



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**Propuesta de plan de mejora del sistema de gestión y control para la
reducción de mermas en vinos espumantes.**

Trabajo para optar al Título de Ingeniero de Ejecución en Gestión de la Calidad.

Alumno:

Marcos Sebastián Castro Morales

Profesor Guía:

Rafael Solar Arcos

SANTIAGO DE CHILE 2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Propuesta de plan de mejora del sistema de gestión y control para la reducción de mermas en vinos espumantes.

Nombre del candidato(a): Marcos Sebastián Castro Morales

Carrera / Grado: Ingeniería de Ejecución en Gestión de la Calidad

Campus: Santiago, San Joaquín Departamento: Química y Medio Ambiente

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Rafael Solar Arcos, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente

DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un período de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 20/01/26

Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 20/01/26

Firma: 



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de título representa el cierre de una etapa formativa fundamental, marcando un hito tanto en el ámbito profesional como personal, y dando inicio a nuevos desafíos y oportunidades de desarrollo.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi familia por apoyarme en especial a mi madre y mi padre por su amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso. A mis hermanos y amigos, por estar siempre presentes en cada desafío y en cada logro.

A mis compañeros Jordan, Jaime y Pedro, por su amistad y colaboración constante, y por hacer de esta experiencia algo más humano y compartido.

Y, a mi profesor guía don Rafael Solar, por su compromiso, orientación y ejemplo profesional, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.



RESUMEN

Este trabajo de título (TT) se enmarca en el proceso final de obtención del grado de Ingeniero de Ejecución en Gestión de la Calidad (IEGC) de la Universidad Técnica Federico Santa María, y aborda la gestión y el control de pérdidas de volumen en el proceso productivo de envasado de vinos espumantes en la empresa ficticia Qualivino Ltda. El estudio tiene como propósito una propuesta de implementación de un plan preventivo para la merma líquida, orientado a fortalecer la calidad y eficiencia operativa del proceso.

La investigación combina un análisis cuantitativo, basado en estadística básica para la evaluación de registros de producción y la medición de desviaciones, con un enfoque cualitativo, sustentado en la observación de procedimientos y entrevistas al personal operativo. A partir de estos antecedentes, se delimita el problema de una tasa de merma superior al 0,9 % entre el traspaso desde Enología (TVE) y el embotellado final, se identifican las principales causas de pérdida como fugas, descalibraciones o errores en el llenado, y se formulan acciones correctivas centradas en la calibración de instrumentos, la estandarización de conexiones y la capacitación continua del personal.

El trabajo culmina con la formulación de una propuesta de implementación orientada a mejorar la gestión y el control de la merma líquida, fortaleciendo la trazabilidad del proceso y la confiabilidad de las mediciones, en coherencia con los principios de mejora continua y la norma ISO 9001:2015.

Palabras clave / Keywords: plan; prevención; merma; calidad; estadística; industria vitivinícola.



ÍNDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN.....	11
1. ANTECEDENTES GENERALES	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 OBJETIVOS DE PROYECTO.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
ALCANCE	16
1.3 MARCO DE REFERENCIA.....	18
1.3.1 ANTECEDENTES.....	18
1.3.1.1 Descripción general del proceso de envasado de vinos espumantes.....	19
1.3.2 MARCO TEÓRICO.....	20
1.3.2.1 Calidad y mejora continua.....	20
1.3.2.2 Kaizen y estandarización operativa.....	21
1.3.2.3 Variabilidad, medición y control	21



CAPITULO 2: ESTADO DEL ARTE	23
2.1 Antecedentes sobre la gestión de mermas en procesos de envasado de bebidas	23
2.2 Particularidades del envasado de vinos espumantes	24
2.3 Control estadístico de procesos aplicado al envasado	25
2.4 Metodologías de mejora aplicadas a líneas de envasado: enfoque Seis Sigma	25
2.5 Herramientas complementarias: trazabilidad y normativa del sector vitivinícola.....	26
2.6 Síntesis del estado del arte	27
CAPÍTULO 3: DESARROLLO	28
Desarrollo de la metodología	28
3.1. DEFINE	29
3.1.1 Objetivo de la etapa Definir	29
3.1.2 Definición del problema.....	29
3.1.3 Alcance del proyecto	30
3.1.4 Identificación de los actores y áreas involucradas	30
3.1.5 Herramientas utilizadas en la etapa Definir	31



3.1.6 Entregables de la etapa Definir	31
3.2 MEDIR.....	32
3.2.1 Objetivo de la etapa Medir	32
3.2.2 Definición de CTQ (Punto Critico de Calidad).....	32
3.2.3 Definición del indicador de merma líquida.....	33
3.2.4 Plan de medición del proceso.....	34
3.2.5 Resultados de medición.....	34
3.2.6 Enfoque Six Sigma del desempeño del proceso.....	37
3.2.7 Línea base del proceso	38
3.2.8 Consideraciones sobre muestreo y registro del proceso.....	38
3.3 ANALIZAR	40
3.3.1 Objetivo de la etapa Analizar	40
3.3.2 Identificación de causas potenciales (Diagrama de Ishikawa).....	40
3.3.3 Priorización de causas críticas (Análisis de Pareto).....	42
3.3.4 Validación estadística ANOVA	43



3.3.5 Evaluación de la capacidad del proceso de merma líquida	44
3.3.6 Síntesis del análisis de causas	46
3.4 MEJORAR.....	47
3.4.1 Objetivo de la etapa Mejorar	47
3.4.2 Enfoque y criterios de priorización de las mejoras	47
3.4.3 Acciones de mejora propuestas	48
3.4.4 Impacto esperado de la propuesta de mejora	49
3.4.5 Relación de la etapa Mejorar con el control del proceso	50
3.4.6 Consideraciones de costo y factibilidad de implementación	50
3.5 CONTROLAR.....	52
3.5.1 Objetivo de la etapa Controlar	52
3.5.2 Variables críticas de control	52
3.5.3 Indicadores de desempeño (KPIs).....	53
3.5.4 Plan de control del proceso de merma líquida.	53
3.5.5 Uso de control estadístico (SPC).....	53



3.5.6 Retroalimentación del sistema	54
CONCLUSIÓN	55
Referencias	57
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 Plan de medición del proceso - Creación Propia	34
Tabla 2 Estadística descriptiva merma líquida pre- embotellado Qualivino - Creación Propia	35
Tabla 3 Resumen mensual de producción y merma líquida (2023-2025) - Creación Propia	36
Tabla 4 Diagrama de Pareto de causas de merma - Creación Propia.	42
Tabla 5 Análisis de capacidad de proceso de traspaso - Creación Propia Minitab.....	45
Tabla 6 Propuesta de mejora para merma pre-embotalldo - Creación Propia	49
Tabla 7 Indicadores de desempeño - Creación Propia.....	53
Tabla 8 Plan de control del proceso de merma líquida Qualivino - Creación Propia.....	53



ÍNDICE DE FIGURAS.

Ilustración 1 Diagrama de Proceso Envasado Qualivino - Creación Propia	14
Ilustración 2 Diagrama de proceso envasado de vino espumante - Creación Propia.	17
Ilustración 3 Organigrama Viña Qualivino LTDA - Creación Propia	19
Ilustración 4 Tendencia mensual del porcentaje de merma (2023 - 2025) - Creación Propia.	36
Ilustración 5 Diagrama de Ishikawa Área Envasado - Creación Propia.....	41



INTRODUCCIÓN

La producción de vinos espumantes constituye una de las actividades más complejas y exigentes dentro de la industria vitivinícola, debido a las condiciones específicas que impone su proceso de elaboración y envasado. A diferencia de otros tipos de vino, los espumantes requieren un control estricto de presión, estabilidad térmica y precisión volumétrica, factores que incrementan la probabilidad de desviaciones operacionales y pérdidas de producto, y que exigen la implementación de sistemas de gestión de calidad altamente rigurosos. En este contexto, la merma líquida, entendida como la pérdida de volumen durante las etapas de traspaso, medición y llenado se posiciona como un indicador crítico de eficiencia productiva y desempeño del proceso.

En la empresa ficticia Qualivino Ltda., dedicada a la producción nacional de vinos espumantes, los registros históricos evidencian un aumento progresivo de las mermas en la línea de envasado, pasando de un 0,9 % en 2023 a un 1,3 % en 2025, con determinados lotes que alcanzaron valores superiores al 2 %. Esta tendencia refleja no solo deficiencias técnicas como descalibración de instrumentos de medición, fugas en cañerías o rebaleses asociados a la formación de espuma sino también debilidades en la gestión de mantenimiento y en el control sistemático de los límites operacionales. A nivel operacional, esta situación da cuenta de un proceso de normalización de desviaciones, en el cual las ineficiencias tienden a incorporarse como parte habitual de la operación, afectando la trazabilidad del proceso y debilitando la cultura de calidad.

