceso Six Sigma.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO 5. Datos de la empresa. ....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	17
Tabla 2 Operacionalización de Variable .....	22
Tabla 3 Tiempos de producción del agua de mesa 625ml.....	27
Tabla 4 Producción del mes de febrero 2020 .....	29
Tabla 5 Unidades buenas y defectuosas durante eventos no deseados febrero 2020 .....	29
Tabla 6 Promedio de unidades de agua de mesa de 625 ml producidas en febrero 2020 .....	31
Tabla 7 Material audiovisual para concientización sobre beneficios de Six Sigma.....	38
Tabla 8 Responsabilidad y funciones de expertos Six Sigma .....	39
Tabla 9 Caracterización del proyecto .....	40
Tabla 10 Voz del cliente (VoC) para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625m. ....	46
Tabla 11. Traducción de voz del cliente (VoC) para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml .....	47
Tabla 12. Desviación estándar de la producción de agua de mesa de 625 ml.....	50
Tabla 13. Modelo de herramienta data collection .....	53
Tabla 14. Escala de ponderación .....	54
Tabla 15. Matriz de jerarquización del problema (oportunidades de error).....	54
Tabla 16. Jerarquización del problema (oportunidades de error).....	54
Tabla 17. Plan de formación de Green Belt.....	57
Tabla 18 Plan de formación de Black Belt.....	58
Tabla 19. Plan de formación de Champion .....	59
Tabla 20. Plan de formación de fundamentos de Lean.....	59

Tabla 21. Plan de formación para atención al cliente como estrategia para diferenciarse de la competencia.....	60
Tabla 22. Mejora estimada en el tiempo real de trabajo.....	66
Tabla 23. Mejora estimada en la dimensión rendimiento.....	67
Tabla 24. Mejora estimada en la dimensión requerimientos del cliente .....	68
Tabla 25. Mejora estimada en la dimensión definir .....	68
Tabla 26. Mejora estimada en la dimensión medir.....	69
Tabla 27. Mejora estimada en la dimensión analizar .....	71
Tabla 28. Mejora estimada en la dimensión implantar.....	72
Tabla 29. Mejora estimada en la dimensión controlar.....	73
Tabla 30. Costos estimados para el diseño basado en la metodología Six Sigma.....	73
Tabla 31. Beneficios estimados con el diseño basado en la metodología Six Sigma.....	74
Tabla 32. Flujo de caja escenario conservador.....	75
Tabla 33. Flujo de caja escenario optimista. ....	76
Tabla 34. Indicadores financieros.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tabla de conversión de capacidad del proceso six sigma .....	24
Figura 2. Porcentaje de tiempo productivo (eficiencia) y tiempo improductivo .....	28
Figura 3. Porcentaje de unidades producidas y faltantes durante febrero 2020 .....	30
Figura 4. Porcentaje de personal técnico y de ventas capacitado. ....	35
Figura 5. Metodología DMAIC .....	36
Figura 6. Operacionalización del DMAIC .....	37
Figura 7. Estructura de expertos Six Sigma propuesta para la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC .....	39
Figura 8. Flujograma de proceso de llenado de agua de mesa de 625 ml .....	42
Figura 9. Mapa del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml .....	43
Figura 10. Fuentes para determinar la voz del cliente (VoC) para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml.....	45
Figura 11. Árbol CTQ para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml. ...	48
Figura 12. Producción de agua de mesa de 625 ml contrastada con LSI y LSE .....	52
Figura 13. Jerarquización de las oportunidades de error .....	55
Figura 14. Herramientas de productividad basadas en Six Sigma .....	56
Figura 15. Experimento DoE con software Minitab.....	62
Figura 16. Flujograma de proceso de llenado de agua de mesa de 625 ml mejorado .....	63
Figura 17. Pizarra Kanban para control visual .....	64
Figura 18. Hoja de control de producción .....	65



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la eficiencia.....	27
Ecuación 2. Cálculo de la eficacia.....	31
Ecuación 3. Cálculo de la efectividad .....	32
Ecuación 4. Cálculo de pedidos entregados a tiempo .....	33
Ecuación 5. Cálculo de defectos por millón de oportunidades.....	49
Ecuación 6. Cálculo de capacidad del proceso.....	50

## RESUMEN

Los desarrollos de las empresas se ven afectados por la variabilidad de sus procesos, trayendo como consecuencia retrasos en las entregas, incumplimiento de las especificaciones del producto, falla de los proveedores, así como, mayor tiempo para la ejecución de las tareas que afectan de manera directa su rentabilidad. Para atender dicha problemática la presente investigación tuvo como objetivo, “Diseñar herramientas basadas en la metodología Six Sigma para mejorar el proceso de producción de agua en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC”. La investigación fue de tipo descriptiva pre experimental. La población estuvo centrada en el proceso de embotellamiento de agua potable de la empresa. Las técnicas de recolección de datos utilizadas fueron la entrevista y la revisión documental. Como resultados se evidenció que la empresa no cuenta con instalaciones adecuadas, presenta fallas de disponibilidad de materia prima y carece de indicadores y registros de calidad que permitan controlar, medir y gestionar el desarrollo de los procesos, el capital humano carece de experiencia y conocimientos técnicos en el área lo que afecta la efectividad(119.77 und/hora). Para lo cual se diseñó una propuesta basada en la metodología Six Sigma bajo la estructura DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implantar y Controlar), logrando estimar una mejora tanto en el incremento de la productividad, como en la fabricación de agua de mesa de 625 ml, con un nivel sigma de 4.2, logrando una mejora en la efectividad de 131,35und/hora. En cuanto a la evaluación económica la misma es factible tanto para el escenario conservador como para el escenario optimista con un VPN de S/. 12,787.32 y S/. 104,800.43 una TIR de 13% y 195%, y un IR de S/.1.09 y S/.8.93 para los escenarios conservador y optimista respectivamente.

**Palabras claves:** Six Sigma, DMAIC, proceso de producción, productividad.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El fenómeno de la globalización y la gran influencia que ejerce hoy en día la alta competitividad de las empresas conlleva a las mismas a “incursionar en la búsqueda de nuevas metodologías que permitan mejorar sus procesos e incrementar la satisfacción de los clientes” (Herrera, Pérez, y Venecia, 2017). En este orden de ideas Pérez, y Rojas, (2017), sugieren que las empresas deben estar a la altura de las exigencias a nivel de los mercados globalizados, lo que implica mejorar sus niveles de competitividad y sus procesos productivos.

Esto ha llevado a muchas organizaciones a buscar la forma de “adoptar sistemas de mejora continua de la calidad, apoyada en diferentes herramientas para mejorar la eficiencia de las empresas, como lo es el Six Sigma” (Pons, Gisbert, & Pérez, 2018, p. 23). Este sistema se enfoca en mejorar el proceso productivo incrementando su calidad, generando un impacto directo en la productividad, ya que, como lo manifiestan Fontalvo, Dhoz y Morelos (2018) si la calidad crece, también lo hace la productividad.

Perú no escapa a este escenario mundial. Para las industrias y empresas del país es necesario contar con procesos productivos altamente eficientes, tal que, como lo expresa Fuentes (2019), fomenten el desarrollo de las empresas, la innovación y brinden alternativas de rentabilidad en el largo plazo. En este orden de ideas, alternativas como el Six Sigma funcionaran en pro de construir las herramientas de productividad que requieran las compañías para mejorar sus procesos según los estándares mundiales de competitividad.

Este aspecto es de especial interés para las PYMES peruanas en el ramo de alimentos y bebidas, las cuales compiten por mantenerse en el mercado frente a grandes empresas nacionales

e internacionales. En esta carrera, las PYMES son más vulnerables a la variabilidad de sus procesos, lo que, acorde con el ESAN (2019), puede traer como consecuencia retrasos en las entregas, incumplimiento de las especificaciones del producto, falla de los proveedores, así como, mayor tiempo para la ejecución de las tareas. Estos aspectos negativos impactan directamente en la percepción de la empresa, disminuyen la posibilidad de inversiones futuras en miras al crecimiento y en la fidelidad de los clientes, es decir, en la sostenibilidad en el largo plazo de la empresa. De esta forma, la adopción de métodos que por un lado incrementen la calidad y productividad, y por el otro lado, disminuyan la variabilidad será de gran relevancia para facilitar una mejora en la productividad de las PYMES peruanas del sector dedicado a los alimentos y bebidas.

En este contexto, diferentes investigaciones han abordado la aplicación del modelo Six Sigma a organizaciones de diferentes sectores de la industria obteniendo resultados muy favorables como es el caso de los autores Chilón, Paredes y Tamay (2017), realizaron una investigación cuyo objetivo fue “implementar las 5S para incrementar la productividad en la línea 1 de producción de la planta embotelladora de agua” (p. 32). Dentro de los resultados más destacados se evidenció que el 100% de los empleados desconocían las 5S y su uso, no contaban con un plan de organización y limpieza del área de trabajo, aumentado de esta manera el desperdicio y los tiempos de entrega. Concluyendo que la implementación de las 5S mejora la productividad en un 29% de incremento.

Igualmente, el autor Vite, C (2017), desarrolló una tesis con el objetivo de “Implementar la metodología DMAIC para reducir los defectos de etiquetado en una línea de embotelladora de bebidas”. Para el logro de dicho objetivo la empresa debía mantener en el transcurso del tiempo los principios de un sistema de calidad en la línea de envasado. Para lo cual se

implementó de manera estratégica la filosofía del Seis Sigma, cuya meta fue analizar los puntos críticos para determinar las causas de raíz de la problemática. Concluyendo que la aplicación de la metodología DMAIC mejoró los indicadores de calidad, para lo cual se debía planificar y sistematizar las tareas, capacitar al personal del área de producción, implementar un registro detallado de frecuencias de limpieza, defectos de etiquetado, cepillos, materiales en general, para llevar un mejor control de desperdicios y mejorar los tiempos en los procesos.

Así mismo los autores, Herrera, Pérez y Venecia (2017) realizaron un estudio en una empresa de productos lácteos, con el objetivo de proporcionar una metodología basada en la filosofía de Seis Sigma y el proceso analítico jerárquico encaminado a la toma de decisiones. “Los hallazgos encontrados muestran que ambas metodologías pueden integrarse en pro de la solución de un problema, concluyendo que el enfoque híbrido permite organizar y analizar la problemática, aumenta la calidad del proceso y reduce los productos no conformes” (p.3).

De igual forma la autora Anaya (2018) elaboró un estudio cuyo objetivo era identificar acciones que mitiguen las no conformidades o quejas y reclamos por parte de los clientes, con herramientas de gestión de la calidad tales como QFD, AMEF. En el cual se concluyó que utilizando recursos humanos especializados se podría diseñar un indicador de no conformidades del cliente, para tener una vigilancia mensual y poder cumplir la meta de reducir las quejas del cliente en un 10%. Otro aspecto que se logró evidenciar al confrontar los resultados con el AMEF, fue en la calidad de los productos en el proceso de fabricación es donde la empresa debe de hacer mayor esfuerzo e implementar acciones que mejoren la percepción del cliente frente a los productos. Así como “implementar los planes de acción diseñados para mejorar y lograr ser líderes en el mercado de fabricación de muebles tal como su misión lo describe” (p. 78).

Dentro de este contexto la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC en aras de mejorar su proceso de producción y embotellamiento de agua potable, busca adoptar una filosofía que le permita trabajar de forma eficiente, incrementando la productividad, aminorando costos y manteniendo un alto estándar de calidad. Actualmente, esta actividad es llevada a cabo de forma empírica sin ningún tipo de técnica o estrategia especializada para el proceso, lo que conlleva a que la captación del agua, esterilización y filtración presenten fallas con frecuencia.

La aplicación de la metodología six sigma fue de gran aporte a la solución de dicha problemática ayudando a reducir la variabilidad de producción, disminuyendo las fallas minimizando los errores, y mejorando de manera significativa el proceso de producción. Ya que en la empresa no existían procedimientos estandarizados que guíen a los trabajadores, razón por la cual se presentan problemas como retrasos en la producción de 10 a 15 minutos, productos fuera de especificación, y paradas de la producción. Igualmente se presentan frecuentemente cuellos de botellas como por ejemplo los instrumentos no han sido probados previamente para el funcionamiento en la planta, los equipos sufren desperfectos como desajustes debido a las operaciones inadecuadas por falta de entrenamiento.

Como definición conceptual de las variables se realizó una revisión de las diferentes teorías y aportes de los autores que sirvieron de sustento tanto para el diseño como para el desarrollo de los indicadores los mismos se detallan a continuación:

## **1.2. Formulación del problema**

¿En cuánto mejorará el proceso de producción de agua de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC con el diseño de herramientas basadas en Six Sigma?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar herramientas basadas en la metodología Six Sigma para mejorar el proceso de producción de agua en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar el proceso de producción de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.
- Elaborar el diseño de herramientas basadas en la metodología Six Sigma para la mejora del proceso de producción de agua en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.
- Estimar la mejora del proceso de producción de agua con la adopción de herramientas basadas en Six Sigma en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.
- Realizar una evaluación económica del proceso de producción de agua con la adopción de herramientas basadas en Six Sigma en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La investigación por su profundidad será del tipo descriptiva pre-experimental, ya que, trabaja “con hechos de experiencia directa no manipulados. Este tipo de investigación se basa fundamentalmente en la observación” (Oblitas, 2018, p. 7). Además, que se pretende describir el comportamiento de una o más variables dependientes a una población definida. Por otro lado, dado su manejo de la variable será de corte pre experimental.

### 2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

Para Francia (1998), la población es “el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación”. En este particular, se tomó como población de esta investigación 25 lotes de agua en presentación de 625ml correspondientes a la producción de un mes (25 días) que compone el proceso de embotellamiento de agua potable de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.

Siendo la muestra “la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio” (Bernal, 2010), se estableció el tipo de muestreo intencional, el cual, según Fidias (2006), es aquel que permite establecer la muestra de forma deliberada acorde con los criterios del investigador y el trabajo desarrollado. En este sentido, se estableció que la muestra sería igual a la población, conformada por 25 lotes de agua en presentación de 625ml correspondientes a la producción de un mes (25 días) que compone el proceso de embotellamiento de agua potable de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.



### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como técnicas de recolección de datos se emplearon:

**Tabla 1**  
*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Técnica	Concepto	Instrumento	Aplicación
Entrevista	“Se trata de un conjunto de interrogantes asociadas a las variables a medir, y orientadas al problema” (Chasteauneuf, 2009; Brace, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agenda de entrevista</li> <li>• Teléfono inteligente</li> </ul>	Gerente de la empresa
Revisión documental		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador</li> <li>• Internet</li> <li>• Material impreso</li> <li>• Lista de verificación</li> <li>• Fichas</li> </ul>	Esta técnica aplicará a la variable independiente como a la variable dependiente

*Fuente:* Elaboración propia.

### 2.4. Procedimiento

- Desarrollar el diagnóstico de las condiciones actuales del proceso de embotellamiento de agua potable. En esta etapa se ejecutarán las siguientes acciones:
  - **Establecer el problema de estudio:** Desarrollo de matriz causa-efecto, empleando del diagrama de Ishikawa. Se realizará teleconferencia con representante de la empresa para recolectar información.
  - **Entrevista al representante de la empresa:** Se aplicará el guion de entrevista desarrollado que consta de 18 preguntas abiertas.
  - **Revisión bibliográfica:** Revisión de información suministrada por la empresa en referencia al proceso de embotellamiento de agua potable.
  - **Cuantificación:** Análisis de la información recolectada mediante los indicadores establecidos para la investigación y mediante la organización de datos en tablas.

- **Representación gráfica:** Desarrollo de gráficas mediante la herramienta MS Excel. Se utilizarán graficas de barra horizontales y graficas circulares para mostrar valores porcentuales absolutos. Se utilizarán gráficas de barra verticales compuestas para mostrar el detalle porcentual de los elementos analizados.
- Definir como metodología de diseño del modelo Six Sigma la DMAIC.
- Desarrollo de la fase definir.
  - **Compromiso de la gerencia:** Sensibilizar al personal de dirección. Selección de material multimedia para sensibilización.
  - **Identificación del cliente:** Precisar los clientes internos y externos del proceso de estudio.
  - **Estructura organizacional:** Establecer la estructura del proyecto y los niveles Six Sigma requeridos. Se utilizará la herramienta MS Power Point para presentar la estructura de forma jerarquizada.
  - **Caracterizar el proyecto:** Desarrollo de una ficha técnica resumen de todos los aspectos que servirán de base y premisas del proyecto.
  - **Mapa del proyecto:** Elaboración del flujograma y mapa del proceso de embotellamiento mediante la herramienta MS Power Point. EL primero servirá para indicar las tareas, inicio y fin del proceso, toma de decisiones y retroalimentación. El segundo servirá para detallar las entradas, salidas, proceso medular, procesos de apoyo y procesos estratégicos.
  - **Aspectos críticos de calidad (CTQ):** Inicio con desarrollo de la voz del cliente (VoC), para determinar las necesidades de los clientes. Luego, esta información será analizada mediante tablas estructuradas y detallada en un árbol de CTQ presentando

de forma jerárquica la voz del cliente en primer nivel, los requerimientos en el segundo nivel y los CTQ en el tercer nivel.