La relevancia del problema se vuelve aún más evidente al analizar su impacto económico. Considerando una producción anual estimada de 1.000.000 de litros, una merma promedio de 1,3 % implica la pérdida aproximada de 13.000 litros de espumante, lo que se traduce en un perjuicio económico anual estimado entre \$9,7 y \$11 millones de pesos chilenos. Al



incorporar costos indirectos asociados tales como reprocesos, mayor consumo energético, uso adicional de insumos y detenciones de línea el costo total de no calidad podría superar los \$15 millones anuales, afectando directamente la rentabilidad del negocio y limitando su capacidad competitiva en un mercado vitivinícola cada vez más tecnificado y exigente.

Desde el punto de vista normativo, la legislación tributaria asociada a la producción de bebidas alcohólicas establece un umbral de tolerancia para las mermas generadas durante los procesos de fabricación y envasado, el cual se sitúa en torno al 2 %. Este límite corresponde al rango dentro del cual las pérdidas son consideradas inherentes al proceso productivo y no generan ajustes tributarios. Sin embargo, operar de manera recurrente en niveles cercanos a dicho umbral, aun cuando resulte legalmente admisible, constituye una señal de ineficiencia operativa y de falta de control del proceso, especialmente desde una perspectiva de gestión de calidad y mejora continua.

En este contexto, el presente trabajo se plantea como una propuesta integral de mejora del sistema de gestión y control de mermas en la línea de envasado de vinos espumantes de Qualivino Ltda., con el objetivo de reducir las pérdidas líquidas, optimizar el uso de los recursos productivos y fortalecer el control del proceso. A través de este estudio se busca demostrar que una gestión de calidad eficaz no solo cumple una función técnica, sino que constituye una estrategia clave para mejorar la competitividad y asegurar la sostenibilidad de la empresa en el mercado vitivinícola nacional e internacional.



1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Planteamiento del problema

La línea de envasado de vinos espumantes de Qualivino Ltda. presenta una diferencia significativa entre el volumen transferido desde Enología (TVE), el volumen registrado por el sistema de cuenta-litros y el volumen finalmente disponible en el estanque de la llenadora. Esta desalineación genera un porcentaje elevado de merma líquida pre-embotellado, atribuible tanto a pérdidas físicas como a errores de medición y falta de estandarización del proceso, lo que impacta negativamente la eficiencia operativa y los costos de producción.

La causa principal del aumento del % de merma ($0,9 \rightarrow 1,3$ %) proviene de la desalineación entre las tres mediciones críticas del proceso:

1. Volumen declarado en TVE
2. Volumen medido por el cuenta-litros
3. Volumen envasado en la llenadora

Cuando estas mediciones no están calibradas ni validadas entre sí, se acumulan diferencias que inflan artificialmente el porcentaje de merma, aun cuando el proceso físico no haya cambiado.

Esto significa que el problema no está solo en las pérdidas físicas, sino también en las pérdidas estadísticas generadas por errores de medición, especialmente:

- descalibración del cuenta-litros,
- rebases y microfugas que antes no se registraban,



- ausencia de control estadístico (SPC) del proceso.

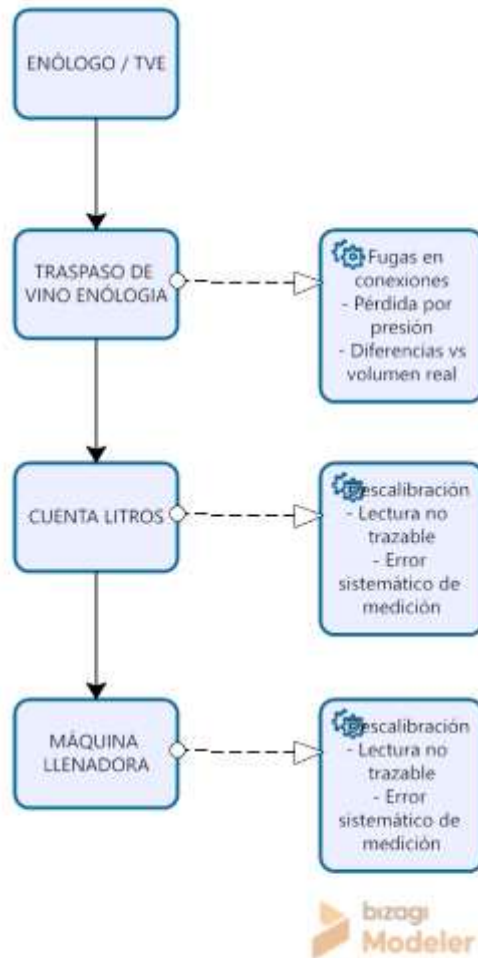


Ilustración 1 Diagrama de Proceso Envasado Qualivino - Creación Propia



1.2 OBJETIVOS DE PROYECTO

1.2.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de implementación de mejora orientada a estabilizar la merma líquida del proceso de envasado de espumantes, fortaleciendo la confiabilidad de la medición volumétrica, la trazabilidad y la eficiencia operativa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir la ruta del vino espumante en el proceso productivo de Qualivino Ltda., identificando los puntos críticos de generación de mermas.
- Diagnosticar los sistemas actuales de medición y control, evaluando la precisión de TVE, cuenta litros y llenadora.
- Identificar y priorizar las causas principales de la merma mediante herramientas de calidad (Ishikawa, Pareto).



ALCANCE

El presente estudio se centra en la línea de envasado de vinos espumantes de la empresa Qualivino Ltda., abarcando las etapas comprendidas entre el traspaso de vino desde enología (TVE), el cuenta litros, la llenadora y el embotellado final.

El alcance del trabajo considera las siguientes acciones principales:

- Diagnóstico técnico y documental del proceso de envasado.
- Identificación de causas raíz mediante herramientas de análisis (Ishikawa y Pareto).
- Aplicación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) del enfoque Seis Sigma.
- Diseño de indicadores de desempeño (KPIs) y plan de control de mermas.
- Propuesta de estrategias de mejora y seguimiento continuo.



DIAGRAMA DE PROCESO - ENVASADO DE VINO ESPUMANTE



Ilustración 2 Diagrama de proceso envasado de vino espumante - Creación Propia.

No se considera dentro del alcance la evaluación del proceso de elaboración enológica previa al envasado, ni la gestión comercial o de distribución del producto final. El proyecto se limita a la optimización técnica y de control operativo del proceso de envasado, con el fin de asegurar la estabilidad, precisión y eficiencia.



1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 ANTECEDENTES

Qualivino Ltda. fue fundada en 2005 por Rodrigo Castro, actual director general, con el propósito de producir vinos de alta calidad en el corazón del Valle de Curicó, Región del Maule, una de las zonas vitivinícolas más emblemáticas de Chile. En sus inicios, la empresa centro su producción en vinos tintos y blancos, abasteciendo principalmente el mercado nacional.

Durante la década de 2010, Qualivino expandió su presencia hacia mercados internacionales, exportando sus productos a países de Sudamérica y posteriormente a Europa. Este proceso de internacionalización impulsó la incorporación de tecnología enológica, automatización de procesos y sistemas de trazabilidad, marcando un punto de inflexión en su desarrollo productivo. En 2015, la empresa adoptó un enfoque sostenible, implementando prácticas de agricultura responsable y gestión medioambiental.

Actualmente, Qualivino se encuentra en un proceso de modernización integral, orientado a la innovación y la mejora continua, con el propósito de fortalecer su competitividad en el mercado nacional e internacional.

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa Qualivino del área operacional.



Ilustración 3 Organigrama Viña Qualivino LTDA - Creación Propia

1.3.1.1 Descripción general del proceso de envasado de vinos espumantes

- Desde TVE
- Cañerías
- Cuenta-litros
- Llenadora
- Muestreo de calidad
- Embotellado

Enología (TVE) → Cañerías → Cuenta-litros → Estanque llenadora → Llenadora → Muestreo Calidad → Embotellado.

En la industria vitivinícola, la trazabilidad del producto y de los procesos constituye un elemento clave para el control de la calidad y la gestión de desviaciones. La Organización Internacional de la Viña y el Vino establece lineamientos que promueven el registro



sistemático de las operaciones y mediciones, permitiendo asegurar la coherencia del proceso productivo y la confiabilidad de la información asociada (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, 2019).

1.3.2 MARCO TEÓRICO

1.3.2.1 Calidad y mejora continua

La gestión de la calidad moderna se consolida a partir de enfoques que entienden la calidad como un resultado del sistema de trabajo y no únicamente del desempeño individual. Deming plantea que la mejora debe centrarse en el proceso, promoviendo el control de la variabilidad y la toma de decisiones basada en datos, reforzando además el rol de liderazgo y la cultura organizacional en la sostenibilidad de los resultados (Deming, 1986).

Complementariamente, Juran define la calidad desde la “adecuación al uso” y propone su enfoque de “Trilogía de Juran” (planificación, control y mejora), destacando que los problemas de calidad pueden y deben gestionarse con metodologías estructuradas orientadas a reducir pérdidas y mejorar el desempeño (Juran, 1988).

La gestión de la calidad moderna se basa en la integración de herramientas técnicas, sistemas de medición y responsabilidades organizacionales, con el objetivo de asegurar un desempeño consistente de los procesos. En este contexto, el control de indicadores y la estandarización de prácticas operativas resultan fundamentales para sostener mejoras en el tiempo (Evans & Lindsay, 2017).



En el contexto del envasado de vinos espumantes, estos enfoques justifican que la merma líquida no se aborde solo como pérdida física, sino también como consecuencia de variación operacional y deficiencias del sistema de medición y control.

1.3.2.2 Kaizen y estandarización operativa

Kaizen se asocia a una filosofía de mejora continua basada en cambios incrementales, participación del personal y estandarización de prácticas. La estandarización es clave, ya que permite fijar un método de trabajo repetible, reducir la variabilidad y sostener mejoras en el tiempo; sin estándares, los resultados tienden a ser inestables y dependientes de la experiencia del operador (Imai, 1986).

Para procesos sensibles a presión, espuma y estabilidad del producto como el envasado de espumantes, la estandarización de conexiones, rutinas de calibración, y procedimientos de operación se vuelve un habilitador para reducir desviaciones y aumentar la confiabilidad de los registros.

1.3.2.3 Variabilidad, medición y control

La variabilidad es inherente a los procesos productivos; sin embargo, cuando no se mide ni controla, puede traducirse en pérdidas económicas y decisiones operacionales basadas en percepciones. La medición confiable y el control estadístico permiten distinguir variación normal del proceso de causas especiales, entregando evidencia para priorizar acciones y sostener mejoras (Montgomery, 2013).



En este trabajo, esta perspectiva es relevante debido a la existencia de múltiples puntos de medición (TVE, cuenta-litros y llenadora) cuya desalineación puede “inflar” el indicador de merma. Por ello, la mejora propuesta se apoya en un enfoque sistemático que integra medición, análisis y control.



CAPITULO 2: ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes sobre la gestión de mermas en procesos de envasado de bebidas

En la industria de bebidas y productos líquidos, la gestión de mermas constituye un problema recurrente asociado directamente a la eficiencia operacional, el control del proceso y los costos de no calidad. Desde una perspectiva de ingeniería de procesos, la merma líquida se define como la diferencia entre el volumen teórico esperado, determinado a partir del balance de materia del proceso, y el volumen efectivamente envasado o disponible para comercialización. Esta diferencia puede originarse por diversas causas, entre ellas fugas, rebalses, sobrellenado, evaporación, errores de medición y variabilidad inherente a las condiciones operacionales.

Diversos estudios aplicados en líneas de envasado de bebidas carbonatadas, cervezas, aguas purificadas y productos líquidos coinciden en que las principales fuentes de merma se concentran en las etapas de llenado y medición volumétrica, especialmente cuando no existen sistemas de control estadístico, procedimientos estandarizados ni programas sistemáticos de calibración de equipos. En este contexto, la merma se consolida como un indicador operativo crítico, estrechamente vinculado a la estabilidad del proceso, la capacidad del sistema y la variabilidad del resultado final.

En la industria vitivinícola, Sánchez Yactayo (2020) desarrolló un estudio orientado a la reducción de mermas en el proceso de embotellamiento, mediante la aplicación de herramientas de calidad y mejora continua, tales como diagramas de Pareto, diagramas causa–efecto (Ishikawa), la metodología 5S, la ingeniería de métodos y la estandarización operativa, enmarcadas dentro de la filosofía Lean Manufacturing. Los resultados del estudio



evidencian que la implementación sistemática de estas herramientas permite reducir significativamente los niveles de merma, mejorar la eficiencia productiva y disminuir las pérdidas económicas asociadas al proceso de envasado.

Desde el enfoque de la ingeniería de procesos, la reducción de mermas no se aborda únicamente desde la corrección de pérdidas físicas visibles, sino también desde el análisis de la confiabilidad del sistema de medición, la coherencia del balance de materia y la capacidad del proceso para operar dentro de límites estadísticamente controlados, elementos fundamentales para asegurar la sostenibilidad de las mejoras en el tiempo.

2.2 Particularidades del envasado de vinos espumantes

El proceso de envasado de vinos espumantes presenta condiciones operacionales más exigentes que otros productos líquidos, debido a la presencia de dióxido de carbono disuelto, la operación bajo presión y la sensibilidad del producto a variaciones de temperatura y caudal. Estas características incrementan la probabilidad de rebalses, sobrellenados y pérdidas asociadas a la formación de espuma, lo que hace que el control volumétrico sea especialmente crítico.

Estudios aplicados en la industria vitivinícola indican que una proporción significativa de las mermas en líneas de espumantes se asocia al nivel de llenado, al agote de líneas y a ajustes operacionales durante el arranque y detención del proceso. En este tipo de operaciones, pequeñas desviaciones en los parámetros de control pueden traducirse en pérdidas acumulativas relevantes desde el punto de vista económico.



2.3 Control estadístico de procesos aplicado al envasado

El Control Estadístico de Procesos (SPC) es una herramienta ampliamente utilizada en la industria para monitorear la variabilidad y detectar desviaciones significativas en procesos productivos. Su aplicación en líneas de envasado permite distinguir entre variaciones normales del proceso y variaciones asociadas a causas especiales, facilitando la toma de decisiones basada en datos.

En procesos de envasado de bebidas, el SPC se utiliza comúnmente para el seguimiento del volumen de llenado, el porcentaje de merma por lote y la estabilidad de los equipos de medición. La literatura especializada señala que la ausencia de control estadístico conduce a la normalización de desviaciones, lo que incrementa progresivamente las pérdidas y debilita la confiabilidad de los registros operacionales.

Desde el punto de vista de la ingeniería aplicada, el uso de cartas de control, análisis de capacidad y estadística descriptiva constituye un soporte fundamental para evaluar el desempeño del proceso y justificar la implementación de acciones de mejora.

2.4 Metodologías de mejora aplicadas a líneas de envasado: enfoque

Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología de mejora orientada a la reducción de la variabilidad y al control sistemático de los procesos mediante el uso de herramientas estadísticas y de gestión. Su estructura, basada en el ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), ha sido ampliamente aplicada en industrias de bebidas y alimentos para abordar problemas de desperdicio, defectos y pérdidas operacionales.



Diversos casos documentados en embotelladoras de bebidas carbonatadas, cervecerías y plantas de licores muestran que la aplicación de DMAIC permite identificar causas raíz de la merma, priorizar intervenciones y establecer planes de control sostenibles. En estos estudios, las herramientas más utilizadas incluyen diagramas de Pareto, análisis causa–efecto, control estadístico de procesos y estandarización de procedimientos.

Cabe destacar que, en proyectos de largo aliento, la literatura recomienda formular propuestas de implementación, acotando el alcance del trabajo a la definición, diseño y validación técnica de las mejoras, sin comprometer resultados que solo pueden observarse en plazos prolongados de operación.

2.5 Herramientas complementarias: trazabilidad y normativa del sector vitivinícola

En el ámbito de la industria vitivinícola, Sánchez Yactayo (2020) desarrolló un estudio orientado a la reducción de mermas mediante la aplicación de herramientas de calidad tales como diagramas de Pareto, diagramas causa–efecto (Ishikawa), metodología 5S y procesos de estandarización operativa.

El estudio evidenció que una proporción significativa de las pérdidas se asociaba a deficiencias en los métodos de trabajo, falta de control sistemático y ausencia de estandarización, más que a fallas aisladas del proceso. La implementación progresiva de herramientas de análisis y mejora permitió una disminución significativa de las pérdidas, validando la efectividad de un enfoque estructurado de mejora continua en procesos productivos vitivinícolas.



Este trabajo constituye un referente relevante para el presente proyecto, ya que demuestra la aplicabilidad de herramientas de calidad en contextos productivos similares, reforzando la pertinencia de utilizar un enfoque metodológico basado en DMAIC para abordar la problemática de la merma líquida en el proceso de envasado de vinos espumantes.

Asimismo, organismos internacionales del sector vitivinícola, como la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV), enfatizan la importancia de la trazabilidad y de la coherencia de los registros a lo largo de la cadena productiva. Estos lineamientos refuerzan la necesidad de contar con sistemas de medición confiables y consistentes, especialmente en etapas críticas como el envasado.

2.6 Síntesis del estado del arte

La revisión del estado del arte evidencia que la merma líquida es un problema transversal en procesos de envasado de bebidas, particularmente relevante en productos carbonatados como los vinos espumantes. Los estudios analizados coinciden en que la variabilidad del proceso, la falta de control estadístico y las deficiencias en los sistemas de medición constituyen las principales causas de pérdidas sostenidas en el tiempo.



CAPÍTULO 3: DESARROLLO

Desarrollo de la metodología

La metodología Six Sigma propone un enfoque estructurado para la mejora de procesos basado en la reducción de la variabilidad y la toma de decisiones sustentada en datos. El ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar) constituye una de las herramientas más utilizadas dentro de este enfoque, permitiendo abordar problemáticas complejas de manera sistemática y controlada (Pyzdek & Keller, 2014).

Para este estudio, los datos analizados corresponden a una representación ficticia basada en observaciones reales obtenidas en viñas de la zona central de Chile.