- Desarrollo de la fase medir.
  - **Determinar defecto por millón de unidades (DPMO):** Este valor se determinará en función de la información recolectada en la fase diagnóstico.
  - **Nivel sigma ( $\sigma$ ):** Se determinará el nivel sigma actual de la empresa con el DPMO calculado y la tabla de conversión de Six Sigma (ver anexo 4).
  - **Capacidad del proceso ( $C_p$ ):** En primer lugar, se estructurará una tabla con los datos de producción de un periodo de 25 días (correspondiente a un mes), detallando cantidad producida y desviación estándar. En segundo lugar, establecer el límite inferior (LSI) y superior (LSE) de especificación. Tercero, calcular la capacidad del proceso. Representar gráficamente con la herramienta MS Excel la producción del periodo de estudio, LSI, LSE mediante una gráfica de líneas.
- Desarrollo de fase analizar.
  - **Jerarquización de la oportunidad de error:** Determinar el nivel o peso de los problemas identificados con la participación del gerente y jefe de operaciones. Los problemas jerarquizados con valor absoluto y porcentual se representan en un diagrama de Pareto mediante la herramienta MS Excel, que permite analizar e identificar mayor incidencia del problema.
- Desarrollo de fase implantar.
  - **Plan de formación:** Se establecerán los aspectos básicos a cubrir incluyendo objetivo de la capacitación, duración y contenido.

- **Diseño de experimento:** Se desarrollará un experimento DoE del tipo factorial completo, a 2 niveles y con 2 factores para un total de 4 experimentos. Este se realizará mediante el paquete de software estadístico Minitab.
- **Estandarizar:** Se rediseñará el flujograma del proceso de forma de eliminar actividades innecesarias, incluir actividades requeridas y re-direccionar para obtener un flujo de trabajo más eficiente.
- Desarrollo de fase controlar.
  - Desarrollo de herramientas para controlar y medir el desempeño del proceso basadas en hojas de control del proceso y pizarra Kamban.
- Determinar la mejora del proceso acorde con las estimaciones de mejora. Los resultados se presentarán y analizarán mediante tablas estructuradas y cálculo de los indicadores bajo el nuevo escenario.
- Desarrollo de evaluación económica.
  - **Costos:** Se desarrollará una tabla que estructure los costos estimados del proyecto.
  - **Beneficio:** Se desarrollará una tabla que estructure los beneficios económicos estimados con la implementación del proyecto.
  - **Flujo de caja:** Se planteará el flujo de caja para un horizonte de 7 años, para un escenario conservador (misma producción) y un escenario optimista (incremento de producción de 30%). La data se presentará en una tabla estructurada desde el año 0 (inversión inicial) hasta el año 7.
  - **Evaluación financiera:** Se calcularán mediante la herramienta MS Excel los indicadores financieros Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR)

y Rentabilidad de la Inversión (IR). Los resultados se presentarán en una tabla que muestre caso conservador y caso optimista.

## 2.5. Aspectos éticos

El desarrollo de esta investigación se ajustó a los más altos principios éticos los cuales se mencionan a continuación:

- Se protegió la identidad de los sujetos de estudio.
- La información obtenida no será difundida y será utilizada solo con fines académicos
- La investigación contó con la autorización de los representantes de la empresa.
- La investigación es original y no es un plagio.
- Los datos, ideas y planteamientos de otros autores e investigadores utilizados en este trabajo fueron debidamente citados respetando los derechos intelectuales.

## 2.6. Operacionalización de variables

Tabla 2

### Operacionalización de Variable

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad
<b>Dependiente:</b> Proceso de producción	“Proceso de producción está conformado por el conjunto procedimiento y tareas que se requieren que la empresa ejecute para proceder a elaboración de bienes o un servicio”(Nemur, 2016)	Desde un punto de vista operacional la variable “Proceso de Producción” será tratada como el rendimiento que tengan en cuanto a las unidades producidas por unidad de tiempo.	Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia</li> <li>• Eficacia</li> <li>• Efectividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Und/hora</li> <li>• %</li> <li>• Und/hora</li> </ul>
			Requerimientos del cliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedidos entregados completos (FTL)</li> <li>• Pedidos entregados a tiempo (OTD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• %</li> </ul>
<b>Independiente:</b> Six Sigma	La metodología Six Sigma es una herramienta de productividad “cuyo objetivo es reducir la variabilidad de los procesos a fin de mejorar la calidad” (Pons, Gisbert, & Pérez, 2018).	Desde un punto de vista operacional la variable “six sigma” será tratada como una herramienta que sirva para mejorar la calidad y productividad abarcando tanto los factores estadísticos como metodológicos del Six Sigma.	Definir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° oportunidades de error</li> <li>• N° expertos Six sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• #</li> <li>• #</li> </ul>
			Medir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Defecto por millón de oportunidad (DPMO)</li> <li>• Nivel sigma (<math>\sigma</math>)</li> <li>• Capacidad de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• #</li> <li>• #</li> </ul>
			Analizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jerarquización de oportunidades de error</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> </ul>
			Implantar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal capacitado en atención al cliente</li> <li>• Personal capacitado en productividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• %</li> </ul>
			Controlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de herramientas de control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• #</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

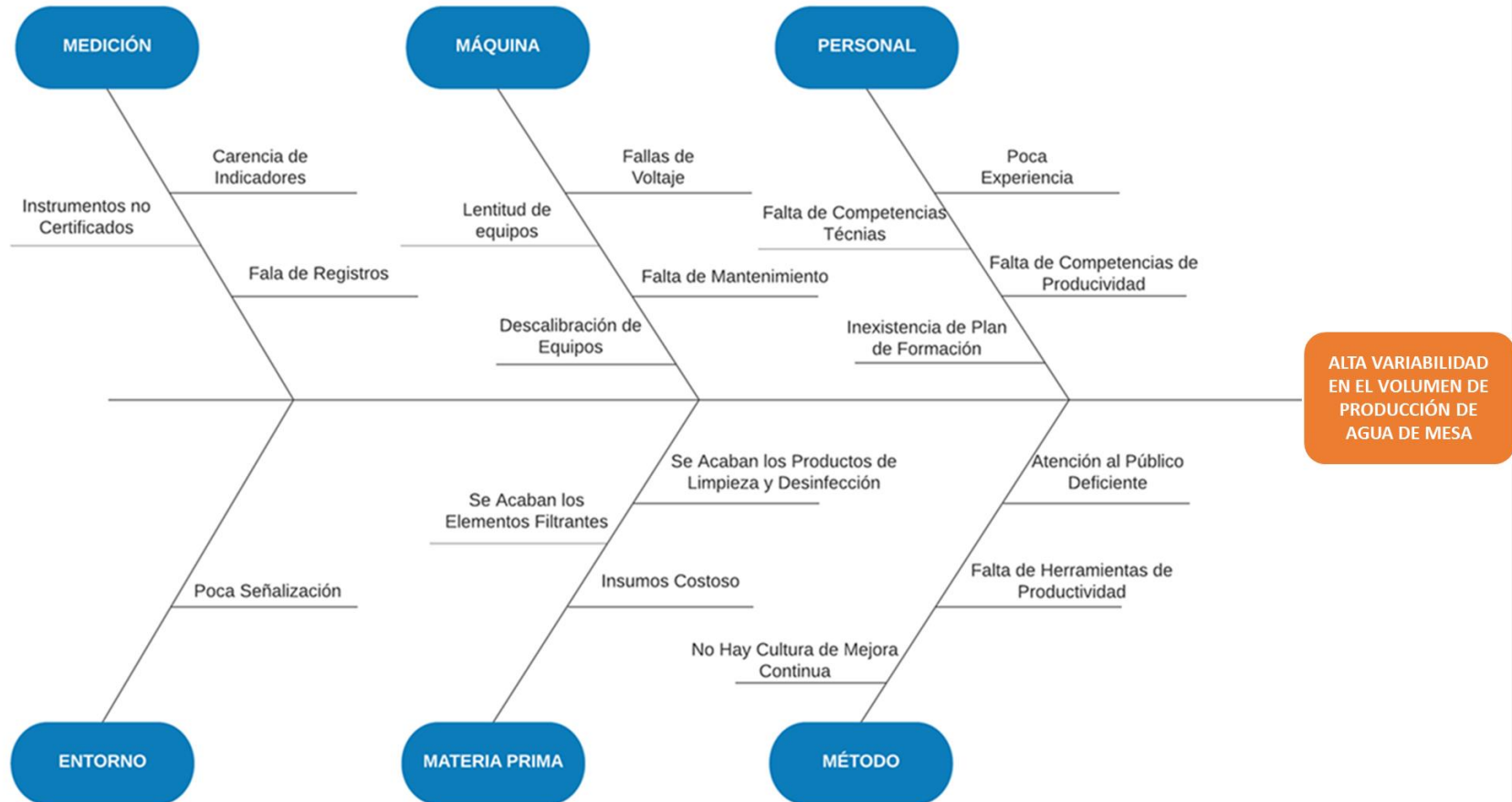
### 3.1. Problemas del objeto de estudio

Como primer paso del diagnóstico se evaluó la situación problemática aplicando la herramienta de análisis causa efecto de Ishikawa (espina de pescado). El diagrama causa efecto fue evaluado a través de 6 aspectos los cuales se describen a continuación:

- Medición.
- Máquina.
- Personal.
- Medio ambiente.
- Materia prima.
- Método.

La información referente a cada aspecto fue obtenida a través de una teleconferencia con el gerente de la empresa, mediante una tormenta de ideas realizada con el mismo. A continuación, se muestra el diagrama de Ishikawa elaborado:

**Figura 1**  
Tabla de conversión de capacidad del proceso six sigma



Fuente: Elaboración propia.



Una vez levantado el análisis causa efecto, se evaluó el resultado de cada aspecto el cual es mostrado a continuación:

- **Medición:** Cómo se puede observar, en esta dimensión se determinó que la empresa carece de indicadores y registros que le permitan controlar, medir y gestionar el desarrollo de proceso, detectando oportunamente desviaciones negativas, dificultando la implementación de acciones correctivas. Por otro lado, no son aplicadas las herramientas de productividad que conlleven a una mejora del proceso. Por último, la falta de instrumentos certificados contribuye a que los productos no estén dentro de los parámetros esperados por el cliente.
- **Máquina:** En este aspecto se destaca tanto la lentitud de los equipos como la falta de calibración de los mismos, motivado en gran medida a la falta de mantenimiento y a las fallas de voltaje que afectan a las máquinas. Esta situación incide negativamente en los tiempos de entrega; ya que, afecta la producción y genera disgusto en los clientes al impedir el cumplimiento de los plazos de entrega. Por otro lado, estos problemas también ocasionan la falta de calibración de los equipos lo que afecta las diferentes actividades del proceso como el llenado y sellado.
- **Personal:** En cuanto a esta dimensión existe una mezcla entre falta de experiencia y carencia de formación técnica y de productividad. Esto significa que los trabajadores carecen de las competencias necesarias para desarrollar sus funciones de la forma más eficiente y productiva. Por otro lado, la empresa no cuenta con un plan de formación que sirva para que sus trabajadores se capaciten integralmente y que logren sacar el mejor provecho de sus tareas.

- **Entorno:** Las limitaciones de espacio y la pobre ventilación son los principales problemas observados en esta dimensión. Este tipo de situaciones pueden ser detonantes de desmotivación y descontento de los trabajadores.
- **Materia prima:** En diferentes ocasiones se han acabado insumos y materiales fundamentales para el proceso como los elementos filtrantes, desinfectantes y otros productos de limpieza, lo que ha generado que se detecte variaciones en el proceso, así como, retrasos de producción al ser necesario parar los trabajos hasta reponer el inventario de materias primas. Esta situación también afecta al empaquetado final del producto al no tener existencia del material utilizado para este fin.
- **Método:** Uno de los aspectos más afectados en esta dimensión es la atención al cliente, la cual termina por ser deficiente al tener un canal de ventas por internet que no cumple las expectativas del cliente y porque los vendedores no conocen cabalmente el producto y su proceso. Otro aspecto relevante detectado fue la carencia de una cultura de mejora continua, que dificulta que el proceso pueda mejorar y/o ser más productivo de forma natural. También, la falta de herramientas de productividad que faciliten el control de las tareas y estandarización de los trabajos

### 3.1.1. Dimensión Rendimiento

#### a. **Indicador: Eficiencia**

Los niveles actuales de eficiencia del proceso de estudio no son óptimos. Acorde con la información levantada mediante la aplicación de la entrevista al gerente de la empresa, la producción actual de agua presenta retraso de hasta 1 hora y media, sumado con los 30 minutos requeridos tanto para limpieza como para la preparación de los equipos

respectivamente. Esta data se presenta en la tabla 3, y con la misma se determinó que la eficiencia es igual a 68.75%.

**Tabla 3**

*Tiempos de producción del agua de mesa 625ml*

Descripción	Unidad	Valor
Tiempo disponible (A)	Horas	8
Tiempo de preparación del proceso (B)	Horas	0.5
Tiempo de paradas no programadas (C)	Horas	1.5
Tiempo de limpieza (D)	Horas	0.5
Tiempo real trabajado (A-B-C-D)	Horas	5.5

Fuente: Empresa NOR LAC GROUP.

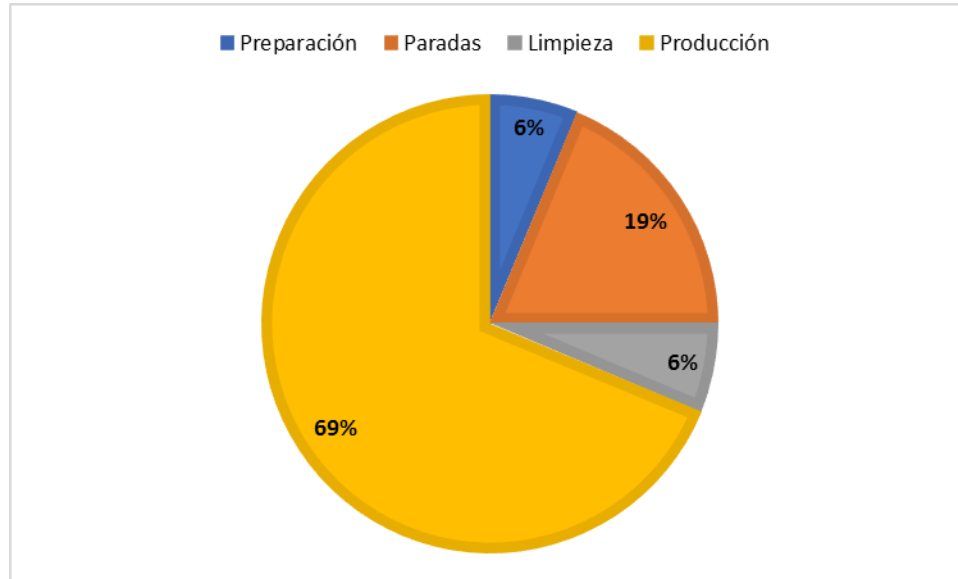
**Ecuación 1.**

**Cálculo de la eficiencia**

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo real trabajado}}{\text{Tiempo disponible}} * 100 = \frac{5.5}{8} * 100 = 68.75\%$$

Como se puede observar del resultado de la ecuación 1, actualmente el proceso de estudio tiene un índice de eficiencia del 68.75%, ya que, de las 8 horas disponibles solo 5.5 son de trabajo efectivo. Esto arroja que el tiempo improductivo tenga un índice de 31.25%, es decir, un tercio del tiempo disponible deja de ser empleado en el proceso de embotellamiento de agua potable.

**Figura 2.**  
Porcentaje de tiempo productivo (eficiencia) y tiempo improductivo



Fuente: Elaboración propia.

**b. Indicador: Eficacia**

Actualmente la empresa no cuenta con registros detallados de la producción mes a mes. Sin embargo, a través de información obtenida por medio del gerente de la empresa NOR LAC GROUP (mostrada en la tabla 5), quien suministró la data de producción del mes de febrero de 2020. Esta se empleó como referencia para determinar la eficacia actual del proceso de estudio. Acorde con la información suministrada por el gerente de la empresa, la producción normal debe generar 1,100 unidades al día (1,000 unidades/día requeridas más un factor de seguridad del 10%).

La tabla 4 muestra los datos de producción del mes de febrero.

**Tabla 4**

*Producción del mes de febrero 2020*

Día	Unidades		Día	Unidades		Día	Unidades	
	Producción	Defectuosas		Producción	Defectuosas		Producción	Defectuosas
1	1100	77	10	890	62	19	1100	88
2	1100	55	11	980	98	20	930	65
3	910	46	12	1100	88	21	1100	88
4	923	46	13	907	82	22	920	83
5	1100	55	14	1100	88	23	1100	77
6	905	45	15	1100	77	24	1100	88
7	1100	55	16	1100	88	25	1100	55
8	920	46	17	1100	66			
9	1100	55	18	904	63			

Fuente: Empresa NOR LAC GROUP.

Como se puede observar, ocurrieron hasta 10 eventos o momentos donde la producción bajo de las 1,000 unidades requeridas. Esto motivado a errores humanos, fallas de los equipos, falta de mantenimiento y fallas eléctricas que afectan el proceso. La producción diaria se ha reducido hasta un mínimo de 890 unidades, lo que representa 110 unidades menos de las 1,000 requeridas (11% menos) y 210 unidades por debajo con respecto a las 1,100 unidades esperadas (19.09%). La tabla 5 y la figura3 detallan la situación.