El enfoque Seis Sigma se concibe como una metodología de gestión que integra técnicas estadísticas para mejorar el desempeño de los procesos y tomar decisiones basadas en datos, orientadas a satisfacer las necesidades del cliente (Herrera Acosta, 2011)

La metodología DMAIC ha sido ampliamente utilizada en la industria de bebidas para la reducción de pérdidas operacionales, como se evidencia en estudios aplicados en plantas embotelladoras (Cardona, 2015)

Dado que el problema abordado corresponde a la merma líquida en una línea de envasado de vinos espumantes, la aplicación de DMAIC permite estructurar el análisis del proceso, establecer una línea base de desempeño, identificar causas raíz y formular una propuesta de implementación orientada a mejorar el control y la eficiencia del sistema.



3.1. DEFINE

3.1.1 Objetivo de la etapa Definir

La etapa Definir tiene como propósito delimitar claramente el problema a abordar, establecer los objetivos del proyecto, identificar los actores involucrados y comprender el proceso productivo desde una perspectiva global. En esta fase se busca asegurar que el problema de la merma líquida sea abordado de manera estructurada, evitando soluciones parciales o basadas únicamente en percepciones operativas.

En el contexto de este trabajo, la etapa Definir se orienta a caracterizar la situación actual del proceso de envasado de vinos espumantes, identificando los puntos críticos donde se generan pérdidas de volumen y donde existen brechas en el control del proceso.

3.1.2 Definición del problema

El problema identificado corresponde a un incremento sostenido del porcentaje de merma líquida en la línea de envasado de vinos espumantes, evidenciado a partir de los registros operacionales históricos. Este aumento no solo representa una pérdida directa de producto terminado, sino que también refleja deficiencias en la gestión del proceso, particularmente en lo relativo a la confiabilidad de las mediciones volumétricas y al control de la variabilidad.

Desde una perspectiva organizacional, el problema no se limita exclusivamente a pérdidas físicas visibles, sino que se asocia a la desalineación entre los distintos puntos de medición del proceso, lo que afecta la trazabilidad del volumen transferido desde Enología hasta el embotellado final. Esta situación genera incertidumbre en los datos utilizados para la toma de decisiones y dificulta la identificación temprana de desviaciones.



3.1.3 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto se centra exclusivamente en la línea de envasado de vinos espumantes, abarcando las etapas comprendidas entre el traspaso del producto desde Enología (TVE), el sistema de medición mediante cuenta-litros, la llenadora y el embotellado final.

La etapa Definir establece que el trabajo se enfoca en el análisis del proceso, la identificación de causas potenciales de merma y el diseño de una propuesta de implementación de mejoras. No se contempla dentro del alcance la ejecución completa de las mejoras en un horizonte de largo plazo, ni la evaluación de resultados operacionales posteriores, dado que estos requieren períodos de observación extendidos.

3.1.4 Identificación de los actores y áreas involucradas

Para el desarrollo del proyecto se identifican como actores relevantes las siguientes áreas:

- **Área de Producción**, responsable de la operación directa de la línea de envasado.
- **Área de Enología**, encargada del traspaso del producto hacia el proceso de embotellado.
- **Área de Mantenimiento**, responsable de la calibración y estado de los equipos de medición y llenado.
- **Área de Aseguramiento de Calidad**, encargada del control de registros, indicadores y cumplimiento de estándares.
- **Jefaturas operacionales**, responsables de la toma de decisiones y priorización de acciones.



La participación coordinada de estas áreas es fundamental para asegurar una visión integral del proceso y evitar enfoques fragmentados en la identificación de causas de merma.

3.1.5 Herramientas utilizadas en la etapa Definir

Durante la etapa Definir se emplean las siguientes herramientas de ingeniería y gestión:

- Diagrama de flujo del proceso, para representar de manera global el ciclo del envase y la ruta del producto.
- Definición de indicadores clave de desempeño (KPI), particularmente el porcentaje de merma líquida.
- Análisis preliminar de datos históricos, con el fin de identificar tendencias generales.

Estas herramientas permiten estructurar el proyecto desde su inicio, estableciendo una base sólida para las etapas posteriores de Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

3.1.6 Entregables de la etapa Definir

Como resultado de la etapa Definir, se establecen los siguientes entregables:

- Definición clara del problema de merma líquida en la línea de envasado.
- Delimitación del alcance y objetivos del proyecto.
- Identificación de los actores y áreas involucradas.
- Representación general del proceso productivo.
- Base conceptual para el desarrollo de las etapas siguientes de la metodología DMAIC.



3.2 MEDIR

3.2.1 Objetivo de la etapa Medir

El objetivo de la etapa Medir es cuantificar el desempeño real del sistema de medición volumétrica del proceso de envasado, estableciendo una línea base del porcentaje de merma líquida pre-embotellado y evaluando la variabilidad existente entre los distintos puntos de control del proceso: TVE, cuenta-litros y estanque de la llenadora.

Esta etapa busca distinguir pérdidas físicas reales de pérdidas aparentes generadas por errores o inconsistencias de medición, sentando las bases para el análisis de causas y la posterior propuesta de mejora.

La merma total considerada incluye tanto pérdidas físicas visibles (fugas, rebalses, sobrellenado), como diferencias acumuladas entre los sistemas de medición (TVE, cuenta-litros y llenadora), así como los volúmenes extraídos para muestreo de calidad. Esta definición permite analizar la merma desde una perspectiva integral de proceso y medición.

3.2.2 Definición de CTQ (Punto Crítico de Calidad)

Para este proyecto, el CTQ principal se define como:

DIFERENCIA VOLUMÉTRICA (%) entre TVE, Cuenta Litros y Llenadora.

Este CTQ es crítico, ya que una desviación elevada entre estos puntos:



- incrementa artificialmente el indicador de merma,
- debilita la trazabilidad del proceso,
- y genera decisiones operativas basadas en datos no confiables.

3.2.3 Definición del indicador de merma líquida

El indicador utilizado se define como:

$$\%Merma = \frac{V_{TVE} - V_{Llenadora}}{V_{TVE}} \times 100$$

Donde:

- V_{TVE} : volumen transferido desde Enología
- $V_{Llenadora}$: volumen disponible en el estanque de la llenadora

Este indicador incluye:

- pérdidas físicas (fugas, rebalses, espuma),
- diferencias acumuladas por error de medición,
- volúmenes no recuperables durante el traspaso.



3.2.4 Plan de medición del proceso

Elemento	Descripción
Variable medida	Volumen de espumante (L)
Puntos de medición	TVE – cuenta-litros – llenadora
Frecuencia	Por lote
Periodo analizado	2023–2025 (36 meses)
Tipo de datos	Registros históricos
Unidad	Litros

Tabla 1 Plan de medición del proceso - Creación Propia

3.2.5 Resultados de medición

A partir del análisis de registros mensuales, se obtiene la siguiente estadística descriptiva del porcentaje de merma líquida pre-embotellado.



% Merma Total Mes	
Numero de meses (n)	36
Merma promedio (%)	1,10%
Merma minima (%)	0,48%
Merma máxima (%)	2,50%
Desviación estándar (%)	0,37%
Coficiente de variación (CV)	33,80%

Tabla 2 Estadística descriptiva merma líquida pre- embotellado Qualivino - Creación Propia

El coeficiente de variación del 33,8 % evidencia una alta dispersión del indicador de merma mensual respecto de su valor promedio, lo que confirma que el proceso presenta una variabilidad significativa y carece de estabilidad estadística. Este comportamiento es incompatible con un proceso controlado y justifica la necesidad de profundizar el análisis de causas en la etapa siguiente.

Para ello, se analizaron registros históricos mensuales correspondientes al período enero de 2023 a noviembre de 2025, considerando el volumen medido por el sistema de cuenta-litros y la merma total registrada en cada mes.



Año	Cuenta Litros (LT)	Merma Total (LT)	% Merma Total Anual
2023	1.659.051	14.931	0,90%
2024	1.852.684	20.380	1,10%
2025	1.807.544	23.498	1,30%

Tabla 3 Resumen mensual de producción y merma líquida (2023-2025) - Creación Propia

Adicionalmente, se identificaron meses con valores de merma significativamente superiores al promedio, los cuales serán considerados como puntos críticos de análisis en la etapa siguiente de la metodología DMAIC, con el fin de identificar las causas que explican dichas desviaciones.