**Tabla 5**

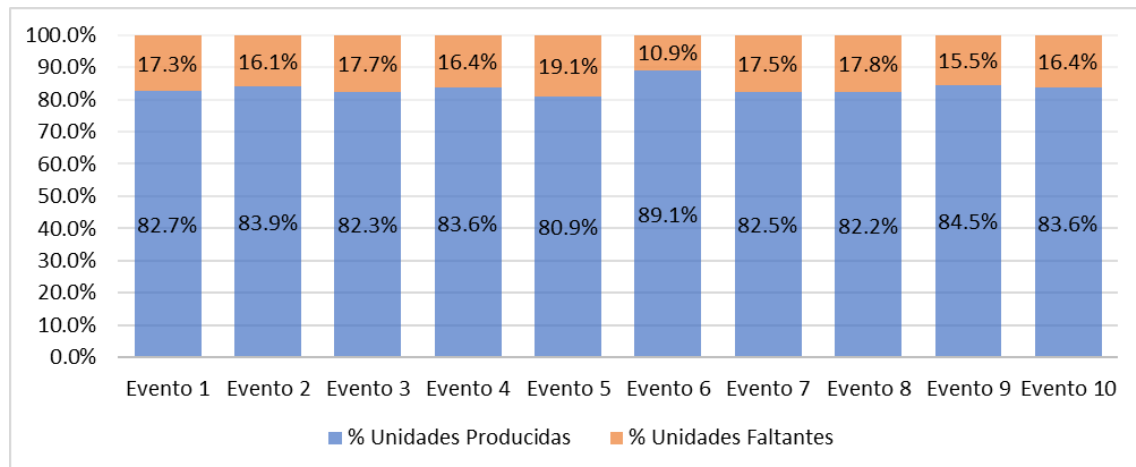
*Unidades buenas y defectuosas durante eventos no deseados febrero 2020*

Evento	Unidades			
	Producidas	Faltantes	% Producidas	% Faltantes
Evento 1	910	190	82.7%	17.3%
Evento 2	923	177	83.9%	16.1%
Evento 3	905	195	82.3%	17.7%

Evento	Unidades			
	Producidas	Faltantes	% Producidas	% Faltantes
Evento 4	920	180	83.6%	16.4%
Evento 5	890	210	80.9%	19.1%
Evento 6	980	120	89.1%	10.9%
Evento 7	907	193	82.5%	17.5%
Evento 8	904	196	82.2%	17.8%
Evento 9	930	170	84.5%	15.5%
Evento 10	920	180	83.6%	16.4%
<b>Promedio</b>	<b>918.9</b>	<b>181.1</b>	<b>83.5%</b>	<b>16.5%</b>

Fuente: Empresa NOR LAC GROUP.

**Figura 3.**  
Porcentaje de unidades producidas y faltantes durante febrero 2020



Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de esta data se calculó la eficacia actual del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml, tomando como datos de entrada los elementos mostrados en la tabla 7 (valores promedio), y utilizando la ecuación 2.

**Tabla 6**

*Promedio de unidades de agua de mesa de 625 ml producidas en febrero 2020*

Descripción	Unidad	Valor	Porcentaje
Unidades producidas	Und	1,028	100%
Unidades buenas	Und	958	93.19%
Unidades defectuosas (scrap)	Und	70	6.81%

Fuente: Empresa NOR LAC GROUP.

**Ecuación 2.**

Cálculo de la eficacia

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Unidades producidas} - \text{Unidades defectuosas}}{\text{Tiempo de trabajo real}} = \frac{1028 - 70}{5.5} = 174.20 \text{ und/hora}$$

Tal como se puede observar en la ecuación 2, actualmente el proceso de embotellamiento de agua potable tiene una eficacia de 174.20 und/hora. De forma que, la alta tasa de unidades defectuosas (6.81%) junto con un tiempo real de trabajo igual a dos tercios del tiempo disponible (5.5 de 8 horas), resultan en una merma del potencial de producción y de la eficacia.

**c. Indicador: Efectividad**

Conociendo el valor de los índices actuales de eficiencia (68.75%) y eficacia (174.20 und/hora) del proceso de estudio, se procedió a determinar la productividad actual de la empresa. Aplicando la ecuación 3 se determinó que la productividad del proceso de estudio en la actualidad (previo a la mejora).

### **Ecuación 3.**

Cálculo de la efectividad

$$\text{Efectividad} = \text{eficiencia} * \text{eficacia} = 68.75\% * 174.20 \text{und/hora} = 119.77 \text{und/hora.}$$

Como lo indica la ecuación 3, al multiplicar la eficacia y eficiencia del proceso se logró determinar que la efectividad actual es de 119.77 und/hora. De esta forma, el resultado sugiere que el proceso de embotellamiento de agua potable se encuentra por debajo de su capacidad de producción, ya que, valores que inciden directamente en este cálculo como la eficiencia (68.75%), y el tiempo real de trabajo (5.5 de 8 horas), se encuentran por debajo de los valores aceptables.

### **3.1.2. Dimensión requerimientos del cliente**

#### **a. Indicador: Pedidos entregados completos (FTL)**

La empresa no muestra registros de este aspecto. Sin embargo, acorde con los datos suministrados por el gerente las entregas cumplen con las expectativas de la empresa. Los datos de la entrevista muestran que el 100% de los pedidos son entregados completos.

#### **b. Indicador: Pedidos entregados a tiempo (OTD)**

La empresa no muestra registro de este aspecto. Sin embargo, a través de la entrevista el gerente de la empresa indicó que de 25 entregas mensuales un promedio de 6 pedidos es entregado tarde por desfase de la producción. Con esta data se calculó el índice de pedidos entregados a tiempo (OTD), por medio de la ecuación 4.



#### **Ecuación 4.**

Cálculo de pedidos entregados a tiempo

$$OTD = \frac{\text{Nº de pedidos entregados a tiempo}}{\text{Nº de pedidos solicitados}} * 100\% = \frac{19}{25} * 100\% = 76\%$$

Como se puede observar de la ecuación 4, el 76% de los pedidos (19 de 25), logran ser entregados a los clientes según los tiempos establecidos. Por otro lado, se puede deducir que actualmente un 24% de los pedidos son entregados con retraso.

#### **3.1.3. Dimensión definir**

##### **a. Indicador: Nº de oportunidades de error**

- La empresa no tiene identificado la cantidad de oportunidades de error que pueden ocurrir dentro del proceso.
- La empresa no posee un flujograma del proceso de producción de agua de mesa que permita identificar las actividades susceptibles de generar errores.

En este sentido, se determinó por medio de la entrevista que el proceso de producción de agua de mesa de 625 ml consta de 8 pasos lo que representa 8 oportunidades de error. A continuación, los pasos y/o oportunidades de error:

- Búsqueda de paquetes de botellas para llenado en almacén.
- Inspección de botellas antes de inicio del proceso.
- Colocación de botellas en la máquina.
- Llenado de las botellas.

- Colocación de tapas (precintos de seguridad) en las botellas.
- Inspección final.
- Ordenamiento de botellas llenas por lote.
- Almacenamiento.

De esta forma se estima un total de 8 oportunidades de falla actualmente.

**b. Indicador: N° de expertos Six Sigma**

Actualmente, ningún trabajador de la empresa está calificado como experto Six Sigma en sus niveles Champion, master blackbelt, blackbelt, greenbelt u otro. En este sentido, el N° de expertos Six Sigma es igual a 0.

**3.1.4. Dimensión medir**

**a. Indicadores: Defecto por millón de oportunidad (DPMO), Nivel sigma ( $\sigma$ ) y Capacidad del proceso ( $C_p$ )**

Actualmente la empresa no lleva registro ni control de estos indicadores. El personal técnico y administrativo no cuenta con la data interna ni con las competencias técnicas requeridas para determinar estos índices. Durante la fase medir de la metodología Six Sigma se realizarán los cálculos estadísticos para determinar estos indicadores.

**3.1.5. Dimensión analizar**

**a. Indicadores: Jerarquización de oportunidades de error**

La empresa no tiene ningún mecanismo que le permita analizar las causas de las variaciones ni jerarquizar las oportunidades de error, tal que se pueda determinar cuáles

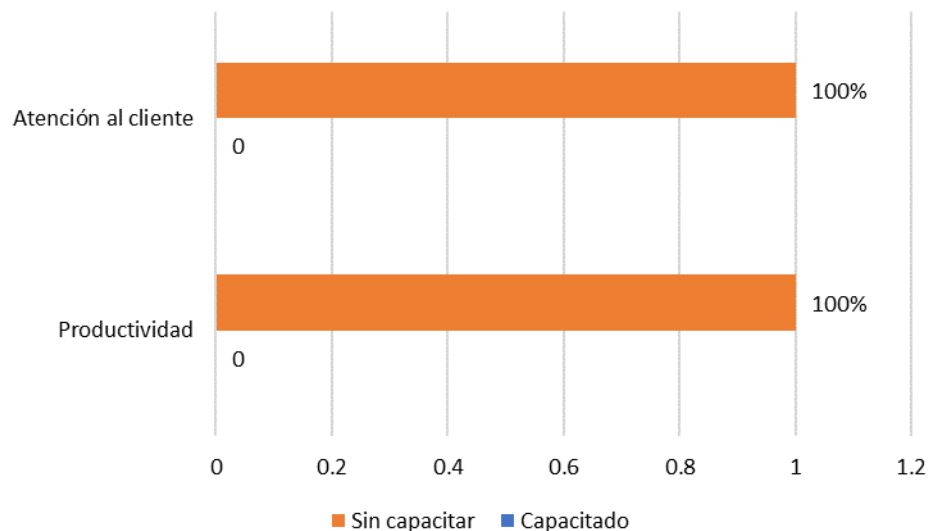
elementos causan mayor afectación al proceso. De esta forma, la empresa no está en capacidad actualmente de mitigar y/o eliminar las oportunidades de error.

### 3.1.6. Dimensión implantar

#### a. Indicadores: Personal capacitado en atención al cliente y Personal capacitado en productividad

Con respecto a la capacitación y competencias del personal técnico de la empresa, así como el destinado al área de ventas, se pudo constatar que estos no poseen formación ni para el área de calidad y productividad, ni como para el área de atención al cliente. Considerando los 3 trabajadores del área de producción de agua potable más 2 personas del área de ventas, se determinó que el 100% del personal no está capacitado.

**Figura 4.**  
Porcentaje de personal técnico y de ventas capacitado.



Fuente: Elaboración propia.

Aunado a esto, actualmente la empresa no cuenta ni prevé la creación de un plan de formación para su personal.

### 3.1.7. Dimensión controlar

#### a. Indicadores: N° de herramientas de control.

La empresa no tiene ningún mecanismo que le permita analizar las causas de las variaciones, jerarquizando cuál de estos elementos causa mayor afectación al proceso. De esta forma, la empresa no está en capacidad actualmente de mitigar y/o eliminar las oportunidades de error.

### 3.2. Diseño de herramientas basadas en la metodología Six Sigma.

El diseño de herramientas Six Sigma funcionará bajo la estructura DMAIC, la cual a través de 5 etapas específicas (Definir, Medir, Analizar, Implantar y Controlar), busca como expresa Tennant (2002), mejorar los resultados de la organización con un enfoque orientado al cliente.

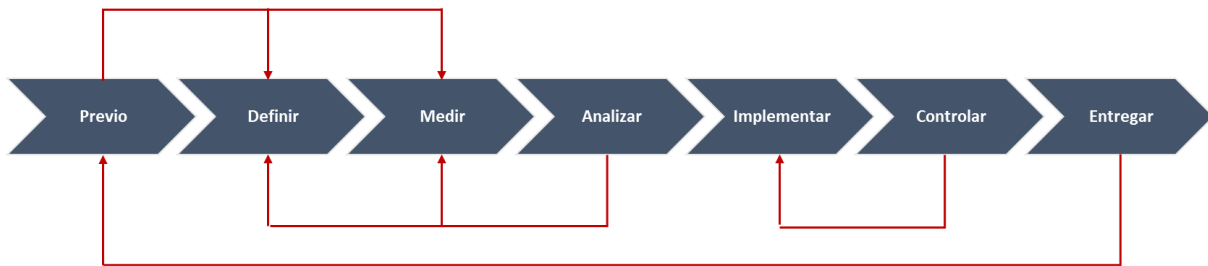
**Figura 5.**  
Metodología DMAIC



Fuente: Adaptación de Tennant(2002)

Tomando como referencia la operacionalización de la metodología DMAIC presentada por Tennant (2002), se incorporará dentro de la fase definir una preparación (equivalente a la etapa previa), para sensibilizar a la gerencia y fomentar el compromiso hacia el proyecto, identificar los clientes y para definir la estructura organizacional que acompañará el desarrollo de las herramientas del diseño six sigma.

**Figura 6.**  
Operacionalización del DMAIC



Fuente: Adaptación de Tennant (2002).

### 3.2.1. Definir

La etapa definir sirvió como punto de partida de la metodología DMAIC, en la cual se definió el proceso mejorar y los requerimientos del cliente.

#### a. Compromiso de la gerencia

Se realizó una selección de material audio visual existente en línea y de fácil acceso para mostrar de forma conceptual y con casos reales, como puede mejorar la empresa con el sistema. La estrategia fue de compartir 4 sesiones con videos cortos (entre 6 y 14 minutos), utilizando la plataforma YouTube, WhatsApp (llamadas y video llamada), y

Skype, tal que, se logrará una interacción con el representante de la empresa en tiempo real. La tabla 7 muestra el material utilizado.

**Tabla 7**

*Material audiovisual para concientización sobre beneficios de Six Sigma*

Descripción	Canal	Duración	Año	URL
Seis Sigma - Fundamentos	Globuss Biogestión	14:24 min.	2016	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=eG-OZQspYUk">https://www.youtube.com/watch?v=eG-OZQspYUk</a>
¿Qué es Lean Six Sigma?	Lean Six Sigma Institute	6:02 min	2018	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=7lxwOKLkAGc">https://www.youtube.com/watch?v=7lxwOKLkAGc</a>
Lean Six Sigma	Grupo Proikos	8:54 min	2015	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=FT3SoyL-4y0">https://www.youtube.com/watch?v=FT3SoyL-4y0</a>
Kaizen y Reingeniería / Principios Lean Six Sigma / Manufactura Esbelta	Ignius TV Éxito Definitivo Ana Godínez	8:09 min	2017	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=swsUpdp5GSI">https://www.youtube.com/watch?v=swsUpdp5GSI</a>

Fuente: Elaboración propia.

#### **b. Identificación del cliente.**

Se identificaron los clientes internos y externos de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC. Los clientes internos son almacén y ventas. Los clientes externos son restaurantes, expendios de comida, y pequeños supermercados.

#### **c. Estructura organizacional**

Para el diseño de la herramienta se debe organizar una estructura que integre un experto Six Sigma nivel Champion (gerente), un experto Six Sigma nivel Black Belt (jefe de área) y 3 expertos Six Sigma Green Belt (operadores), quienes tendrán las siguientes responsabilidades y funciones:

**Tabla 8**

*Responsabilidad y funciones de expertos Six Sigma*

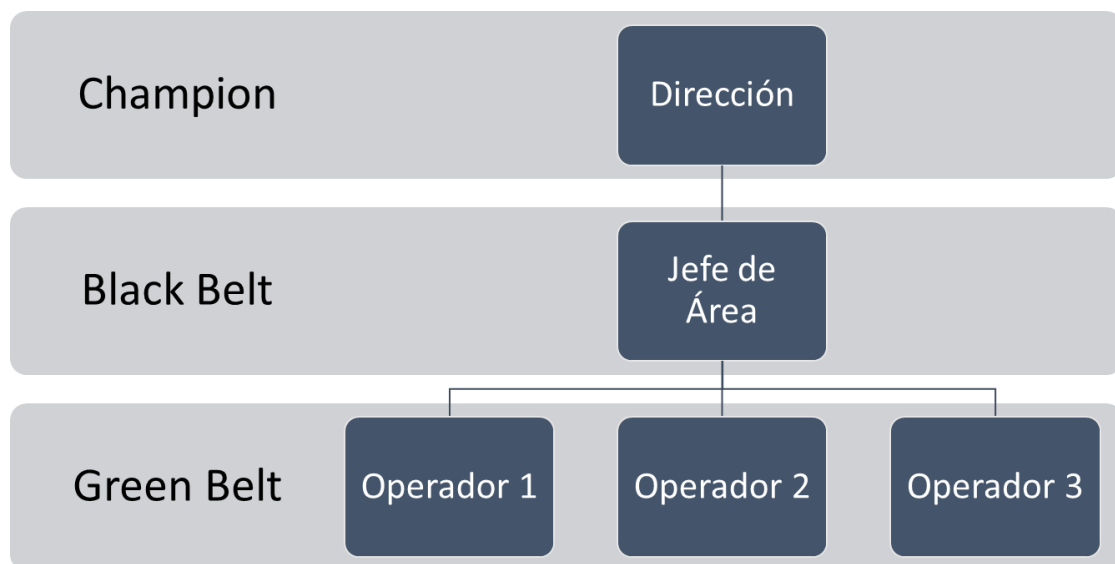
<b>Experto</b>	<b>Función</b>
Champion	Como lo explican Mejía y Álvarez (2012), estos deben garantizar que los proyectos este alineado con los objetivos generales de la empresa, mantener informados a los comités directivos, garantizar los recursos para los proyectos, manejar reuniones periódicas de seguimiento, y solucionar conflictos entre otros.
Black Belt	“Lograr que el equipo empiece el proyecto, de que tome confianza, de observar y participar en su entrenamiento, de gestionar la dinámica del grupo y de mantener el proyecto en marcha para lograr resultados con éxito” (Mejía & Álvarez, 2012)
Green Belt	Acorde con Mejía y Álvarez (2012), su función es más técnica y sirve como miembro del equipo o líder a tiempo parcial. Puede llegar a tener el nivel de competencias de un Black Belt y debe conocer de técnicas estadísticas y de calidad.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, considerando las condiciones reales de la empresa y del proceso a mejorar, la estructura de la debe cumplir con lo mostrado en la siguiente figura:

**Figura 7.**

Estructura de expertos Six Sigma propuesta para la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC



Fuente: Elaboración propia.

#### d. Caracterizar el proyecto

La tabla 9 muestra de forma estructurada los aspectos básicos relacionados con el proyecto y el área de estudio.

**Tabla 9**

*Caracterización del proyecto*

Aspectos del proyecto	Descripción
Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de herramientas Six Sigma para mejorar el proceso de producción de agua en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC- 2020</li> </ul>
Área de estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso de producción de agua de mesa de 625 ml</li> </ul>
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la variación de la cantidad de botellas en el proceso de producción de agua de mesa en presentación de 625 ml.</li> <li>• Incrementar la productividad del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml.</li> </ul>
Clientes internos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacén</li> <li>• Ventas</li> </ul>
Clientes externos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restaurantes</li> <li>• Expendios de comida</li> <li>• Supermercados</li> </ul>
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Búsqueda de botellas en almacén</li> <li>• Inspección inicial</li> <li>• Colocación de botellas en la maquina</li> <li>• Llenado</li> <li>• Sellado (tapa y precinto)</li> <li>• Inspección final</li> <li>• Empaquetado</li> <li>• Almacenamiento</li> </ul>
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de área</li> </ul>
Entradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua cruda</li> </ul>



Aspectos del proyecto	Descripción
Salidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos filtrantes</li> <li>• Desinfectante</li> <li>• Botellas</li> <li>• Orden de pedido</li> </ul>
Estándar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua de mesa de 625 ml</li> <li>• Guías para la calidad del agua potable de la OMS</li> <li>• Límites máximos permisibles de calidad del agua de SUNASS</li> </ul>
Métricas SIX SIGMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualmente la empresa no registra las métricas SIX SIGMA ni indicadores clave de desempeño (KPI)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

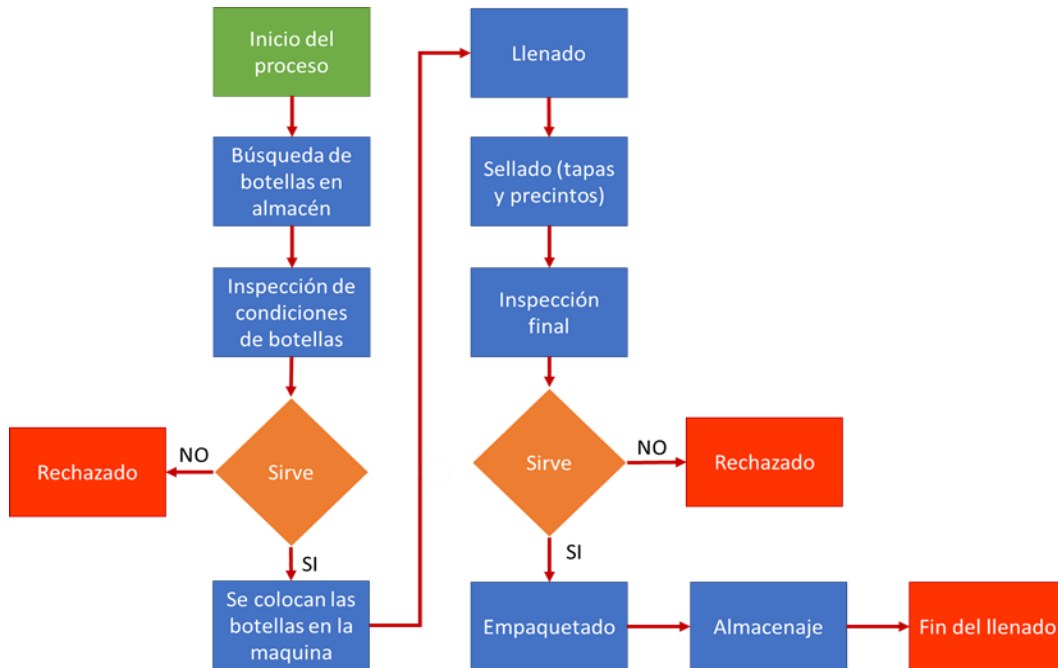
#### e. Mapa del proyecto

El primer paso fue elaborar el flujograma del proceso considerando las 8 actividades que componen el sistema, y el funcionamiento que debe cumplir. Este proceso se muestra en la figura 8.

Luego, para la construcción del mapa del proceso referente a la producción de agua de mesa de 625 ml se utilizaron los datos levantados en:

- Flujograma de proceso de llenado de agua de mesa de 625 ml, el cual muestra con detalle todo el proceso actual.
- Caracterización del proyecto, donde se pueden observar las actividades, entradas y salidas.
- Entrevista al gerente de la empresa, donde indica los procesos y subprocesos involucrados en la producción del agua de mesa de 625 ml.

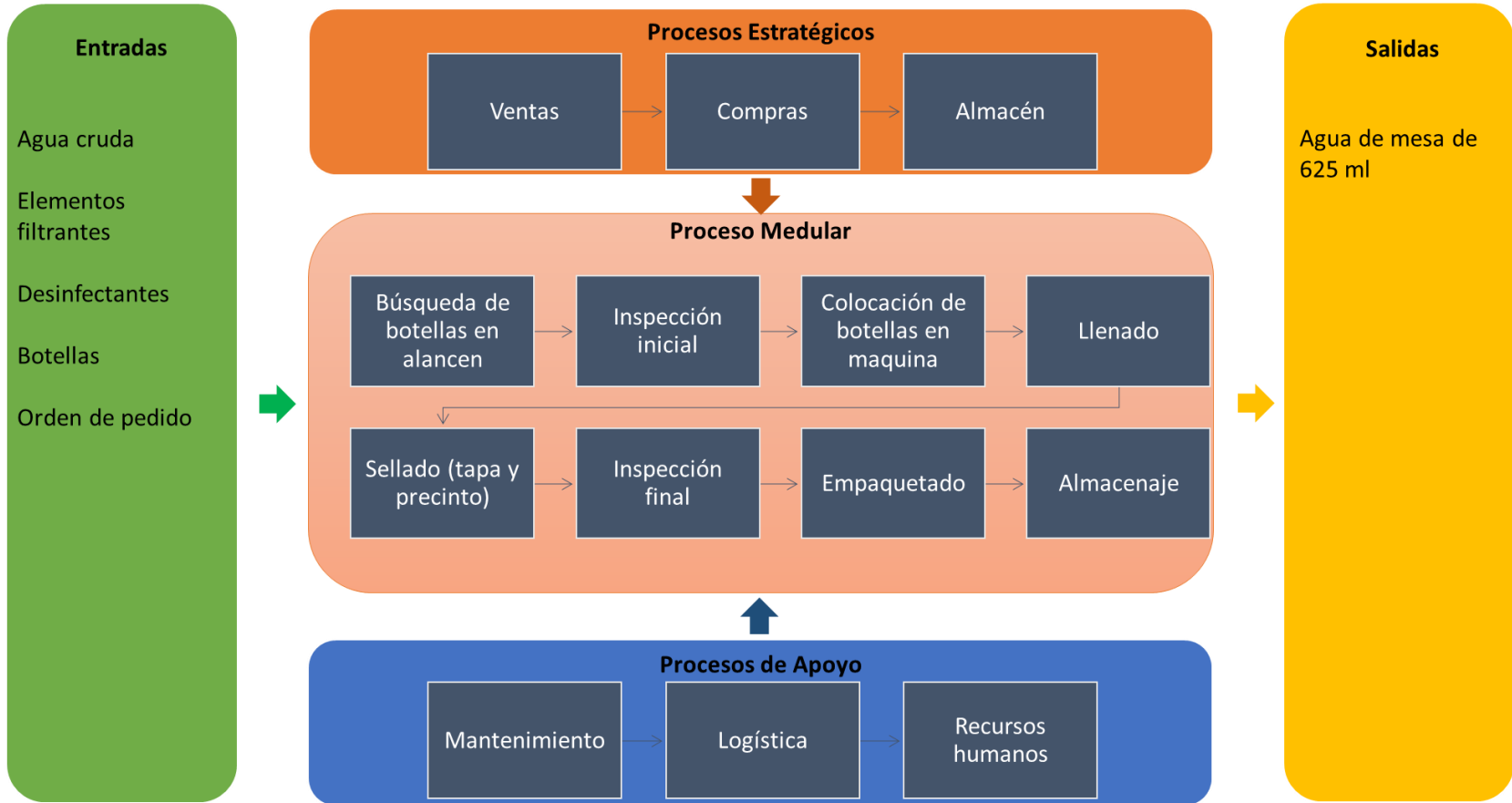
**Figura 8.**  
*Flujograma de proceso de llenado de agua de mesa de 625 ml*



Fuente: Elaboración propia

Como resultado, se construyó el mapa de proceso del agua de mesa de 625 ml, el cual, se muestra en la figura 9.

**Figura 9.**  
 Mapa del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml



Fuente: Elaboración propia.

**f. Aspectos críticos de calidad (CTQ).**

El establecimiento de los aspectos críticos de calidad (CTQ) inició con la determinación de la voz del cliente (VoC), con la cual se logró “describir las necesidades del cliente y la percepción de nuestros productos y servicios” (Mejía & Álvarez, 2012). En términos generales, las necesidades y requerimientos del cliente se traducen en:

- El desempeño deseado.
- Cuando ellos lo quieren.
- No dañado.
- Notificado proactivamente.
- Facturado correctamente” (Mejía & Álvarez, 2012).

Por lo tanto, cualquier desviación de alguno de estos parámetros afecta la CTQ. De este modo, se aplicó un enfoque en el cual se tomaron en cuenta los requerimientos y quejas de los clientes y consumidores considerando información suministrada por el gerente, fuentes referenciales y consulta a representantes de venta de la empresa.

**Figura 10.**

Fuentes para determinar la voz del cliente (VoC) para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml.



Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se construyó la tabla 10 donde se agruparon los requerimientos y quejas de los consumidores desde las 3 perspectivas mostradas en la figura 10, con la cual se determinaría que necesita y requiere el cliente.

**Tabla 10**

*Voz del cliente (VoC) para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625m.*

Registro de Quejas	Representantes de Ventas	Requerimientos / Quejas Referenciales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso en los tiempos de entrega.</li> <li>• Producto dañado.</li> <li>• Deficiencias en atención al cliente.</li> <li>• La botella no sella bien y bota agua.</li> <li>• Tardanza en atención de números de teléfono y correos de contacto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidad en ventas por internet.</li> <li>• Incumplimiento de tiempos de entrega.</li> <li>• Sabor del producto.</li> <li>• Mala atención al cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Amabilidad en la atención”(Álvarez, 2016)</li> <li>• “Que este bien informado” (Álvarez, 2016)</li> <li>• “Quejas sobre producto defectuoso” (PuroMarketing, 2012)</li> <li>• “Queja sobre la atención al cliente” (PuroMarketing, 2012)</li> <li>• “Envíos defectuosos, portes e incumplimiento de plazos” (PuroMarketing, 2012)</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Luego, con la VoC mostrada en la tabla 10 se elaboró la tabla 11 la cual serviría para traducir la VoC. Para esto se seguirían las sugerencias de Huerta (2015), quien expresa que para traducir la VoC se debe:

- Expresar las necesidades desde la perspectiva del cliente.
- No escribir soluciones.
- Usar términos medibles.
- Expresar las necesidades en oraciones completas.

**Tabla 11.**

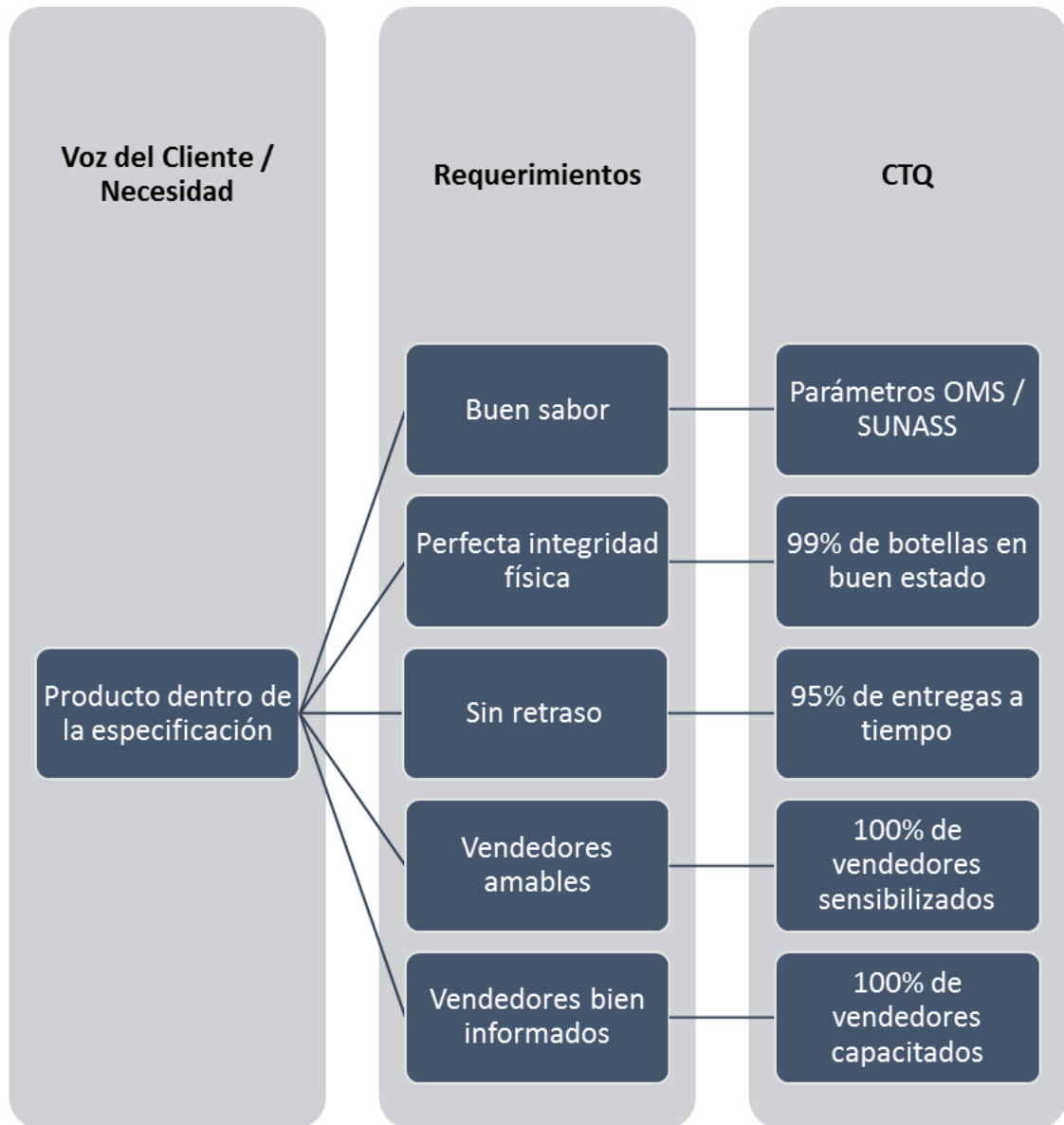
*Traducción de voz del cliente (VoC) para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml*

<b>Voz del Cliente</b>	<b>Situación</b>	<b>Necesidad Específica</b>
La atención hacia mis dudas, inquietudes y requerimientos es deficiente	La respuesta por los números de teléfono y correos de contacto es lenta, y la atención pre y postventa es pobre	Proveer al cliente de atención oportuna y precisa
Las entregas me llegan retrasadas	Se incumplen los plazos establecidos para la entrega del producto	El cronograma de entrega debe satisfacer los tiempos de entrega comprometidos con el cliente
He recibido el producto dañado y fuera de especificación	Se reciben botellas de agua con la etiqueta despegada, golpeadas y con fuga de agua por la tapa. Igualmente, el sabor del agua puede variar	El cliente desea recibir sus pedidos en excelentes condiciones

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta información, se construyó el árbol de parámetros críticos para la calidad (CTQ tree), con lo cual se tradujeron las necesidades y requerimientos del cliente a unos requerimientos de desempeño específicos, operativos y medibles. La figura 11 muestra el resultado del árbol CTQ.

**Figura 11.**  
 Árbol CTQ para mejora del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml.



Fuente: Elaboración propia.



### 3.2.2. Medir

#### a. Defectos por millón de oportunidades

Para determinar el índice DPMO de la empresa se tomó como base los datos determinados en el diagnóstico de la dimensión producción y mostrados en la tabla 6 (1028 unidades producidas y 70 unidades defectuosas), así como, las oportunidades de error (8) determinadas en la dimensión definir. Entonces, mediante la ecuación 5 se calculó el nivel sigma actual de la empresa.