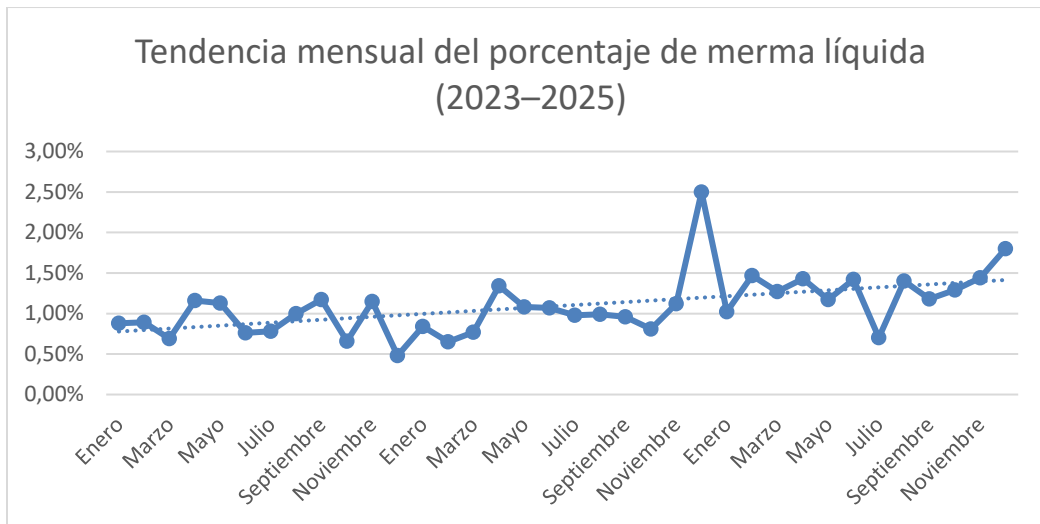


Ilustración 4 Tendencia mensual del porcentaje de merma (2023 - 2025) - Creación Propia.

La Ilustración 4 muestra la evolución mensual del porcentaje de merma líquida durante el período 2023–2025. Se observa una elevada variabilidad del indicador, con fluctuaciones significativas entre meses consecutivos y la presencia de picos aislados de alta magnitud,



destacando el mes de diciembre de 2024. Este comportamiento evidencia la ausencia de estabilidad del proceso y refuerza la necesidad de un análisis estructurado de causas.

3.2.6 Enfoque Six Sigma del desempeño del proceso

Defecto: Lote mensual cuya merma líquida supera el 1,0% objetivo interno de control.

Datos utilizados:

- Total de meses analizados: 36
- Meses con merma > 1,0 %: 18

$$DPMO = \frac{18}{36} \times 1.000.000 = 500.000$$

Un nivel de 500.000 DPMO evidencia un proceso con bajo desempeño Six Sigma, dominado por alta variabilidad y ausencia de control estadístico, reforzando la necesidad de intervenir el sistema de medición y estandarización del proceso.



3.2.7 Línea base del proceso

Con base en los resultados obtenidos, se establece como línea base:

- Merma promedio: 1,10 %
- Variabilidad elevada ($CV > 30 \%$)
- Sistema de medición no alineado
- Proceso no estable ni capaz

Esta línea base será utilizada para evaluar el impacto potencial de las mejoras propuestas en las etapas de Mejora y Control.

3.2.8 Consideraciones sobre muestreo y registro del proceso

En la industria vitivinícola es habitual la aplicación de normas de muestreo, como la NCh N°44, orientadas al control de calidad del producto y a la verificación de características específicas mediante inspección por muestreo. Sin embargo, en el caso del presente estudio, la problemática abordada no se relaciona con la conformidad del producto final, sino con la pérdida volumétrica del proceso pre-embotellado, asociada al traspaso de vino espumante desde Enología hacia la línea de envasado.

Por esta razón, la evaluación de la merma líquida no se realiza mediante esquemas de muestreo normado, sino a partir de registros históricos continuos del proceso, los cuales constituyen la base del sistema de gestión interna de la empresa. Estos registros permiten cuantificar de manera sistemática las diferencias volumétricas entre TVE, cuenta-litros y



estanque de llenadora, y son consolidados periódicamente en indicadores clave de desempeño (KPIs) reportados a la gerencia.

En consecuencia, el análisis desarrollado en la etapa de Medir se sustenta en datos históricos consolidados, coherentes con la práctica habitual de control operacional de la empresa, y alineados con un enfoque de gestión basado en indicadores y mejora continua.



3.3 ANALIZAR

3.3.1 Objetivo de la etapa Analizar

La etapa Analizar tiene como objetivo identificar, priorizar y validar las causas raíz que explican la variabilidad observada en el porcentaje de merma líquida pre-embotellado, así como evaluar la capacidad real del proceso para operar dentro de los límites de desempeño definidos por la organización.

En esta etapa se busca pasar desde una descripción del problema hacia una comprensión causal y cuantitativa, permitiendo distinguir entre variación inherente del proceso y variación asociada a causas especiales, con el fin de focalizar las acciones de mejora en los factores de mayor impacto.

3.3.2 Identificación de causas potenciales (Diagrama de Ishikawa)

Con el propósito de identificar los factores que podrían explicar el aumento sostenido y la alta variabilidad del porcentaje de merma líquida, se elaboró un diagrama causa–efecto (Ishikawa) considerando las principales dimensiones que intervienen en el proceso de envasado de vinos espumantes.

El análisis se estructuró en seis categorías: Equipos, Método/Medición, Operación, Mantenimiento, Personal y Materia Prima, permitiendo visualizar de manera sistemática los factores que pueden contribuir a la generación de pérdidas de volumen.



Ilustración 5 Diagrama de Ishikawa Área Envasado - Creación Propia

Del análisis cualitativo se desprende que una proporción relevante de las causas potenciales se concentra en aspectos asociados a:

- desalineación entre los sistemas de medición volumétrica (TVE, cuenta-litros y llenadora),
- ausencia de estandarización y validación cruzada de mediciones,
- fugas y deficiencias de estanqueidad en la llenadora,
- condiciones operacionales propias del envasado de espumantes, tales como presión, formación de espuma y estabilidad del producto.



Estas observaciones refuerzan la hipótesis de que la merma líquida no responde exclusivamente a pérdidas físicas visibles, sino que se ve amplificada por deficiencias en la gestión de la medición y del control del proceso.

3.3.3 Priorización de causas críticas (Análisis de Pareto)

Con el fin de orientar la propuesta de mejora hacia acciones de mayor impacto, se realizó una priorización de causas mediante el principio de Pareto (80/20), utilizando datos simulados de carácter representativo, construidos a partir del comportamiento observado en industrias vitivinícolas de características similares y de la experiencia profesional previa en procesos de envasado.

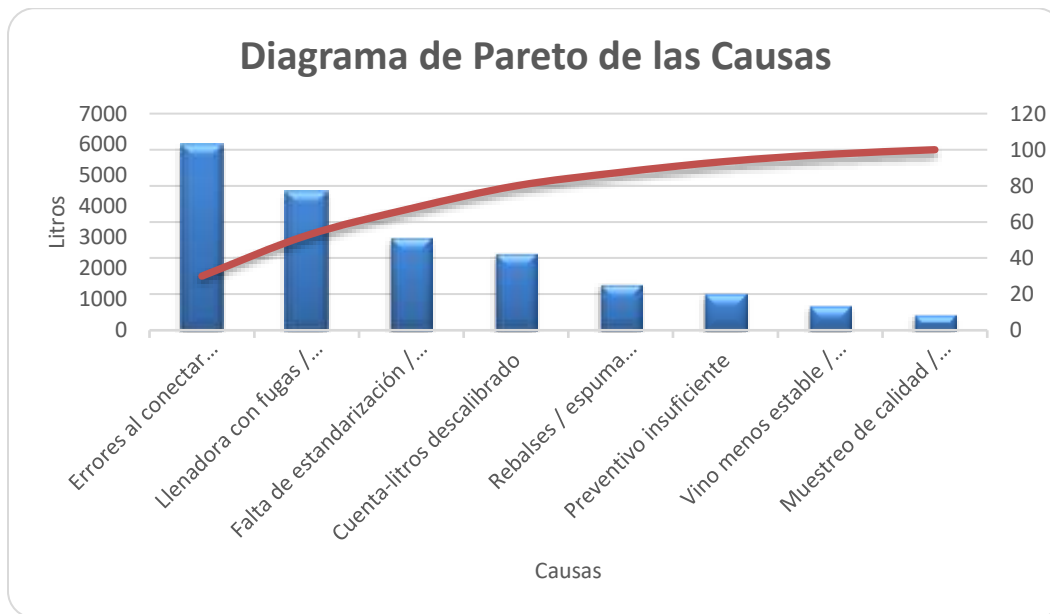


Tabla 4 Diagrama de Pareto de causas de merma - Creación Propia.



El análisis permitió identificar que aproximadamente el 80 % de la merma acumulada se concentra en las siguientes causas:

- errores en la conexión de mangueras y cañerías,
- fugas y conexiones deficientes en la llenadora,
- falta de estandarización y validación cruzada del sistema de medición,
- descalibración del cuenta-litros.

En contraste, causas como el muestreo de calidad y la variabilidad intrínseca del producto presentan una contribución marginal al total de pérdidas. Este resultado confirma que la problemática de la merma no se asocia a una falla puntual aislada, sino a la combinación de deficiencias técnicas, operativas y de gestión, justificando la focalización de las acciones de mejora en un conjunto reducido de causas críticas.

3.3.4 Validación estadística ANOVA

Con el objetivo de validar estadísticamente la influencia del sistema de medición sobre la merma líquida pre-embotellado, se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA), considerando como variable respuesta el porcentaje de merma y como factor de agrupación la condición del sistema de medición (Anexo H).

Se definieron dos grupos: medición alineada ($\Delta TVE\text{-Cuenta Litros} \leq 0,6\%$) y medición desalineada ($\Delta TVE\text{-Cuenta Litros} > 0,6\%$).