#### **Ecuación 5.**

Cálculo de defectos por millón de oportunidades

$$DPMO's = \frac{\text{Defectos}}{\text{Unidades producidas} * \text{Oportunidad de error}} * 1,000,000 = \frac{70}{1028 * 8} * 1,000,000 = 8,511.67$$

Por medio de la ecuación 5 se determinó que el indicador DPMO es igual a 8,511.67, es decir, que por cada millón de unidades producidas en el proceso de embotellamiento de agua potable estadísticamente se presentaran un total de 8,511.67 unidades defectuosas.

#### b. Nivel sigma ( $\sigma$ )

Con el DPMO actual (8,511.67 defectos por millón de oportunidades), el nivel sigma de la empresa se ubica en 3.9 sigma (ver anexo 4). En este sentido, el nivel sigma actual de la empresa (3.9) significa que el costo por corrección de fallas, variaciones y afectación del proceso de estudio es mayor con respecto a un sistema que maneje el nivel Six Sigma.

**c. Capacidad del proceso ( $C_p$ )**

Para el cálculo de la capacidad del proceso se inició determinando la desviación estándar de los volúmenes de producción de agua de mesa de 625 ml del mes de febrero de 2020.

**Tabla 12.**

*Desviación estándar de la producción de agua de mesa de 625 ml*

Día	Producción	Día	Producción	Día	Producción	Desviación Estándar ( $\sigma$ )
1	1100	10	890	19	1100	91.77
2	1100	11	980	20	930	
3	910	12	1100	21	1100	
4	923	13	907	22	920	
5	1100	14	1100	23	1100	
6	905	15	1100	24	1100	
7	1100	16	1100	25	1100	
8	920	17	1100			
9	1100	18	904			

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se establecieron los límites superior e inferior de especificación (LSE y LSI) en los siguientes niveles:

- LSI = 1,000 unidades/día
- LSE = 1,100 unidades/día

Seguidamente, se calculó mediante la ecuación 6 la capacidad del proceso.

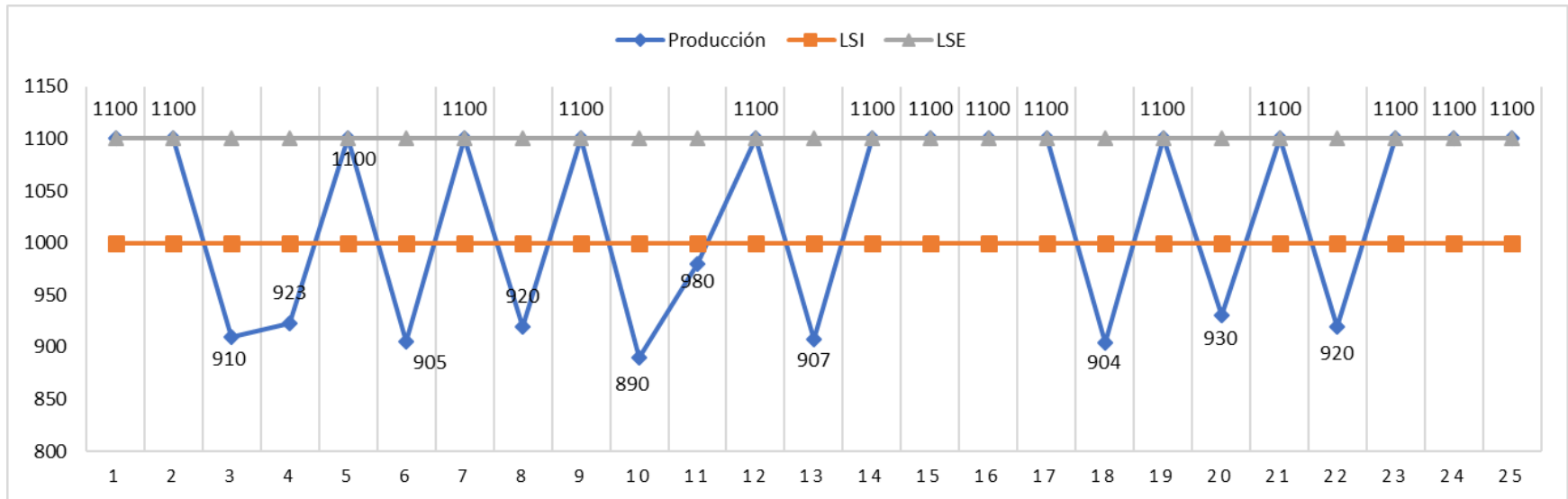
**Ecuación 6.**

Cálculo de capacidad del proceso

$$C_p = \frac{LSE - LSI}{6\sigma} = \frac{1,100 - 1,000}{6 * 91.77} = 0.18$$

Como resultado de la ecuación 6, se determinó que el índice de la capacidad del proceso actual es de 0.18. Dado que el  $C_p < 1$ , se determina que el proceso actualmente no es capaz. Luego, la figura 12 ilustró el desempeño de la producción referencial del mes de febrero considerando los límites de especificación (LSI y el LSE).

**Figura 12.**  
 Producción de agua de mesa de 625 ml contrastada con LSI y LSE



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar de la figura 12 la producción presentó una alta variabilidad saliendo de los hasta en 10 ocasiones de 25 oportunidades. Todas las desviaciones detectadas fueron por debajo del LSI, lo que indica que en el 40% (10 de 25), de los casos la producción resulta por debajo del LSI

Luego, para profundizar con mayor detalle y poder realizar los análisis estadísticos y experimentos posteriores se diseñó una herramienta del tipo data collection. Esta herramienta por medio de la observación directa permitirá tomar el muestreo de datos requeridos para la implementación y control. La herramienta deberá abarcar los parámetros mostrados en la tabla 13 en relación a las variables de interés del proyecto.

**Tabla 13.**  
*Modelo de herramienta data collection*

Variable	Tipo de data	Definición operacional	Observación	Notas de observación	Quien y como
----------	--------------	------------------------	-------------	----------------------	--------------

---

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3. Analizar

#### a. Jerarquización de las oportunidades de error

Para determinar cuál de las oportunidades de error se considera con mayor probabilidad de generar variaciones el proceso se aplicó una matriz de jerarquización de

problemas. Esta se completó con la participación del jefe de área y del gerente. Se aplicó una escala del 1 al 5 para la ponderación según lo mostrado a continuación:

**Tabla 14.**  
*Escala de ponderación*

1	2	3	4	5
Muy poco	Poco	Medio	Alto	Muy alto

Fuente: Elaboración propia.

Luego, con esta escala se obtuvo el siguiente resultado

**Tabla 15.**  
*Matriz de jerarquización del problema (oportunidades de error)*

Oportunidades de Error	Individuo		Total	%
	1	2		
Búsqueda de botellas en almacén	5	3	8	20%
Inspección inicial	3	5	8	20%
Colocación de botellas en la maquina	2	2	4	10%
Llenado	1	1	2	5%
Sellado (tapa y precinto)	3	2	5	12%
Inspección final	5	4	9	22%
Empaquetado	2	1	3	7%
Almacenamiento	1	1	2	5%

Fuente: Elaboración propia.

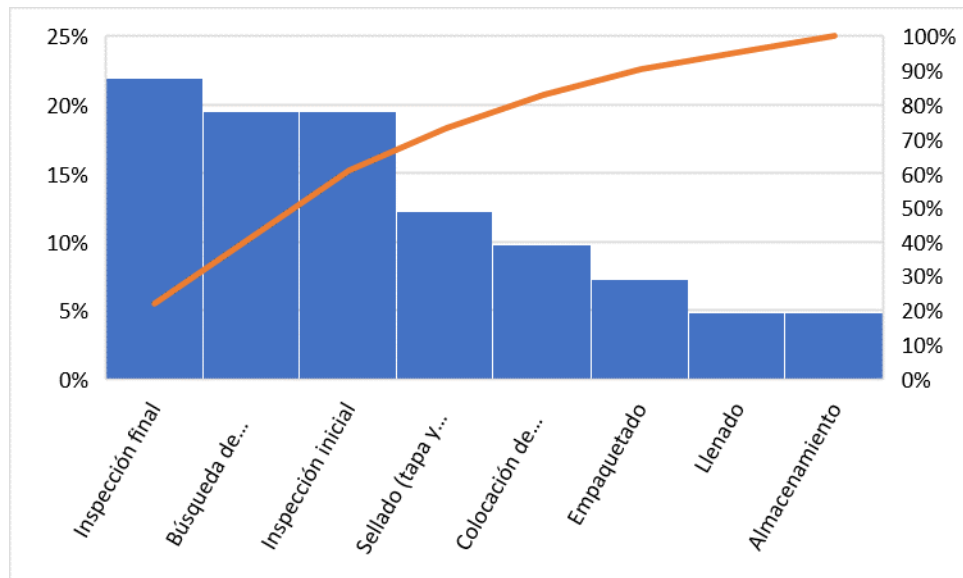
**Tabla 16.**  
*Jerarquización del problema (oportunidades de error)*

Oportunidades de Error	%	%
Inspección final		22%
Búsqueda de botellas en almacén		20%
Inspección inicial		20%
Sellado (tapa y precinto)		12%
Colocación de botellas en la maquina		10%

Oportunidades de Error	%	%
Empaquetado		7%
Llenado		5%
Almacenamiento		5%

Como se puede observar de las tablas 15 y 16, la mayor concentración de oportunidades de error se presenta en la inspección final, inspección inicial, búsqueda de botellas en almacén y en el sellado (tapa y precinto). Estas 4 categorías abarcan el 7% de la probabilidad de oportunidades de error tal como lo muestra la figura 13, y sugiere que uno de los mayores factores de variación son los errores humanos.

**Figura 13.**  
Jerarquización de las oportunidades de error

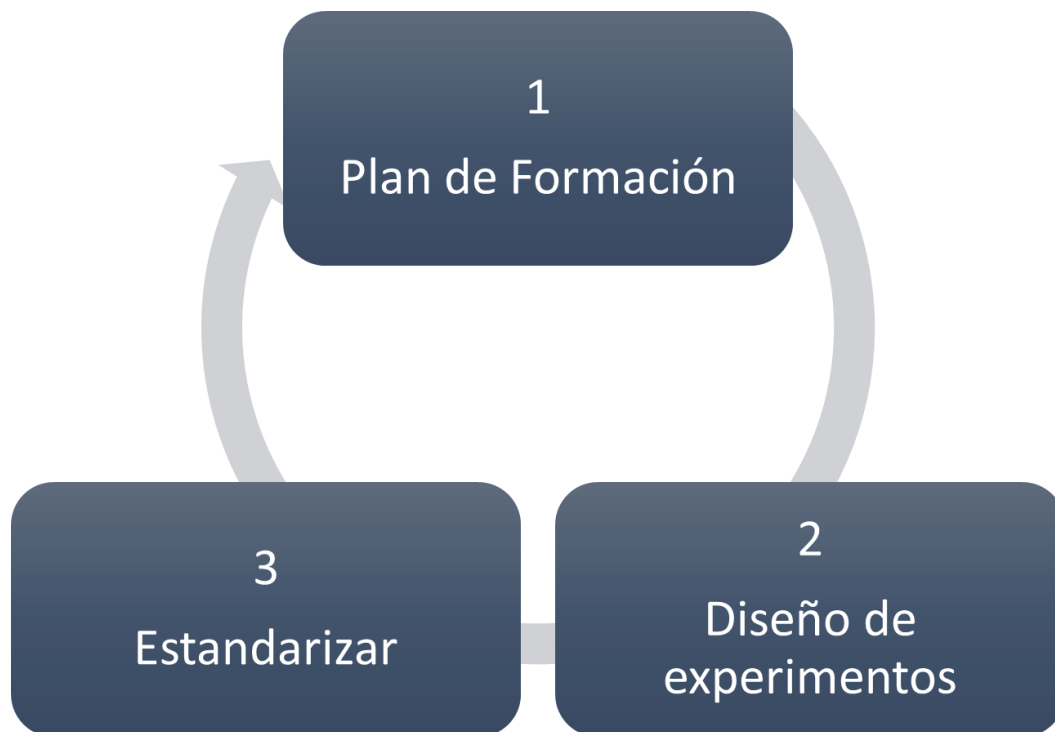


Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.4. Implantar

Para lograr el incremento de la productividad según las necesidades del cliente se diseñarán un grupo de herramientas de productividad basadas en Six Sigma. Estas darán respuesta a las situaciones detectadas previamente para generar un cambio en la filosofía de trabajo hacia una cultura productiva. En este sentido, la figura 14 muestra el esquema de las herramientas y estrategias a implementar.

**Figura 14.**  
Herramientas de productividad basadas en Six Sigma



Fuente: Elaboración propia.

#### a. Plan de formación

Este será el punto de partida y pieza fundamental del sistema, ya que, además de que el personal de la empresa carece de las competencias de productividad, la metodología



Six Sigma exige que dentro de la estructura de la empresa existan como mínimo las figuras expertas Black Belt y Green Belt.

La formación deberá cubrir como mínimo (y sin limitarse a ello), el siguiente contenido:

**Tabla 17.**  
*Plan de formación de Green Belt*

Elementos	Descripción
Objetivo	Durante este programa de certificación, aprenderá las habilidades y el conocimiento necesarios para identificar, desarrollar y dirigir proyectos Six Sigma utilizando la metodología de resolución de problemas DMAIC.
Duración	40 horas
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introducción a Green Belt</b></li> <li>• <b>Definir</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de Proyectos</li> <li>• QualityFunctionDeployment (QFD)</li> <li>• Modelo de Kano</li> <li>• Árbol de Necesidades</li> </ul> </li> <li>• <b>Medir</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SIPOC</li> <li>• Análisis del Sistema de Medición (MSA)</li> <li>• Estadística Básica</li> <li>• Muestreo</li> <li>• Histogramas</li> </ul> </li> <li>• <b>Analizar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad del Proceso</li> <li>• Desempeño del Proceso</li> <li>• Causa-efecto</li> <li>• Correlación</li> <li>• Box-Plots</li> <li>• Análisis de Varianza (ANOVA)</li> <li>• Correlación</li> </ul> </li> <li>• <b>Mejorar</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de Experimentos</li> </ul> </li> </ul>

Elementos	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Controlar</b></li> <li>• Control Estadístico de Procesos</li> <li>• Plan de Control</li> </ul>

Fuente: LSSI (2020)

**Tabla 18**

*Plan de formación de Black Belt*

Elementos	Descripción
Objetivo	Durante este programa de certificación, aprenderá herramientas Six Sigma lean avanzadas, metodología experta de resolución de problemas y las habilidades de coaching y liderazgo necesarias para ayudar a cualquier organización a lograr ahorros de costos directos, cuantificables y sustanciales.
Duración	40 horas
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introducción a Black Belt</b></li> <li>• <b>Definir</b></li> <li>• Matriz de Selección de Proyectos</li> <li>• Entrenador Coach</li> <li>• Gestión Ágil de Proyectos (SCRUM)</li> <li>• <b>Medir</b></li> <li>• Medición y evaluación económica de proyectos</li> <li>• <b>Analizar</b></li> <li>• Distribuciones</li> <li>• Prueba de Hipótesis e Intervalos de Confianza</li> <li>• Multivariable</li> <li>• Análisis de Regresión</li> <li>• <b>Mejorar</b></li> <li>• Superficies de Respuesta</li> <li>• Teoría de Restricciones</li> <li>• Lean Company</li> <li>• <b>Controlar</b></li> <li>• Modelo Sustentable</li> <li>• Caminatas Gemba</li> </ul>

Fuente: LSSI (2020).

**Tabla 19.**

*Plan de formación de Champion*

Elementos	Descripción
Objetivo	El programa de Liderazgo Six Sigma Champion trata sobre el enfoque comprobado para mejorar el rendimiento del negocio. En esencia, esto es conocido como Six Sigma. Este estilo integrado y metódico de la mejora de procesos se centra en los resultados que se basan del análisis estadístico de los datos, en vez de conjeturas o teorías. El objetivo de Six Sigma es terminar los proyectos con resultados cuantificables que aporten dinero o ahorro al negocio.
Duración	40 horas
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción a Six Sigma</li> <li>• Tácticas y ventajas relacionadas con Six Sigma</li> <li>• Cómo empezar con Six Sigma</li> <li>• Definición del proyecto de Six Sigma</li> <li>• Ejemplos de proyectos Six Sigma</li> <li>• Procesos relacionados con la selección de proyectos</li> <li>• Six Sigma Distribución y cómo elegir Cintas Negras (Black Belt)</li> <li>• Desarrollo de métricas con proyectos Six Sigma</li> <li>• Reconocimiento de Six Sigma</li> <li>• Qué es Six Sigma</li> <li>• Incorporación de Six Sigma y métodos de Lean</li> <li>• Herramientas fundamentales de Six Sigma</li> <li>• Sistemas de Medición</li> <li>• Estudio de Capacidad</li> <li>• Cómo aplicar Six Sigma a los Procesos de Negocio</li> <li>• Seguimiento y gestión de los proyectos Six Sigma</li> <li>• Manejo de las alteraciones en el proceso de Six Sigma</li> <li>• Estrategias monetarias para los proyectos Six Sigma</li> </ul>

Fuente: Six Sigma Español (2020).

**Tabla 20.**

*Plan de formación de fundamentos de Lean*

Elementos	Descripción
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender que Lean y Six Sigma son metodologías altamente complementarias que funcionan mejor juntas. Ofrecemos toda la gama de capacitaciones Lean y Six Sigma.</li> <li>• Adquirir las habilidades necesarias para utilizar las metodologías y datos Lean para disminuir gastos, reducir tiempos de ciclo, aumentar volumen y</li> </ul>

Elementos	Descripción
	mejorar producción en Servicio, Cadena de Suministro, Manufactura y Operaciones.
Duración	40 horas
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visión global de la iniciativa Lean</li> <li>• Incorporación de Lean y Six Sigma</li> <li>• Erradicación de Muda (o Desperdicios)</li> <li>• Mapeo del Flujo de Valor (estado actual y futuro)</li> <li>• Cómo realizar un Evento de Visión Lean (o eventos Kaizen)</li> <li>• Aplicaciones Flow, TAKT Time y PITCH</li> <li>• Métodos de Abastecimiento Pull versus “Push” tradicional</li> <li>• Kanban o Señalización Visual</li> <li>• La “Teoría de las restricciones” de Goldratt</li> <li>• 5S y Control Visual</li> <li>• PokaYoke (A Prueba de Error)</li> </ul>

Fuente: Six Sigma Español (2020).

**Tabla 21.**

*Plan de formación para atención al cliente como estrategia para diferenciarse de la competencia*

Elementos	Descripción
Objetivos	La vocación de una empresa por satisfacer a sus clientes transforma internamente toda la estructura y filosofía de la organización. Dimensionar los alcances del concepto de satisfacción al cliente y saber aplicar las herramientas para lograrlo, son los objetivos de este curso.
Duración	24 horas
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio y calidad en el contexto de organizaciones de producción y servicios</li> <li>• Cliente: conceptos, tipología, clasificación. Estudios de necesidades del cliente: interno y externo</li> <li>• Dimensiones del proceso de satisfacción del cliente: cultural, humana y organizacional</li> <li>• Diseño del proceso de satisfacción al cliente, basado en el logro de la congruencia en ¿pensar, sentir y actuar</li> <li>• Comunicación: competencia clave en la gestión de atención al cliente.</li> <li>• Manejo de situaciones conflictivas con los clientes: queja y reclamo.</li> <li>• Manejo de promesas, peticiones y ofertas: condiciones claras de satisfacción.</li> </ul>

Elementos	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar situaciones vivenciales de atención al cliente y su impacto en la gestión de la organización.</li> </ul>

Fuente: IESA (2020).

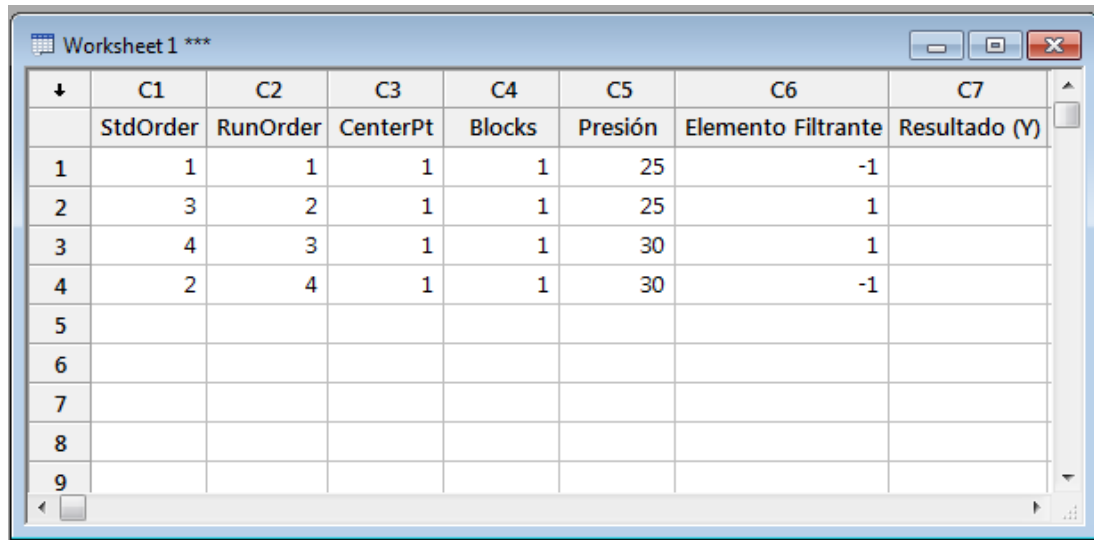
### b. Diseño de experimento

Se aplicará un experimento DoE del tipo factorial completo, a 2 niveles y con 2 factores para un total de 4 experimentos. El mismo se realizará con el software especializado en cálculos estadísticos Minitab. El experimento servirá para medir el volumen de producción ante diferentes factores y niveles, con un resultado objetivo de 1,100 botellas/día para un escenario y 1,365 botellas/día para otro escenario, es decir, 2 experimentos DoE con los mismos factores y niveles para 2 respuestas objetivo diferente. Los factores considerados y sus respectivos niveles son los mostrados a continuación:

- Presión del agua de llenado: Alto 30 psi; bajo 25 psi
- Elemento filtrante: Alto proveedor A; Bajo proveedor B.

El diseño del experimento con el software especializado es como se muestra en la figura 15.

**Figura 15.**  
Experimento DoE con software Minitab



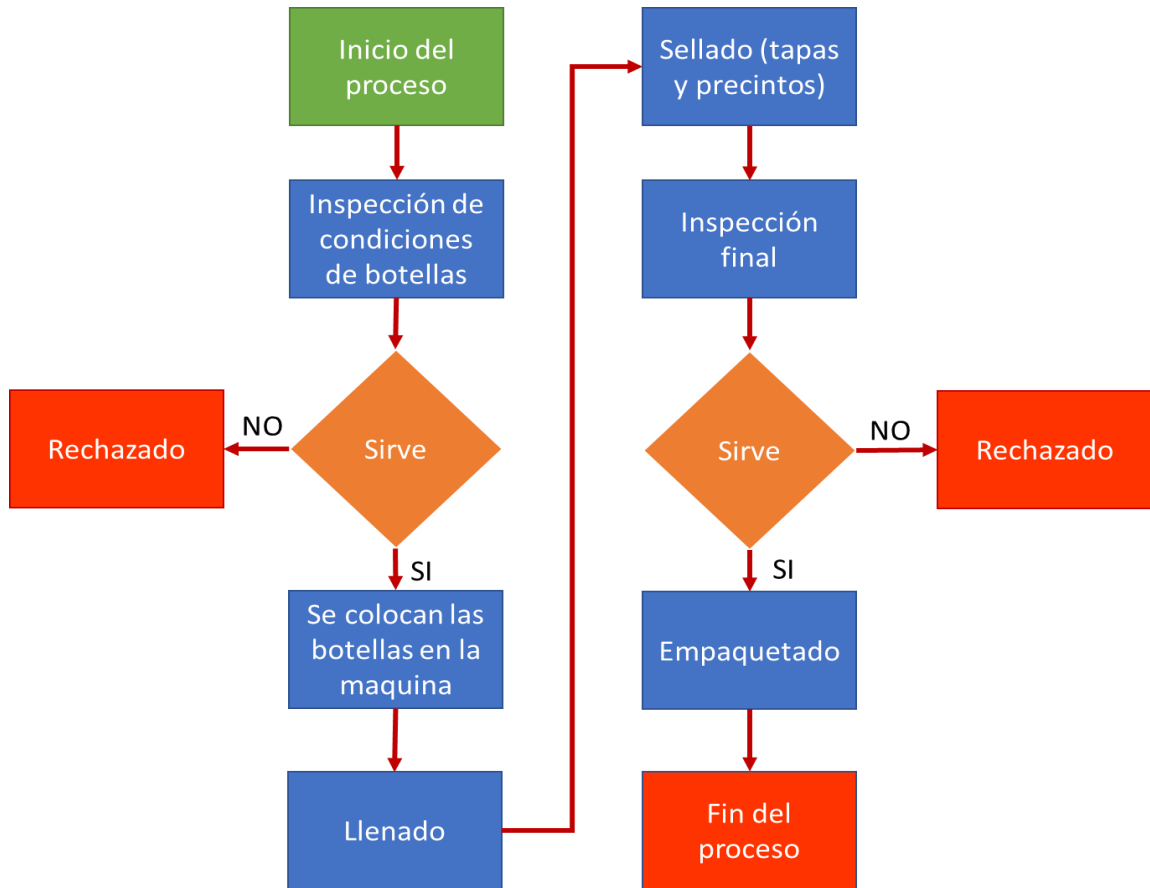
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Presión	Elemento Filtrante	Resultado (Y)
1	1	1	1	1	25	-1	
2	3	2	1	1	25	1	
3	4	3	1	1	30	1	
4	2	4	1	1	30	-1	
5							
6							
7							
8							
9							

**c. Estandarización.**

Se ajustó el flujograma de trabajo del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml, a manera de aumentar la eficiencia y eficacia eliminando las actividades búsqueda de botellas en almacén y almacenaje, las cuales no son propias del proceso productivo y representa el 25% de las oportunidades de error. De esta forma, el proceso tendrá 6 actividades (concerniente solo a la producción de agua de mesa de 625 ml), tal como lo muestra la siguiente figura.

**Figura 16.**

Flujograma de proceso de llenado de agua de mesa de 625 ml mejorado



Fuente: Elaboración propia.

Como complemento para las estrategias y herramientas de productividad seleccionadas para el sistema, se estandarizarán actividades de forma que el proceso de producción de agua de mesa de 625 ml fluya de forma natural y continua. Por un lado, se deberán llevar registros semanales del comportamiento del proceso según las métricas Six Sigma; así como, un informe de cierre de mes con el comportamiento del proceso empleando como medio de análisis y evaluación histogramas y gráficos de control que permitan evaluar el comportamiento del proceso por medio de los indicadores definidos

para cada dimensión, comparando los resultados con los periodos anteriores y con los objetivos de la empresa.

### 3.2.5. Controlar

Como mecanismos de control, se llevará un registro semanal de las métricas Six Sigma evaluándose constantemente si se está cumpliendo con las necesidades del cliente. Adicionalmente, se implementará una pizarra Kanban que sirva como elemento visual de control que indique elementos clave del proceso. Esta cubrirá los aspectos mostrados en la siguiente figura.

**Figura 17.**  
Pizarra Kanban para control visual

Día	Orden de pedido	Inicio	En proceso	Fin
Lunes				
Martes				
Miércoles				
Jueves				
Viernes				
Sábado				
Domingo				

Fuente: elaboración propia.

Para mejorar los registros de producción se empleará una hoja de control, la cual será completada mensualmente.



**Figura 18.**  
Hoja de control de producción

Día	Unidades			Tiempo de producción		Observaciones
	Producidas	Buenas	Defectuosas	Plan	Real	

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente se emplearán los siguientes métodos de control:

- Informe de gestión
- Gráficos de control (histogramas, dispersión, otros)
- Herramientas de evaluación causa efecto o AMEF

### 3.3. Mejora estimada del proceso de producción con Six Sigma

Como resultado de las mejoras propuestas para estandarizar y mejorar el proceso de producción de agua de mesa de 625 ml mediante la aplicación de la metodología Six Sigma, se estima elevar el nivel actual catalogado como 3.9 sigma. El nuevo enfoque propuesto plantea formación del personal, una estructura de jerárquica de expertos Six Sigma, mejora del flujograma del proceso, enfoque dirigido a la necesidad del cliente y herramientas de control continuo, con lo cual, se estima mitigar la variabilidad actual del proceso que resulta en un índice 6.81% de unidades defectuosas.

### 3.3.1. Mejora estimada dimensión rendimiento

Por medio de las acciones, ajustes y estrategias propuestas como para del Six Sigma se estima una reducción del 50% del tiempo perdido. Específicamente, con la mejora del mapa de procesos depurando tareas que no son propias del proceso de embotellamiento, con la capacitación del personal y con la introducción de expertos Six Sigma tipo Champion, black y green belt se proyecta disminuir el tiempo no productivo de proceso. La mejor gestión y control de las tareas, así como, la delegación de actividades como búsqueda de insumos y almacenaje a terceros fuera del proceso, servirá para lograr mayor disponibilidad del personal. De esta forma, se estima el manejo de tiempo mejore tal como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 22.**  
*Mejora estimada en el tiempo real de trabajo*

Descripción	Unidad	Tiempo	
		Antes	Después
Tiempo disponible (A)	Horas	8	8
Tiempo de preparación del proceso (B)	Horas	0.5	0.25
Tiempo de paradas no programadas (C)	Horas	1.5	0.75
Tiempo de limpieza (D)	Horas	0.5	0.25
Tiempo real trabajado (A-B-C-D)	Horas	5.5	6.75

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en la tabla 22, con la mejora estimada del 50% los tiempos improductivos se reducen logran una recuperación de 1.25 horas, pasando de 5.5 a 6.75 horas productivas o tiempo real de trabajo.

Por otro lado, con la mejora estimada del nivel sigma de 3.9 a 4.3 se espera una producción estandarizada de 1050 botellas por día (valor promedio entre LSI de 1000 und/día y LSE 1100 und/día), y un total de 0.004 unidades defectuosas por día. A partir de estos valores se calcularon los indicadores de eficiencia, eficacia y efectividad con las ecuaciones 1, 2 y 3 mostradas anteriormente. Los resultados se muestran en la tabla 23.

**Tabla 23.**  
*Mejora estimada en la dimensión rendimiento*

Descripción	Unidad	Antes	Después
Eficiencia	%	68.75	84.38
Eficacia	und/hora	174.20	155.56
Efectividad	und/hora	119.77	131.25

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, tanto la eficiencia como la efectividad se incrementan. Sin embargo, la eficacia disminuye desde 174.20 und/hora hasta 155.56 und/hora, lo que sugiere que el proceso tiene capacidad para incrementar la producción.

### 3.3.2. Mejora estimada dimensión requerimientos del cliente

Con respecto a mejora esperada en la dimensión productividad, incidirá directamente en la dimensión requerimientos del cliente. Particularmente, con el incremento del nivel sigma de 3.9 a 4.3 se estima que se logre estandarizar la producción en 1050 botellas por día, con un desperdicio de 0.004, lo que, permitirá construir un nivel de inventario que permita cumplir con los pedidos de forma satisfactoria. Por otro lado, herramientas como la pizarra Kanban, hoja de control de producción y la aplicación de evaluaciones AMEF en caso de desviaciones permitirá tomar medidas correctivas de forma oportuna y mantener controlada la variabilidad del proceso.

De esta forma, considerando la mejora en la productividad se estima que se mitigue las fallas en las entregas de los productos al cliente. En este sentido, al corregirse la variabilidad del proceso se tendrá la capacidad de cumplir al 100% con entregas y tiempos estipulados. Como resultado se espera un desempeño como se muestra en la tabla 24.

**Tabla 24.**

*Mejora estimada en la dimensión requerimientos del cliente*

Descripción	Unidad	Antes	Después
Pedidos entregados completos (FTL)	%	100	100
Pedidos entregados a tiempo (OTD)	%	76	100

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar de los resultados mostrados, la gestión de entrega de pedidos mantendrá su efectividad del 100% de entregas, ahora con la capacidad de cumplir con los tiempos establecidos logrando un 100% de entregas a tiempo.

### 3.3.3. Mejora estimada dimensión definir

Esta dimensión se midió en función de las oportunidades de falla en el proceso de producción de agua de mesa de 625 ml. De manera que, con la eliminación de 2 tareas del mapa del proceso de embotellamiento (búsqueda de botellas en almacén y almacenaje) por no pertenecer al proceso de embotellamiento se redujeron de 8 a 6 las oportunidades de error. Por otro lado, el plan de formación de expertos Six Sigma servirá para instalar el recurso humano preparado para liderar la transformación Six Sigma, desde, diferentes niveles de experticia y responsabilidad. De esta forma, con la propuesta de metodología Six Sigma se estiman unos resultados como se muestra en la tabla 25.

**Tabla 25.**

*Mejora estimada en la dimensión definir*

Descripción	Unidad	Antes	Después
Oportunidades de fallo	-	8	6
Expertos Six Sigma	-	0	5

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 25, gracias a la revisión y optimización del flujograma del proceso (original mostrado en la figura 8 y el optimizado en la figura 16), se disminuyeron las actividades de 8 a 6, lo que representa una disminución del 25% en las oportunidades de fallo del sistema. Por otro lado, acorde con la estructura definida en la figura 7 serán necesarios 5 expertos Six Sigma en sus diferentes niveles.

### 3.3.4. Mejora estimada dimensión medir

Con base a la optimización del proceso (cambio de 8 a 6 tareas), capacitación del personal y formación de expertos Six Sigma, control/disminución de la variabilidad mediante la aplicación de experimentos DoE y herramientas de control y mejora continua (pizarra Kanban, informe de gestión, AMEF, hoja de control de producción, otros), se estima que la producción de agua de mesa de 625 ml incremente su productividad. Ahora con un enfoque orientado al cliente, a la calidad y la estandarización (mitigación de variabilidad) se estima la disminución significativa de los defectos. De esta forma, en referencia a la dimensión medir se estima la siguiente mejora.

**Tabla 26.**  
Mejora estimada en la dimensión medir

Descripción	Unidad	Antes	Después
Defecto por millón de oportunidad (DPMO)	und	8,511.67	2,555.0
Nivel Six Sigma	-	3.8	4.3

Capacidad del proceso	-	0.18	> 1
-----------------------	---	------	-----

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 26, los resultados estimados de la aplicación de la metodología Six Sigma son positivos para el proceso de producción de agua de mesa de 625 ml. Se espera pasar de nivel Sigma de 3.8 a uno de 4.3 tomando como referencia los resultados de Aguilar (2018) quien logro mejorar de 3.9 a 4.3, así como, Vite (2015) quien mejora un proceso productivo de un nivel sigma de 4 hasta 4.2. Esta mejora disminuirá el DPMO hasta 2,555.0 con una capacidad del proceso superior a 1. Esto permitirá tanto mejorar el proceso actual, así como, incrementar la capacidad de producción.