Este resultado confirma que la desalineación entre los sistemas de medición constituye una causa crítica del aumento de la merma líquida pre-embotellado, validando cuantitativamente lo identificado previamente mediante el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto.

3.3.5 Evaluación de la capacidad del proceso de merma líquida

Complementariamente al análisis cualitativo y de priorización de causas, se evaluó la capacidad del proceso utilizando el porcentaje de merma líquida como CTQ, considerando los siguientes límites de desempeño:

- **Límite inferior de especificación (LSL): 0 %**
- **Objetivo interno de control: 1 %**
- **Límite superior de especificación (USL): 2 %**

Estos límites corresponden a criterios de eficiencia operativa y control interno, y permiten evaluar si el proceso es capaz de operar de manera estable dentro de rangos aceptables.

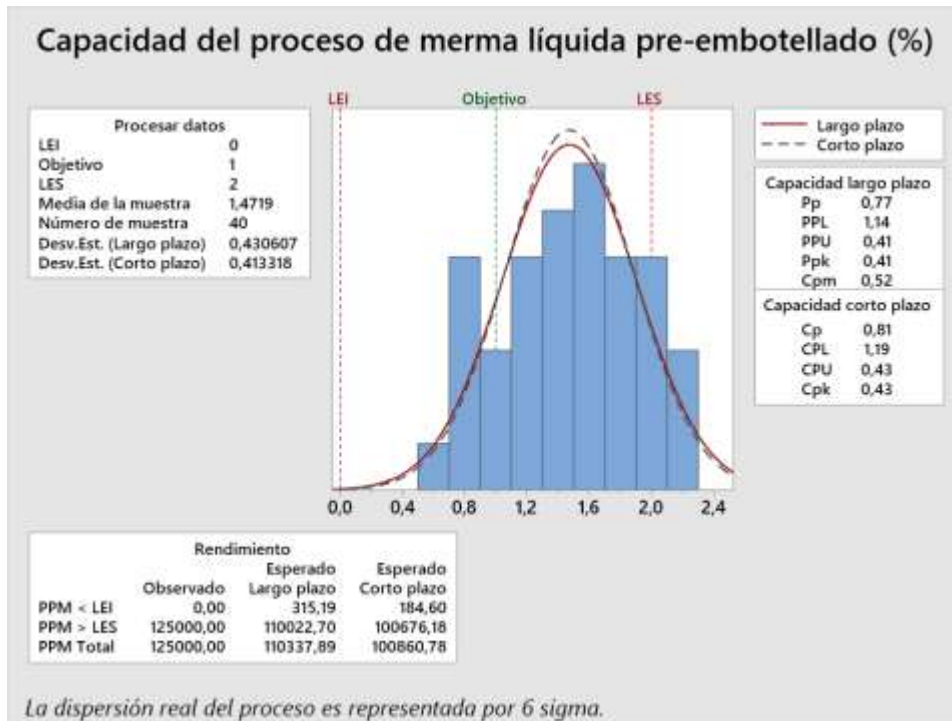


Tabla 5 Análisis de capacidad de proceso de traspaso - Creación Propia Minitab

A partir del análisis de datos por lote, se obtuvieron los siguientes índices de capacidad:

- **Cp = 0,81**
- **Cpk = 0,43**

Los resultados evidencian que el proceso no es capaz de mantenerse consistentemente dentro del rango de especificación definido, presentando además un descentrado significativo hacia el límite superior, lo que indica que la principal fuente de defectos se asocia al exceso de merma.



La capacidad a largo plazo, representada por los índices $Pp = 0,77$ y $Ppk = 0,41$, confirma que esta condición no corresponde a un fenómeno puntual, sino a una característica estructural del proceso en el tiempo. Asimismo, la diferencia entre los índices parciales $CPL = 1,19$ y $CPU = 0,43$ evidencia que la variabilidad crítica se concentra en el lado superior del proceso, coherente con pérdidas físicas y desalineaciones del sistema de medición.

Como métrica complementaria de desempeño, se estimó el nivel sigma del proceso utilizando el porcentaje de lotes dentro de especificación. Considerando que aproximadamente 12,5 % de los lotes supera el USL, el rendimiento es cercano al 87,5 %, lo que corresponde a un nivel de desempeño aproximado del orden de $2,6 \sigma$ (estimación referencial). Esta métrica refuerza la conclusión entregada por Cp/Cpk , indicando un proceso con variabilidad elevada y baja capacidad para cumplir consistentemente los límites internos definidos.

3.3.6 Síntesis del análisis de causas

El análisis integrado del diagrama de Ishikawa, el análisis de Pareto y la evaluación de capacidad del proceso permite concluir que la merma líquida pre-embotellado observada en la línea de envasado de vinos espumantes se explica principalmente por la desalineación entre los sistemas de medición volumétrica, amplificada por deficiencias de estanqueidad y ausencia de estandarización operativa.

Estas condiciones generan una alta variabilidad del CTQ, impiden que el proceso opere dentro de límites controlados y explican la presencia recurrente de lotes con niveles de merma superiores al objetivo interno definido. En consecuencia, las causas críticas identificadas constituyen el foco prioritario para el diseño de la propuesta de implementación en la etapa siguiente de la metodología DMAIC.



3.4 MEJORAR

3.4.1 Objetivo de la etapa Mejorar

La etapa Mejorar tiene como objetivo diseñar una propuesta de mejora técnica y operativa orientada a reducir la merma líquida pre-embotellado, actuando directamente sobre las causas críticas identificadas y validadas en la etapa Analizar.

El foco de esta etapa se centra en la reducción de la variabilidad del proceso, la disminución de desalineaciones del sistema de medición y la prevención de pérdidas físicas y aparentes de volumen, con el fin de mitigar el impacto operacional y económico asociado a la merma.

Es importante destacar que las acciones propuestas corresponden a una propuesta de implementación, no a una ejecución real del proceso, y se plantean como un marco de mejora técnicamente viable y sustentable.

3.4.2 Enfoque y criterios de priorización de las mejoras

La propuesta de mejora se construye a partir de los resultados obtenidos en la etapa *Analizar*, donde se identificaron y validaron como causas críticas del problema la desalineación entre los sistemas de medición, la existencia de fugas y deficiencias de estanqueidad, y la falta de estandarización del proceso de traspaso hacia la llenadora.

Para priorizar las acciones de mejora se consideraron los siguientes criterios:

- impacto directo sobre la reducción del porcentaje de merma líquida,
- capacidad de disminuir la variabilidad del proceso (σ),



- influencia sobre la alineación del sistema de medición (Δ),
- viabilidad técnica y operativa,
- impacto económico asociado al valor del producto perdido.

Dado que el valor del espumante se encuentra en un rango aproximado entre \$750 y \$850 por litro, incluso reducciones parciales de la merma representan un impacto económico significativo, lo que refuerza la necesidad de focalizar las mejoras en aquellas causas con mayor potencial de reducción de pérdidas.

3.4.3 Acciones de mejora propuestas

En base a las causas críticas validadas mediante análisis estadístico y evaluación de capacidad del proceso, se diseñó una propuesta de mejora estructurada, orientada principalmente al sistema de medición, la estandarización operativa y la prevención de pérdidas físicas de volumen.

Las acciones de mejora propuestas se presentan en la Tabla 6, donde se establece la relación entre cada causa crítica, la acción correctiva asociada, la variable que se busca reducir o controlar y el impacto esperado a nivel operacional.



PROPUESTA DE MEJORA			
Causa crítica validada (Analyze)	Acción de mejora propuesta	Variable que se reduce / controla	Impacto esperado (operacional y económico)
Desalineación entre TVE y cuenta-litros	Implementación de validación cruzada sistemática entre TVE y cuenta-litros previo al traspaso hacia llenadora, con registro de diferencias.	Δ TVE–Cuenta-litros (%) Variabilidad del sistema de medición	Disminución de pérdidas aparentes de volumen y reducción de la variabilidad del CTQ. Reducción referencial del 20–30 % de la merma asociada a desalineación de medición.
Desalineación entre cuenta-litros y estanque de llenadora	Estandarización del procedimiento de purgado y estabilización de líneas antes del llenado, definiendo tiempos y volúmenes mínimos.	Δ Cuenta-litros–Llenadora (%) σ del % de merma	Reducción de pérdidas iniciales de producto y mayor estabilidad del proceso. Disminución esperada de la dispersión del indicador de merma.
Fugas y deficiencias de estanqueidad en la llenadora	Incorporación de checklist de estanqueidad previo a cada jornada de operación, enfocado en uniones, mangueras y válvulas críticas.	Pérdidas físicas de volumen/ Eventos de fuga	Prevención de pérdidas físicas no detectadas. Reducción directa de litros perdidos por fallas mecánicas repetitivas.
Falta de estandarización del proceso de traspaso (TVE)	Desarrollo de un procedimiento operativo estándar (POE) para el traspaso desde Enología, incluyendo secuencia, responsables y puntos de control.	Variabilidad operativa del proceso	Disminución de la variabilidad entre lotes y turnos. Mejora en la repetibilidad del proceso y soporte a la mejora del índice Cpk.
Ausencia de control preventivo del sistema de medición	Definición de un plan de verificación periódica del sistema de medición (frecuencia, responsable y criterios de aceptación).	Deriva del sistema de medición/Desalineaciones no detectadas	Prevención de desviaciones progresivas del proceso y reducción del riesgo de incremento sostenido de la merma.