Por otro lado, como lo expresan Mejía y Álvarez (2012), el costo de corrección de fallas disminuiría desde un 25% a 15% típico para empresas 3 Sigma hasta un 5% con la implementación del sistema.

También se alcanzarían otros beneficios intangibles como:

- Mejor percepción del cliente.
- Cambio de cultura de trabajo hacia una filosofía de calidad y productividad.
- Mayor motivación del personal.
- Mayor contacto con las necesidades del cliente.

### 3.3.5. Mejora estimada dimensión analizar

Esta dimensión se midió a través del indicador de jerarquización de oportunidades de error. Las oportunidades de error disminuyeron de 8 a 6, luego de, la eliminación de las tareas búsqueda de botellas en almacén y almacenaje, las cuales, serán delegadas en

los departamentos que fungen como apoyo al proceso de embotellamiento. Con esta consideración y tomando como referencia la data de las tablas 15 y 16, se estima que los siguientes resultados luego de la mejora.

**Tabla 27.**  
*Mejora estimada en la dimensión analizar*

Oportunidades de Error	Antes		Después	
	Valor	%	Valor	%
Inspección final	9	22%	9	29%
Búsqueda de botellas en almacén	8	20%	Eliminado	
Inspección inicial	8	20%	8	26%
Sellado (tapa y precinto)	5	12%	5	16%
Colocación de botellas en la máquina	4	10%	4	13%
Empaquetado	3	7%	3	10%
Llenado	2	5%	2	6%
Almacenamiento	2	5%	Eliminado	

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, luego de la mejora el 71% de las oportunidades de error se encuentra en 3 actividades en lugar de las 4 detectadas originalmente, gracias a la eliminación de la búsqueda de botellas en el almacén.

### 3.3.6. Mejora estimada dimensión implantar

Con respecto a esta dimensión, antes del diseño enfocado en la metodología Six Sigma para mejorar la producción de agua de mesa de 625 ml, de los 5 trabajadores considerados ninguno contaba con formación en el área de productividad y ventas. Con la propuesta, la empresa implementará un plan de formación que abordara la experticia en Six Sigma (formación de Champion, Black Belt y Green Belt), la capacitación en fundamentos de productividad basados en la metodología Lean Manufacturing y por

último abordaran la formación en atención al cliente para mejorar el enfoque al mismo.

Como resultado se obtendrá lo siguiente.

**Tabla 28.**  
*Mejora estimada en la dimensión implantar*

Descripción	Unidad	Antes	Después
Personal capacitado en atención al cliente	%	0	100
Personal capacitado productividad	%	0	100

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 28, gracias al plan de formación propuesto se estima que se alcance un 100% en la capacitación del personal tanto en el área de atención al cliente como en productividad. Por otro lado, la estandarización propuesta del flujograma se espera un proceso más efectivo y con menor oportunidad de error, gracias a la eliminación de 2 tareas.

### 3.3.7. Mejora estimada dimensión controlar

Las mejoras propuestas para esta dimensión permitirán pasar de un estado inicial sin herramientas de control para medir, monitorear y corregir el proceso, hasta una situación con la presencia de estas herramientas, tal que, los expertos Six Sigma tengan la capacidad de actuar según lo amerite la situación. La propuesta de control incluye herramientas de seguimiento como pizarra Kanban, hoja de control de producción e informe de gestión, que servirán de insumo para evaluar el desempeño del proceso. En caso de detectar la necesidad de actuar en pro de controlar alguna desviación se podrán desarrollar evaluaciones AMEF para detectar las causas y consecuencias, de modo que, lo expertos



Six Sigma puedan tomar las decisiones oportunas. La tabla 29 resume el resultado esperado.

**Tabla 29.**  
Mejora estimada en la dimensión controlar

Descripción	Unidad	Antes	Después
Nº de herramientas de control	-	0	4

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar de la tabla 29, se propone un total de 4 herramientas de control para medir, monitorear y corregir el proceso. Estas serán: la Pizarra Kanban; Hoja de control de producción; informe de gestión y; AMEF. Con el empleo de estas herramientas los expertos Six Sigma podrán identificar situaciones anormales que ameriten corrección, así como, las mismas permitirán la implementación de la mejora continua.

### 3.4. Evaluación económica de la propuesta

#### a. Costos

Los costos asociados a la puesta en marcha del sistema se estimaron en función de los renglones capacitación, materiales y consumibles. La tabla 30 muestra los costos estimados.

**Tabla 30.**  
*Costos estimados para el diseño basado en la metodología Six Sigma*

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/.)	Total (S/.)
<i>Capacitación</i>				
Fundamentos en Lean	5	Und	420.00	2,100.00
Capacitación Green Belt	5	Und	540.00	2,700.00
Capacitación Black Belt	2	Und	540.00	1,080.00

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (S/.)	Total (S/.)
Capacitación Champion	1	Und	540.00	540.00
Atención al cliente	2	Und	360.00	720.00
<i>Sub total capacitación</i>				7,140.00
<i>Materiales y consumibles</i>				
Materiales y consumibles (tóner, bolígrafos, hojas bond A4)	1	SG	600.00	600.00
MS Office original	2	Und	1,999.00	3,998.00
<i>Sub total materiales consumibles</i>				4,598.00
<i>Total Capacitación + Materiales y consumibles</i>				11,738.00

Fuente: Elaboración propia

## b. Beneficios

Para los beneficios económicos se tomó la ganancia asociada a la producción de agua de mesa. En este sentido, se tomaron las siguientes consideraciones por botella:

**Tabla 31.**

*Beneficios estimados con el diseño basado en la metodología Six Sigma*

Descripción	Precio de venta (S/.)	Costo de Producción (S/.)	Ganancial (S/.)
Agua de mesa de 625 ml	1	0.8	0.2

Fuente: Empresa NOR LAC GROUP DEL PERU

## c. Flujo de caja

El flujo de caja se planteó con las siguientes premisas:

- Horizonte de 7 años
- Se considerará como inversión inicial el costo de capacitación del año 1 de S/. 7, 140.00 más el costo de adquisición de la herramienta MS Office por S/. 3,998.00, para una inversión inicial de S/. 11,738.00
- Gasto año 1 por concepto de materiales y consumibles por S/. 600.00

- Gasto año 2 - 7 por concepto de materiales y consumibles por S/. 600.00 y capacitación (similar a fundamentos Lean y atención al cliente) por 2,820. Gasto año 2 al 7 igual a S/. 3,420.00.
- 300 días trabajados al año (25 días por mes)
- **Beneficio escenario conservador:**
  - Producción 1050 botellas buenas al día.
  - 92 botellas buenas adicionales (1,050 – 958)- ver tabla 06.
  - Ganancia por botella de S/. 0.20.
  - Ganancia por 92 botellas S/. 18.4 por día.
- **Beneficio escenario optimista:**
  - Aumento de 30% producción (1,365 und/día)
  - 407 botellas buenas adicionales (1,365 – 958)- ver tabla 06.
  - Ganancia por botella de S/. 0.20
  - Ganancia por 407 botellas S/.81.40 por día.

**Tabla 32.**  
*Flujo de caja escenario conservador*

Descripción	Inversión Inicial	1	2	3	4	5	6	7
Gastos (S/.)	11,738.00	600.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,240.00
Beneficios (S/.)		5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00	5,520.00
Flujo de caja (S/.)	-11,738.0	4,920.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00	2,100.00

Fuente: Elaboración propia

El flujo caja mostrado en la tabla 32 corresponde al escenario conservador, es decir, a una producción de 1050 botellas diarias gracias a la reducción de los defectos con el DPMO

esperado de 2,555.0 En esta se puede observar como todos los flujos de caja del horizonte considerado son positivos. Luego, en el escenario optimista tenemos.

**Tabla 33.**  
Flujo de caja escenario optimista.

Descripción	Inversión Inicial	1	2	3	4	5	6	7
Gastos (S/.)	11,738.00	600.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,420.00	3,240.00
Beneficios (S/.)		24,420.00	24,420.00	24,420.00	24,420.00	24,420.0	24,420.0	24,420.0
Flujo de caja (S/.)	-11,738.0	23,820.00	21,000.00	21,000.00	21,000.00	21,000.0	21,000.0	21,000.0

Fuente: Elaboración propia

Por su parte la tabla 33 describe el flujo de caja asociado al escenario optimista planteado, es decir, una producción de 1365 botellas gracias a un estimado de 30% de aumento de la producción, con la eliminación de la alta variabilidad de producción con lo que se logra un proceso confiable que genera 1365 todos los días que opera el sistema. Como resultado se obtiene un flujo de caja positivo para los años considerados (1 al 7), con la particularidad que todos son superiores a la inversión inicial, lo que indica que tanto VPN como TIR serán positivos y con altos índices de rentabilidad.

Este 30% de incremento obedece a que el proceso bajo condiciones óptimas de trabajo es capaz de producir 1100 unidades diarias en 5.5 horas reales de trabajo (ver tabla 4 y tabla 5). Bajo esa premisa, el proceso sería capaz de producir 1350 unidades por día considerando las 6.75 horas reales de trabajo luego de la mejora, representando un 28.57% de unidades por encima de las 1050 propuestas en el caso conservador. En este sentido, se consideró que la mejora podría alcanzar un incremento de 30% de producción (al redondear el 28.57% calculado).

**d. Evaluación financiera**

La evaluación financiera se desarrolló utilizando la herramienta tecnológica MS Excel versión 2016, para lo cual se calcularon los indicadores Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Rentabilidad de la Inversión (IR) obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 34.**  
Indicadores financieros.

Indicador	Escenarios	
	Conservador	Optimista
VPN	S/. 12,787.32	S/. 104,800.43
TIR	13%	195%
IR	S/. 1.09	S/. 8.93

Fuente: Elaboración propia

El resultado de las sensibilidades mostradas en la tabla 34, muestra que tanto el VPN para el caso conservador como para el caso optimista son mayores a la inversión inicial. Por otro lado, ambas TIR son mayores a la tasa de descuento del 10%, considerada para el cálculo del VPN(13% para el caso conservador y 195% para el caso optimista), mientras que el indicador IR muestra resultados superiores 1 indicando para ambos casos.

Esto significa que el caso conservador es económicamente factible; ya que, el VPN es positivo(S/. 12,787.32) indicando que se obtendrá rentabilidad de dinero gastado con un retorno de la inversión de 13% gracias a que por cada S/. 1 invertido se tendrá un retorno de S/. 1.09. Por su parte, el caso optimista es económicamente factible con una rentabilidad mayor al caso conservador, ya que, el VPN es positivo (S/. 104,800.43)con un retorno de la inversión del 195% lo que muestra que se tendrá rentabilidad a menor plazo que el caso conservador dado que por cada S/.1 invertido se obtendrá de regreso S/. 8.93.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

La evaluación de la situación actual de la empresa permitió trazar un diagnóstico del objeto de estudio, es decir, del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml desde la perspectiva de la productividad y desde la perspectiva de la metodología Six Sigma. Como resultado se encontró que actualmente el proceso opera con baja eficiencia alcanzado un 68.75% (ecuación N° 01), con una eficacia de 174.20und/hora (ecuación N° 02), que resulta en una efectividad de 119.77 und/hora (ecuación N° 03). Por otro lado, aunque el 100% de los pedidos son entregados completos solo el 76% (ecuación N° 04) se llega a tiempo al consumidor final gracias a las variaciones presentes en el proceso. En lo que respecta a la visión inicial desde la perspectiva Six Sigma, la empresa no cuenta con registros precisos que permitan determinar con exactitud los defectos por millón de oportunidades, capacidad del proceso y nivel sigma. Se logró determinar que no existe personal experto Six Sigma ni algún tipo de herramienta de productividad que impulse los procesos. Esto coincide con el trabajo presentado por Chilón, Paredes y Tamay (2017), quienes determinaron en su investigación que la falta de aplicación de herramientas de productividad, así como, la falta de capacitación era dos factores determinantes en la poca eficiencia del proceso productivo en cuestión.

Por otro lado, el diseño Six Sigma desde una perspectiva descriptiva permitió caracterizar, medir y analizar el proceso cabalmente, con información real recolectada mediante entrevista y encuestas a personal clave de la empresa. En cuanto a las fases implementar y controlar, fueron diseñadas (sin implementar), proponiendo soluciones como experimentos DoE de 2 factores y 2 niveles, un plan de formación detallado tanto en competencias para el manejo e implementación de herramientas de productividad, así como para la formación de los expertos

Six Sigma requeridos por el proyecto (green y blackbelt, y champion). Como controles se incluyó el diseño de una pizarra Kanban, una hoja de control de producción, informes de gestión, y la representación gráfica del desempeño, para junto con los elementos de la fase implementar mitigar y/o eliminar la variabilidad del proceso. Como resultado de estas fases se estima que el proceso alcanzará el nivel 4.3Sigma con un DPMO de 2,555.0, que se traducirá en una eficiencia de 84.38%, una eficacia de 155.56und/hora, y una efectividad de 131.25 und/hora (ver tabla N° 22 y 23), lo que sugiere que el proceso puede alcanzar un mejor rendimiento una vez implementada la solución y cuando este alcance su nivel óptimo de madurez. Comparando con los resultados de Vite (2017), quien aplicó la filosofía Six Sigma apoyada en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), para reducir los defectos de etiquetados en una línea embotelladora de bebidas retornables y no retornables, hasta lograr un nivel de 4,268.0 defectos por millón de oportunidades, las estimaciones de esta investigación son consistentes al ser posible mejorar el proceso de la embotelladora hasta alcanzar paulatinamente un DPMO de 2.555.0 equivalente a un nivel 4.3Sigma.

La valoración económica fue positiva. Esta se desarrolló para dos escenarios, uno conservador el cual considero la misma producción actual, pero ajustando el DPMO, y un escenario optimista que además de ajustar el DPMO considero un 30% de incremento de la producción. Como se puede observar en la tabla 34 presentada anteriormente, el resultado obtenido fue un VPN caso conservador de S/. 12,787.32 y caso optimista de S/. 104,800.43, una TIR caso conservador de 13% y caso optimista de 195%. Por último, un IR caso conservador de S/.1.09 y caso optimista de S/. 8.93. Ambos casos son favorables con TIR mayores al 10% y con IR mayores a 1. Esto coincide con los resultados de Guerrero (2019), quien determinó que su proyecto era factible al obtener un VAN mayor de 3 MM\$.

La principal limitación de esta investigación giró en torno a la escasez de información actualizada sobre datos históricos de métodos de producción, técnicas y tiempos. Así mismo, el impedimento para la búsqueda de información en campo representó retos para el planteamiento del diseño de la metodología Six Sigma en miras a mejorar la productividad del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml. El uso de instructor de recolección de datos como la encuesta y la entrevista con el apoyo de herramientas tecnológicas fue determinante para captar la información mínima necesaria para establecer la línea base del proyecto, caracterizar el mismo, así como para diagnosticar medir y analizar la situación problemática.

Por otro lado, la carencia de competencias y/o conocimiento sobre el modelo Six Sigma por parte del personal de la empresa representó en sí mismo una limitación. Esto debido a que la información para el diseño del sistema se obtuvo mayormente a través de las entrevistas y encuestas, y la falta de conocimiento sobre esta herramienta generó que se requiriera más tiempo del planificado para la recolección de data. Fue de gran valor el material audio visual compartido con el personal gerencial y supervisor el cual sirvió como impulso y como introducción a la metodología, facilitando de esta forma el entendimiento de los requerimientos y por consiguiente de la información a suministrar.

Los resultados de esta investigación implican que la empresa podrá mejorar significativamente con la implementación de esta propuesta, enfocada en el diseño de herramientas estadísticas y capacitación del personal para controlar y mitigar la alta variabilidad actual del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml. La eficiencia proyectada en 84.38% implica que el proceso tiene capacidad de reserva y/o potencial para aumentar su productividad manteniéndose dentro de sus límites LES y LEI, y con un sistema Six Sigma que controle la estabilidad de la producción al evitar la alta variabilidad del proceso.



Por otro lado, el desarrollo de la metodología Six Sigma y su propuesta de estrategias para cambiar la situación actual y mejorar la productividad con un enfoque dirigido al cliente y con un nivel de confiabilidad alta ofrecen una guía para posteriores trabajos en el área de mejora de procesos de fabricación o producción de bienes y servicios. Esto a través de las herramientas y técnicas de representación gráfica como: diagrama de Pareto, espina de pescado, diagrama de flujos de procesos, entre otros, junto con experimentos del tipo DoE y mecanismos de control que servirán como referencia para futuros trabajos en esta área de estudio.