Tabla 6 Propuesta de mejora para merma pre-embotellado - Creación Propia

De manera general, las acciones propuestas buscan reducir las desalineaciones entre los puntos de medición (TVE, cuenta-litros y estanque de llenadora), disminuir la dispersión del indicador de merma y mejorar la repetibilidad del proceso, creando condiciones más estables para la operación del sistema de envasado.

3.4.4 Impacto esperado de la propuesta de mejora

A partir de los antecedentes analizados, se estima que la merma líquida anual del proceso alcanza aproximadamente 13.000 litros, lo que representa un costo directo significativo para la organización. Considerando un valor de producto en el rango de \$750 a \$850 por litro, el



impacto económico anual asociado a la merma se sitúa aproximadamente entre \$9,7 y \$11,0 millones.

La implementación de las acciones propuestas permitiría una reducción referencial del orden del 25 % de la merma asociada a las causas críticas, principalmente aquellas relacionadas con desalineaciones de medición y pérdidas físicas evitables. Bajo este escenario, se estima una recuperación potencial de aproximadamente 3.250 litros por año, equivalente a un impacto económico aproximado entre \$2,4 y \$2,8 millones anuales.

Estos valores corresponden a una estimación referencial, utilizada como criterio de priorización y justificación de la propuesta de mejora, y no representan resultados garantizados de una implementación real.

3.4.5 Relación de la etapa Mejorar con el control del proceso

Las acciones de mejora propuestas se diseñan de manera coherente con un sistema de control posterior, de modo que las variables intervenidas puedan ser monitoreadas en el tiempo. La reducción de desalineaciones de medición, la estandarización de procedimientos y la prevención de fugas constituyen la base para el desarrollo de indicadores y herramientas de control estadístico que se abordan en la etapa *Controlar*, permitiendo asegurar la sostenibilidad de las mejoras propuestas.

3.4.6 Consideraciones de costo y factibilidad de implementación

La propuesta de mejora desarrollada se caracteriza por requerir baja inversión económica, enfocándose principalmente en la estandarización operativa, el fortalecimiento de los



controles de aseguramiento de calidad y la implementación de prácticas de mantención preventiva sobre equipos y líneas críticas del proceso.

En particular, las acciones asociadas a la validación del sistema de medición y a la estandarización del traspaso desde Enología hacia la llenadora se basan en la formalización de procedimientos y responsabilidades ya existentes, sin requerir la incorporación de nuevos recursos humanos. Se propone asignar formalmente la responsabilidad del control del indicador de merma y de la correcta ejecución de los controles definidos a las áreas de Aseguramiento de Calidad y Mantención, fortaleciendo su rol en la supervisión del proceso.

Adicionalmente, se considera la incorporación de actividades de mantención preventiva y revisión sistemática de mangueras, conexiones y equipos críticos, así como la realización de catastros periódicos que permitan identificar oportunamente condiciones de desgaste, fugas o desviaciones operacionales. Estos costos corresponden a insumos y mano de obra habituales dentro de la operación, por lo que se consideran costos operacionales menores y controlables, asociados a prácticas de mantención y calidad ya presentes en la organización.

En este contexto, la implementación de la propuesta resulta altamente factible, ya que no implica inversiones significativas en activos ni aumento estructural de costos, y se sustenta principalmente en una mejor gestión del proceso, lo que permite maximizar el impacto de las mejoras propuestas en relación con el costo de implementación.



3.5 CONTROLAR

3.5.1 Objetivo de la etapa Controlar

La etapa Controlar se diseña en coherencia directa con las acciones propuestas en la etapa Mejorar, asegurando que las variables intervenidas —principalmente la desalineación del sistema de medición, la estanqueidad de equipos y la estandarización operativa— sean monitoreadas de forma sistemática en el tiempo.

El control del proceso se sustenta en la asignación formal de responsabilidades a las áreas de Aseguramiento de Calidad y Mantenimiento, quienes actúan como responsables del seguimiento de los indicadores definidos, la ejecución de revisiones periódicas y la detección temprana de desviaciones en los parámetros internos de merma.

3.5.2 Variables críticas de control

VARIABLES OPERACIONALES

- Conexión y estanqueidad de mangueras y cañerías
- Integridad de sellos y juntas de la llenadora
- Parámetros de presión y temperatura en llenado

VARIABLES DE CONTROL Y GESTIÓN

- Consistencia entre sistemas de medición (TVE – cuenta-litros – llenadora)
- Estado de calibración de instrumentos volumétricos



3.5.3 Indicadores de desempeño (KPIs)

KPI	Descripción	Fórmula	Frecuencia
% Merma líquida	Indicador principal del proyecto	$(\text{Merma total} / \text{Volumen cuenta-litros}) \times 100$	Mensual
Diferencia TVE–Llenadora	Desalineación entre mediciones	Vol. TVE – Vol. Llenadora	Diario
N° eventos de fuga	Incidentes por estanqueidad	Conteo de eventos	Por turno
% equipos calibrados	Estado de control metrológico	Equipos calibrados / total	Trimestral

Tabla 7 Indicadores de desempeño - Creación Propia

Cada indicador definido en esta etapa responde directamente a una acción de mejora propuesta, permitiendo verificar la efectividad de la estandarización del proceso, el control del sistema de medición y la prevención de pérdidas físicas de volumen.

3.5.4 Plan de control del proceso de merma líquida.

Plan de Control								
Variable Crítica	Punto de Control	Método / Instrumento	Frecuencia	Responsable	Límite / Criterio	Registro / Evidencia	Sistema de Seguimiento	Acción Correctiva
% Merma Total	Consolidado mensual	Cálculo estadístico	Mensual	Calidad	Umbral interno (Promedio + 1σ)	Reporte KPI	Seguimiento KPI	Análisis Pareto y revisión de causas (QA)
Δ TVE – Cuenta-litros	Traspaso	Lectura TVE / CL	Por lote	Enología / Calidad	± 0,2 %	Bitácora	Control por lote	Verificación y recalibración
Δ CL – Llenadora	Entrada llenadora	Contadores volumétricos	Diario	Producción	Límite interno definido	Registro producción	Control operativo	Inspección de fugas y seleo
Conexión de mangueras	Antes del traspaso	Checklist visual	Por turno	Operador	100 % conforme	Checklist	Validación previa	No iniciar proceso
Presión y temperatura	Llenado	Manómetro / Termómetro	Por turno	Operador	Rango estándar	Hoja de proceso	Control operacional	Ajuste inmediato
Calibración instrumentos	Equipos	Certificado calibración	Mensual	Mantención	100 % cumplido	Plan calibración	Seguimiento mantención	Bloqueo de equipo

Tabla 8 Plan de control del proceso de merma líquida Qualivino - Creación Propia

3.5.5 Uso de control estadístico (SPC)

Como complemento al plan de control, se propone la utilización de herramientas de Control Estadístico de Procesos (SPC) para el seguimiento del porcentaje de merma líquida. La



aplicación de gráficos de control permitiría identificar oportunamente tendencias, desplazamientos o causas especiales, diferenciándolas de la variabilidad inherente del proceso y facilitando la toma de decisiones preventivas.

En una etapa posterior de implementación, el uso de cartas de control permitiría establecer límites de control estadísticos para el indicador de merma, facilitando la detección temprana de causas especiales y reforzando el enfoque preventivo del sistema de gestión de calidad.

3.5.6 Retroalimentación del sistema

El sistema de control propuesto permite retroalimentar el ciclo de mejora continua, ya que los indicadores definidos pueden ser nuevamente analizados en la etapa Medir ante desviaciones relevantes, reiniciando el ciclo DMAIC y consolidando un enfoque sistemático de gestión de la merma líquida.



CONCLUSIÓN

La aplicación de la metodología DMAIC permitió abordar la problemática de la merma líquida de manera estructurada, asegurando coherencia entre el diagnóstico del problema, el análisis causal, el diseño de una propuesta de mejora y la definición de mecanismos de control. En este contexto, el desarrollo del presente Trabajo de Título permitió analizar la merma líquida pre-embotellado en la empresa ficticia Qualivino Ltda. desde una perspectiva sistemática, aplicando la metodología como marco de mejora continua.

Durante las etapas Definir y Medir se estableció claramente el alcance del problema, delimitando la merma líquida asociada a los traspasos desde Enología hasta el estanque de la llenadora, y caracterizando su impacto operacional y económico. Posteriormente, en la etapa Analizar, el uso combinado de herramientas cualitativas y cuantitativas —como diagramas de Ishikawa, análisis de Pareto, evaluación de capacidad del proceso y análisis de varianza— permitió validar que una parte relevante de la merma no se explica únicamente por pérdidas físicas, sino por la variabilidad del proceso y la desalineación del sistema de medición.

Desde un enfoque cuantitativo, el proceso evidencia un desempeño insuficiente: el análisis de capacidad arrojó $C_p = 0,81$ y $C_{pk} = 0,43$, junto con $P_p = 0,77$ y $P_{pk} = 0,41$, confirmando que el proceso no es capaz de cumplir consistentemente con el rango interno definido ($LSL = 0 \%$, $USL = 2 \%$). En términos de cumplimiento, se observa que aproximadamente 12,5 % de los lotes supera el límite superior de especificación, lo que refuerza la necesidad de estandarizar el traspaso, asegurar la estanqueidad de conexiones y reducir la desalineación del sistema de medición.

En base a estos resultados, la etapa Mejorar se orientó al diseño de una propuesta factible y coherente con la realidad operacional de una viña, priorizando acciones de estandarización,



fortalecimiento del control del sistema de medición, mantención preventiva de equipos y formalización de responsabilidades entre las áreas de Enología, Producción, Aseguramiento de Calidad y Mantención. Estas acciones no requieren inversiones significativas en activos, sino una mejor gestión del proceso, lo que permite maximizar el impacto de la mejora en relación con su costo de implementación.

Finalmente, la etapa Controlar permitió cerrar el ciclo DMAIC mediante la definición de un plan de control del proceso, estableciendo indicadores clave, puntos de control, responsables y acciones correctivas orientadas a asegurar la sostenibilidad de las mejoras propuestas en el tiempo. La asignación formal de responsabilidades y el fortalecimiento del rol de Aseguramiento de Calidad permiten transformar la gestión de la merma desde un enfoque reactivo hacia un modelo preventivo y sistemático, alineado con los principios del control estadístico de procesos y la mejora continua.

Es importante señalar que el presente estudio se desarrolló utilizando datos simulados de carácter representativo, lo que constituye una de sus principales limitaciones, ya que no permite evaluar resultados post-implementación. No obstante, esta condición no invalida el trabajo, dado que su objetivo principal es validar la coherencia metodológica y técnica de la aplicación de DMAIC, así como demostrar la factibilidad de una propuesta de mejora estructurada y defendible desde el punto de vista de la gestión de calidad.

En conclusión, este trabajo evidencia que la correcta aplicación de la metodología DMAIC permite abordar de manera integral problemáticas operacionales complejas, entregando herramientas concretas para la toma de decisiones, la reducción de variabilidad y el fortalecimiento del control de procesos, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de la operación productiva.



Referencias

(BCN), Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (1980, 08 de marzo). *Decreto 138 DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS SOBRE EL IMPUESTO ADICIONAL A LAS BEBIDAS ALCOHOLICAS.*

Cardona, E. &. (2015). Aplicación de la metodología Six Sigma para la disminución del indicador de la merma de envase retornable en la planta de Coca-Cola FEMSA nodo Medellín. Obtenido de Aplicación de la metodología Six Sigma para la disminución del indicador de la merma de envase retornable en la planta de Coca-Cola FEMSA nodo Medellín.

Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2017). *Managing for quality and performance excellence*. Boston: Cengage Learning.

Herrera Acosta, R. &. (2011). *Seis Sigma: Métodos estadísticos y sus aplicaciones*.

Imai, M. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. New York: McGraw-Hill.

Juran, J. M. (1988). *Juran on planning for quality*. New York.

(2020). *Mejora en el proceso productivo para reducir el nivel de merma en la vitivinícola "Don Genaro"*. Universidad Privada del Norte, Lima.



Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to statistical quality control*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Organisation Internationale de la Vigne et du Vin. (2019). *Compendium of international methods of wine and must analysis*. Paris: OIV.

Sánchez Yactayo, E. M. (2020). *Mejora en el proceso productivo para reducir el nivel de merma en la vitivinícola “Don Genaro”*. Lima: Universidad Privada del Norte.



ANEXOS

ANEXO A: Registro mensual de producción y merma líquida (2023–2025)

Año	Mes	% Merma Total Mes
2023	Enero	0,88%
2023	Febrero	0,89%
2023	Marzo	0,69%
2023	Abril	1,16%
2023	Mayo	1,13%
2023	Junio	0,76%
2023	Julio	0,78%
2023	Agosto	1,00%
2023	Septiembre	1,17%
2023	Octubre	0,66%
2023	Noviembre	1,15%
2023	Diciembre	0,48%
2024	Enero	0,84%
2024	Febrero	0,65%



2024	Marzo	0,77%
2024	Abril	1,34%
2024	Mayo	1,08%
2024	Junio	1,07%
2024	Julio	0,98%
2024	Agosto	0,99%
2024	Septiembre	0,96%
2024	Octubre	0,81%
2024	Noviembre	1,12%
2024	Diciembre	2,50%
2025	Enero	1,02%
2025	Febrero	1,47%
2025	Marzo	1,27%
2025	Abril	1,43%
2025	Mayo	1,17%
2025	Junio	1,42%
2025	Julio	0,70%
2025	Agosto	1,40%



2025	Septiembre	1,18%
2025	Octubre	1,29%
2025	Noviembre	1,44%
2025	Diciembre	1,80%

ANEXO B: Tabla completa de Pareto (litros + % acumulado)

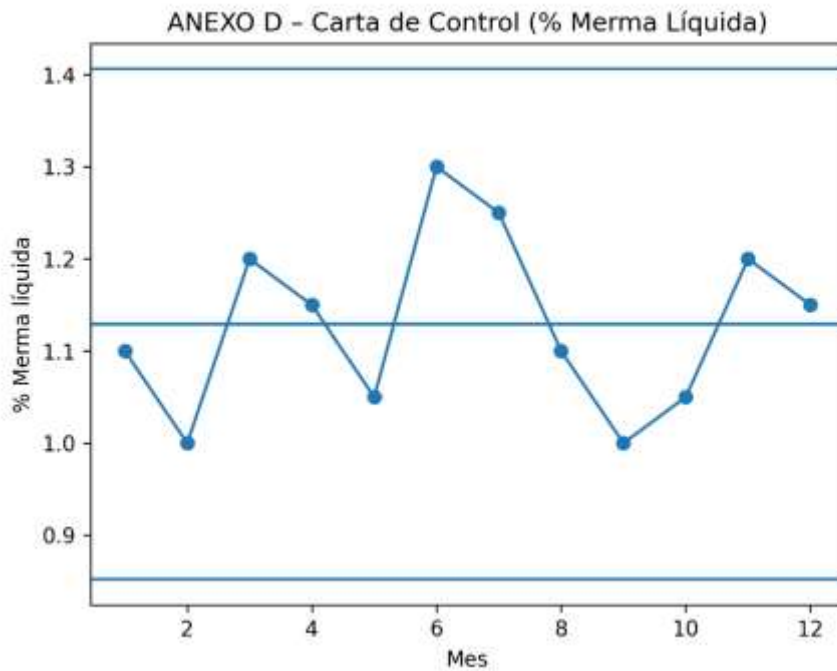
N°	Causa	Litros (L)	%	% Acumulado
1	Errores al conectar mangueras / cañerías	6000	30	30
2	Llenadora con fugas / conexiones débiles	4500	22,5	52,5
3	Falta de estandarización / validación cruzada	3000	15	67,5
4	Cuenta-litros descalibrado	2500	12,5	80
5	Rebalses / espuma (presión / temperatura)	1500	7,5	87,5
6	Preventivo insuficiente	1200	6	93,5
7	Vino menos estable / variación de CO ₂	800	4	97,5
8	Muestreo de calidad / diferencial de llenado	500	2,5	100



ANEXO C: Checklist de conexión de mangueras

CHECKLIST QUALIVINO POR LOTE ENVASADO		Departamento de Calidad - SGC		
		Fecha		
		Lote		
N°	Ítem de verificación	Cumple	No cumple	Observaciones
1	Mangueras correctamente conectadas según diagrama del proceso			
2	Abrazaderas firmes y correctamente ajustadas			
3	Ausencia de fisuras o desgaste visible			
4	Juntas y sellos en buen estado			
5	Válvulas cerradas antes del arranque			
6	Sin fugas en prueba de presión			
7	Conexiones limpias			
8	Producto correcto conectado			
9	Personal capacitado			
10	Registro firmado			

ANEXO D:





ANEXO G: Referencia estándar DPMO – Nivel Sigma.

Referencia estándar DPMO – Nivel Sigma		
Nivel Sigma	DPMO aprox.	Interpretación
6 σ	3,4 DPMO	Excelencia mundial / clase mundial
5 σ	233 DPMO	Proceso muy controlado
4 σ	6.210 DPMO	Buen desempeño industrial
3 σ	66.807 DPMO	Proceso inestable
2 σ	308.537 DPMO	Muy deficiente
1 σ	690.000 DPMO	Caótico

ANEXO H: Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de merma líquida pre-embotellado

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Medición alineada ($\leq 0,6\%$)		15	15,021	1,0014 0,039608829
Medición desalineada ($> 0,6\%$)		25	33,901	1,35604 0,052752957

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (p-value)	
Entre grupos	1,179	1	1,179	24,61	0	
Dentro de los grupos	1,821	38	0,048			
Total		3	39			