## 4.2. Conclusiones

Luego de diseñar mejoras basadas en la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERÚ SAC 2020 y en base a los objetivos planteados al inicio, se concluye:

- El diagnóstico del proceso de producción de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC refleja que, la empresa presenta fallas de disponibilidad de materia prima y carece de indicadores y registros de calidad que permitan controlar, medir y gestionar el desarrollo de los procesos, detectando oportunamente desviaciones negativas, que resulta en una eficiencia actual de 68.75%.
- Las herramientas y estrategias definidas en cada etapa de la metodología DMAIC para el diseño basado en Six Sigma, brindaron la data y herramientas requeridas para el sistema. Se determinó el estado actual (fases definir, medir y analizar) y con esa data diseñar el plan de formación, mejorar el flujograma, desarrollar experimento DoE, disminuir las oportunidades de error, y diseñar las herramientas de control (pizarra Kamban, hoja de control de proceso, informes de gestión y AMEF), para la propuesta basada en Six Sigma para mejorar la productividad específicamente del proceso de producción de agua de mesa de 625 ml.
- La metodología Six Sigma mejorará el proceso de producción de agua de mesa de 625 ml. Se estima una mejora de la eficiencia de 68.75% a 84.38%, reducción de DMPO de 8,511.67 a 2,555.00 unidades, incremento del nivel sigma de 3.9 a 4.3, mejora de la capacidad del proceso desde 0.18 (ecuación N° 6) a más de 1, capacitación del 100% del personal, presencia de 5 expertos Six Sigma y la implementación de herramientas de control antes inexistentes.

- La propuesta es factible económicamente para los 2 escenarios planteados. El escenario conservador con una producción de 1050 botellas diarias resulto en un VPN de S/. 12,787.32, una TIR de 13% y un IR de S/. 1.09. Por su parte, el escenario optimista con un incremento de producción del 30% para 1,365 botellas diarias resulto en un VPN de S/. 104,800.43, una TIR de 195% y un IR de S/. 8.93. Ambos escenarios son factibles económicamente.

## REFERENCIAS

- Aguilar, K. (2018). *Six Sigma para Mejorar la Productividad de una Empresa Procesadora de Maca*. Huncayo: Universidad Peruana de los Andes.
- Álvarez, S. (2016). *Expectativa de los Consumidores hacia los Vendedores*. Obtenido de <https://www.opcion.com.uy/marketing/valoracion-de-actitudes-de-los-vendedores-desde-la-optica-del-consumidor/>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación. Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales*. Bogota: Pearson.
- EAE Business School. (Noviembre de 2017). *Cálculo de Stock de Seguridad: la Fórmula*. Obtenido de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/calculo-del-stock-de-seguridad-la-formula/>
- ESAN. (8 de Agosto de 2019). *¿Qué problemas puede resolver el Lean Six Sigma?* Obtenido de Conexión ESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/que-problemas-puede-resolver-el-lean-six-sigma/>
- Felizola, H., & Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en Pequeñas y Medianas Empresas: Un Enfoque Metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 263-277.
- Fidias, G. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Episteme.
- Francia, N. (1998). *Modelo de Simulación en Muestreo*. Bogota: Universidad de la Sabana.
- Fuentes, C. (21 de Noviembre de 2019). *Conexión ESAN*. Obtenido de ¿Como Mejorar la Productividad en el Perú?: <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2019/11/21/como-mejorar-la-productividad-en-el-peru/>
- Guerreo, S. (2019). *Propuesta de mejora del proceso de reparación de equipos para la construcción de carreteras en un taller central de mantenimiento*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Henderson, K., & Evans, J. (2000). Successful Implementation of Six Sigma: Benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, 260-282.
- Huerta, H. (30 de Enero de 2015). *CTQ*. Obtenido de <https://prezi.com/0v26izxbvzeu/ctq/>
- IESA. (2020). *Atencion al Cliente como Estrategia para Diferenciarse de la Competencia*. Obtenido de <http://www.iesa.edu.ve/cursos-y-programas/cursos/3=atencion-al-cliente-como-estrategia-para-diferenciarse-de-la-competencia>

- Laines, M., & Rivasplata, F. (2019). *Diseño de Herramientas de Manufactura Esbelta para Aumentar la Productividad en el Área de Casting de la Empresa CITE Koriwasi*. Cajamarca: Universidad del Norte.
- Linderman, K., Schroeder, R., Zaheer, S., & Choo, A. (2003). Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective. *Journal of Operations Management*, 193-202.
- LSSI. (2020). *Lean Six Sigma Green Belt*. Obtenido de <https://www.lssi-spanish.org/green-belt>
- Marly , M., Lee, L., & Boarin, S. (2014). The Six Sigma program: an empirical study of Brazilian companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 602 - 630.
- Marr, B. (2011). *Key Performance Indicators. The 75 Meseaures Every Manager Needs to Know* .New York: Pearson.
- Martinez, M., & Colorado, J. (2015). Takt Time, el Corazón de la Producción. *Vía Nova*, 60-62.
- Mejía, I., & Álvarez, S. (2012). *Modelo de Dirección para la Aplicación de Six Sigma*. Mexico: UNAM.
- Nemur, L. (2016). *Productividad. Consejos y Atajos de Productividad para Personas Ocupadas*. Babelcube INC.
- Oblitas, J. (2018). *Guía de Investigación Científica 2018*. Lima: Universidad del Norte.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*.Mexico: McGraw-Hill.
- Pérez-López, E., & García-Cerdas, M. (2014). Implementación de la Metodología DMAIC-Seis Sigma en el Envasado de Licores en Fanal. *Tecnología en Marcha*, 88-106.
- Pons, B., Gisbert, V., & Pérez, I. (2018). Metodología Six Sigma. Comparación entre Ciclo PDCA y DMAIC . *Cuadernos de Investigación Aplicada*, 27-34.
- PuroMarketing. (2012). *Cientes Insatisfechos: ¿Cuáles son sus Principales Razones de las Quejas de Consumidores en las Redes Sociales?* Obtenido de <https://www.puromarketing.com/53/12353/insatisfechos-cuales-principales-razones-quejas-consumidores.html>
- Shankar, N. (2003). ISO 9000: integration Europe and North America. . *European Quality*, 20-29.
- Six Sigma Español. (2020). *Six Sigma Champion*. Obtenido de <https://www.sixsigmaespanol.com/training-classes/specialized-training/champion/>
- SUNAT. (2020). *Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria*. Obtenido de <http://www.sunat.gob.pe/>

Tennant, G. (2002). *Six Sigma. Control Estadístico Del Proceso Y Administración Total De La Calidad En Manufactura Y Servicios*. Mexico: Panorama Editorial.

Teoh, Y., & Che, B. (2016). Integration of Six Sigma and ISO 9001 Quality Management System. *University Utara Malaysia*, 1 -13.

Vite, E. (2015). *Implementación de la Metodología DMAIC para Reducir los defectos de Etiquetado en una Línea Embotelladora de Bebidas*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Vorne Industries. (2008). *Fast Guide to OEE*. Itasca: Vorne Industries.

## ANEXO 1. Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>General</b></p> <p>¿En cuánto mejorará el proceso de producción de agua de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC con el diseño de herramientas basadas en Six Sigma?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Diseñar herramientas basadas en la metodología Six Sigma para mejorar el proceso de producción de agua en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.</p> <p><b>Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosticar el proceso de producción de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.</li> <li>• Elaborar el diseño de herramientas basadas en la metodología Six Sigma para la mejora del proceso de producción de agua en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.</li> <li>• Estimar la mejora del proceso de producción de agua con la adopción de herramientas basadas en Six Sigma en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.</li> <li>• Realizar una evaluación económica del proceso de producción de agua con la adopción de herramientas basadas en Six Sigma en la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC</li> </ul>	<p><b>Dependiente</b></p> <p>Proceso de Producción</p> <p><b>Independiente</b></p> <p>Herramientas Six Sigma</p>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Descriptiva pre-experimental</p> <p><b>Población</b></p> <p>Como población de esta investigación 25 lotes de agua de agua en presentación de 625ml correspondientes a la producción de un mes (25 días) que compone el proceso de embotellamiento de agua potable de la empresa</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>La muestra será igual a la población</p>

## ANEXO 2. Guion de Entrevista.

1. **¿Cuántos trabajadores laboran en el proceso de llenado de botellas de agua de mesa de 625ml?**
2. **¿Cuáles son las responsabilidades de estos trabajadores?**
3. **¿Se emplea algún registro, lista de verificación o herramienta para chequear el cumplimiento de los pasos del proceso y llevar control del mismo?**
4. **¿Qué indicadores de desempeño se manejan en el proceso de llenado de botellas de agua potable?**
5. **¿La empresa capacita técnicamente a los trabajadores para operar en el proceso de llenado de botellas de agua potable?**
6. **¿Qué tipo de formación técnica han recibido?**
7. **¿La empresa capacita a los trabajadores en técnicas y estrategias de calidad y productividad?**
8. **¿Qué tipo de formación en estrategias de calidad y productividad han recibido?**
9. **¿La empresa emplea actualmente alguna estrategia de calidad y productividad como mejora continua, 5S` s u otra?**
10. **¿Qué aspectos considera Ud. afectan la productividad del proceso de llenado de botellas de agua potable y por qué?**
11. **¿Conoce Ud. la metodología six sigma?**
12. **¿Hay en la empresa algún experto six sigma? ¿Qué nivel tiene?**
13. **¿Cuáles son los clientes internos y externos del agua de mesa de 625 ml?**
14. **¿Cuáles son los procesos y departamentos involucrados en la producción de agua de mesa?**
15. **¿Manejan un registro detallado de las quejas o sugerencias de los clientes?**



16. **¿Cuáles son los principales reclamos de sus clientes?**
17. **¿Tiene registro de los defectos que se producen en la producción de agua de mesa?**
18. **¿Considerando las actividades verificación inicial, lavado inicial, desinfección, esterilización, llenado, tapado y almacenaje donde diría que se producen más problemas?**

### **ANEXO 3. Resultados de la entrevista**

Para complementar la información referente a la situación actual de la empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC relacionada con la productividad, operaciones y situaciones problemáticas del proceso de embotellamiento de agua potable, se realizó una entrevista al Gerente General de Cajamarca, la cual se realizó vía WhatsApp. A continuación, los resultados:

**1. ¿Cuántos trabajadores laboran en el proceso de llenado de botellas de agua de mesa de 625ml?**

Actualmente, en el llenado de las botellas trabajan 3 personas.

**2. ¿Cuáles son las responsabilidades de estos trabajadores?**

Estos 3 trabajadores se encargan de ejecutar todo el proceso siendo responsables de todas las estaciones. En otras palabras, los 3 trabajadores se encargan de: inspeccionar las botellas, limpiar, esterilizar y desinfectar las botellas, luego inicia el llenado, tapado y colocación del precinto de seguridad de las botellas. Una vez verificado que la botella llenada cumple con las especificaciones estas son almacenadas.

**3. ¿Se emplea algún registro, lista de verificación o herramienta para chequear el cumplimiento de los pasos del proceso y llevar control del mismo?**

No.

**4. ¿Qué indicadores de desempeño se manejan en el proceso de llenado de botellas de agua potable?**

Actualmente no se lleva ningún indicador.

**5. ¿La empresa capacita técnicamente a los trabajadores para operar en el proceso de llenado de botellas de agua potable?**

**6. ¿Qué tipo de formación técnica han recibido?**

Ninguna

**7. ¿La empresa capacita a los trabajadores en técnicas y estrategias de calidad y productividad?**

No.

**8. ¿Qué tipo de formación en estrategias de calidad y productividad han recibido?**

Ninguna

**9. ¿La empresa emplea actualmente alguna estrategia de calidad y productividad como mejora continua, 5S` s u otra?**

Ninguna

**10. ¿Qué aspectos considera Ud. afectan la productividad del proceso de llenado de botellas de agua potable y por qué?**

- Uno de los factores que afecta la producción de agua es que el tiempo de producción no es constante de una operación a otra por diversas razones, entre las cuales se pueden mencionar: problemas eléctricos, errores humanos, falta de técnicas de calidad y productividad.

- Por mantenimiento de la maquinaria. Actualmente no existe un plan de mantenimiento, y los mismo, solo se realizan del tipo correctivos. No existe un plan que permita realizar mantenimientos de corte predictivos y preventivos, de forma que se minimicen las paradas por falla en los equipos.

-

• No se llevan registros, estadísticas, procedimientos lo que impide que los trabajadores sigan un paso a paso estandarizado, y se puedan detectar oportunamente desviaciones.

• La falta de competencias técnicas de los trabajadores causa que los mismos realicen algunas tareas de forma empírica resultando en errores humanos y en re-trabajos.

**11. ¿Conoce Ud. la metodología Six Sigma?**

No

**12. ¿Hay en la empresa algún experto Six Sigma? ¿Qué nivel tiene?**

Actualmente en la empresa no hay ningún experto Six Sigma

**13. ¿Cuáles son los clientes internos y externos del agua de mesa de 625 ml?**

Básicamente los clientes o consumidores del producto son expendios de comida, restaurantes locales, supermercados y pequeñas bodegas.

**14. ¿Cuáles son los procesos y departamentos involucrados en la producción de agua de mesa?**

Para producir el agua de mesa existen otros departamentos que apoyan de forma administrativa y operativa, que son: recursos humanos, mantenimiento, logística, almacén, compras y ventas.

**15. ¿Manejan un registro detallado de las quejas o sugerencias de los clientes?**

No

**16. ¿Cuáles son los principales reclamos de sus clientes?**

A pesar de no tener un registro detallado, se han reportado reclamos de los clientes por retraso en las entregas, por la atención al cliente, por daño en las botellas como golpes o goteo de agua, entre otros.

**17. ¿Tiene registro de los defectos que se producen en la producción de agua de mesa?**

No, sin embargo, se estima un 10% de pérdida por falta de experiencia, por fallas de voltaje, por falta de mantenimiento y calibración de las máquinas, y porque en ocasiones se acaban los insumos y materiales necesarios para el proceso.

**18. ¿Considerando las actividades verificación inicial, lavado inicial, desinfección, esterilización, llenado, tapado y almacenaje donde diría que se producen más problemas?**

Principalmente en el llenado porque la máquina en ocasiones esta des-calibrada. Luego tanto en la verificación inicial y almacenaje donde la inexperiencia y manejo inadecuado puede dañar las botellas. También el tapado se ve afectado por la des-calibración del equipo, pero en menor escala que el llenado. Por último, las actividades de limpieza son las que menor impacto negativo generan al proceso.

#### ANEXO 4. Conversión de capacidad del proceso Six Sigma.

Sigma	DPMO	YIELD	Sigma	DPMO	YIELD
6	3.4	99.99966%	2.9	80,757	91.9%
5.9	5.4	99.99946%	2.8	96,801	90.3%
5.8	8.5	99.99915%	2.7	115,070	88.5%
5.7	13	99.99866%	2.6	135,666	86.4%
5.6	21	99.9979%	2.5	158,655	84.1%
5.5	32	99.9968%	2.4	184,060	81.6%
5.4	48	99.9952%	2.3	211,855	78.8%
5.3	72	99.9928%	2.2	241,964	75.8%
5.2	108	99.9892%	2.1	274,253	72.6%
5.1	159	99.984%	2	308,538	69.1%
5	233	99.977%	1.9	344,578	65.5%
4.9	337	99.966%	1.8	382,089	61.8%
4.8	483	99.952%	1.7	420,740	57.9%
4.7	687	99.931%	1.6	460,172	54.0%
4.6	968	99.90%	1.5	500,000	50.0%
4.5	1,350	99.87%	1.4	539,828	46.0%
4.4	1,866	99.81%	1.3	579,260	42.1%
4.3	2,555	99.74%	1.2	617,911	38.2%
4.2	3,467	99.65%	1.1	655,422	34.5%
4.1	4,661	99.53%	1	691,462	30.9%
4	6,210	99.38%	0.9	725,747	27.4%
3.9	8,198	99.18%	0.8	758,036	24.2%
3.8	10,724	98.9%	0.7	788,145	21.2%
3.7	13,903	98.6%	0.6	815,940	18.4%
3.6	17,864	98.2%	0.5	841,345	15.9%
3.5	22,750	97.7%	0.4	864,334	13.6%
3.4	28,716	97.1%	0.3	884,930	11.5%
3.3	35,930	96.4%	0.2	903,199	9.7%
3.2	44,565	95.5%	0.1	919,243	8.1%
3.1	54,799	94.5%			
3	66,807	93.3%			

Fuente: Mejía y Álvarez (2012).

## ANEXO 5. Datos de la empresa.

### Descripción de la empresa

- **Nombre de la empresa:** NOR LAC GROUP DEL PERU SAC.
- **Tipo empresa:** Sociedad Anónima Cerrada
- **RUC:** 20570894316
- **CIU:**4630
- **Ubicación:** Lima / Cajamarca

La empresa NOR LAC GROUP DEL PERU SAC es una empresa dedicada a la producción de productos del sector alimentación, específicamente en la venta al por mayor de alimentos, bebidas y tabaco. Esta empresa inicia sus operaciones en el año 2014 en la ciudad de Lima y luego expande su alcance a la localidad de Cajamarca. Actualmente, la empresa solo comercializa sus productos a nivel nacional en Lima y Cajamarca. La empresa cuenta con 4 sucursales y/o agencias las cuales se enlistan a continuación.

### Ubicación de sucursales de NOR LAC GROUP DEL PERU SAC

Ubicación	Dirección
Cajamarca-Cajamarca-Cajamarca	Jr. El Milagro N° 297 Bar. San Martin de Porres
Cajamarca-Cajamarca-Cajamarca	Pro. La Paz N° 409 Sec. La Paccha
Cajamarca-Cajamarca-Cajamarca	Jr. Reyna Farge N° 140 Bar. La Florida
Lima-Lima-Lima	Pj. Giraldez N° 58 Otr. Mercado Santa Anita

Fuente: Portal Web Superintendencia Nacional de Administración Tributaria(2020)