

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE ATRACONES EN UN  
HORNO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE  
VIDRIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA**

**Trabajo de Suficiencia Profesional para obtener el título profesional de  
Ingeniera Industrial**

**AUTOR:**

Valeria Ayme Iglesias Gomez

**ASESOR:**

Jose Alan Rau Alvarez

Lima, Setiembre, 2024

## Informe de Similitud

Yo, José Alan Rau Alvarez, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado: "PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE ATRACONES EN UN HORNO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA FABRICANTE DE VIDRIO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA" del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as) Valeria Ayme Iglesias Gomez, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 20%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 17/09/2024
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: LIMA, 18 DE SETIEMBRE DEL 2024

|   |  |
|---|--|
| Apellidos y nombres del asesor / de la asesora:<br>RAU ALVAREZ, JOSÉ ALAN |  |
| DNI: 07602255   | FIRMA:  |
| ORCID: 0000-0003-0928-3994  |  |

## RESUMEN

Los envases de vidrio son un tipo de empaque altamente demandado en diversas industrias. En el Perú por ejemplo, el sector de agroexportaciones muestra sus productos en vidrio por la mejor presentación y confianza que genera. Por su lado, el mercado cervecero peruano también produce una importante cantidad de producto empacado en vidrio.

Para entregar un producto de elevada calidad, las plantas de vidrio deben minimizar sus pérdidas de eficiencia, capacitar a su personal en procedimientos claros y dar estabilidad a su operación, cumpliendo los mayores estándares en seguridad y calidad.

Esta tesis propone, bajo la filosofía de Manufactura Esbelta, mejorar el orden y limpieza de los sitios de trabajo, estandarizar los procedimientos, fortalecer la cultura de mejora continua y acercar la dirección a la operación para minimizar así los errores humanos, reprocesos y desperdicios en general.

En primer lugar, se mencionarán las principales herramientas a utilizarse. Se definirá la Manufactura Esbelta y sus metodologías principales, así como casos de éxito de aplicación en diversas industrias. Posteriormente, se describirá la empresa en la cual se realiza la investigación, sus productos, su proceso productivo, sus principales clientes e indicadores actuales en la operación. Finalmente, a través del análisis y diagnóstico del negocio, se identificará una problemática de gran impacto en planta: Los atracones seccionales por mal corte. A través de un análisis de causa raíz se determinarán 8 causas de atracones y se identificará su impacto y frecuencia. Se propondrán cinco metodologías para obtener un incremento en la productividad de la empresa que ataquen las dos causas principales: El vidrio contaminado por lozas y el error humano en inspección al recibir vidrio externo. Sobre estas propuestas se espera concretar una rentabilidad positiva y una utilidad neta anual de al menos 60 000 PEN.

# Contenido

|  |    |
|--|----|
| Índice de Ilustraciones .....  | v  |
| Índice de Tablas.....  | vi |
| INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| 1. MARCO TEÓRICO.....  | 2  |
| 1.1 Definiciones .....   | 2  |
| 1.1.1 Antecedentes.....  | 2  |
| 1.1.2 Orígenes de la Manufactura Esbelta .....                                 | 3  |
| 1.1.3 Definiciones .....   | 3  |
| 1.1.4 Pensamiento Esbelto .....  | 4  |
| 1.2 Principios de Manufactura Esbelta .....                                    | 5  |
| 1.2.1 Identificar el valor que capta el cliente.....                           | 5  |
| 1.2.2 Mapear cadena o flujo de valor .....                                     | 5  |
| 1.2.3 Crear flujos de valor .....  | 6  |
| 1.2.4 Pull: Produzca lo que el cliente jale.....                               | 6  |
| 1.2.5 Búsqueda de la perfección .....  | 6  |
| 1.3 Herramientas de la Manufactura Esbelta .....                               | 6  |
| 1.3.1 5S.....  | 7  |
| 1.3.2 SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios Rápidos).....              | 9  |
| 1.3.3 TPM (Total Productive Maintenance – Mantenimiento Productivo Total)..... | 9  |
| 1.3.4 Poka Yoke .....  | 11 |
| 1.4 Desperdicios de manufactura .....  | 12 |
| 1.4.1 Sobreproducción.....   | 12 |
| 1.4.2 Defectos.....  | 12 |
| 1.4.3 Inventarios .....  | 12 |
| 1.4.4 Transporte .....   | 12 |
| 1.4.6 Tiempos en espera .....  | 13 |
| 1.4.7 Movimientos innecesarios.....  | 13 |
| 1.4.8 Exceso de procesamiento .....  | 13 |
| 1.5 Herramientas de análisis de procesos .....                                 | 14 |
| 1.5.1 Diagrama de Ishikawa.....  | 14 |
| 1.5.1 Cinco por qué.....   | 14 |
| 1.6 Aplicaciones en la industria .....   | 15 |

|   |    |
|---|----|
| 1.6.1 Caso 1: Incremento de la productividad en una empresa de plásticos mediante<br>Manufactura Esbelta .....                              | 15 |
| 1.6.2 Caso 2: Mejora del proceso productivo de una línea de confecciones en la empresa<br>Emperon SAC a través de Manufactura Esbelta ..... | 17 |
| 1.6.2 Conclusiones .....  | 18 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....  | 19 |
| 2.1 Descripción de la empresa.....  | 19 |
| 2.2 Clientes .....  | 19 |
| 2.3 Productos.....  | 19 |
| 2.4 Procesos .....  | 20 |
| 2.5 Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) .....   | 23 |
| 3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO .....   | 26 |
| 3.1 Descripción del área de estudio .....   | 26 |
| 3.2 Indicadores del área de estudio .....   | 26 |
| 3.2.1 Indicadores de seguridad.....   | 26 |
| 3.2.2 Indicadores de calidad .....  | 27 |
| 3.2.3 Indicadores de producción .....   | 27 |
| 3.2.4 Niveles de producción del proceso principal.....  | 28 |
| 3.3. Definición del problema .....  | 31 |
| 3.4. Análisis de causa raíz.....  | 32 |
| 4. PROPUESTA DE MEJORA .....  | 36 |
| 4.1 Priorización de herramientas a utilizar.....  | 36 |
| 4.2 Integración de las propuestas de mejora.....  | 37 |
| 4.3 Primera Propuesta: 5S.....  | 37 |
| 4.3.1 Organigrama 5S .....  | 38 |
| 4.3.2 SEIRI – Selección .....   | 39 |
| 4.3.3 SEITON – Orden.....   | 40 |
| 4.3.4 SEISO – Limpieza .....  | 41 |
| 4.3.5 SEIKETSU – Estandarización.....   | 42 |
| 4.3.6 SHITSUKE – Disciplina.....  | 42 |
| 4.3.7 Diagrama de Gantt de la Implementación.....   | 43 |
| 4.3.8 Resultados de mejora de la primera propuesta.....   | 44 |
| 4.4 Segunda Propuesta: Trabajo Estándar .....   | 45 |
| 4.4.1 Identificación de procesos principales.....   | 45 |
| 4.4.2 Revisión de procedimientos existentes.....  | 47 |
| 4.4.3 Resultados de mejora de la segunda propuesta.....   | 51 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.5 Tercera Propuesta: Kaizen .....</b>                                       | <b>51</b> |
| <b>4.5.1 Programa Tu idea importa .....</b>                                      | <b>52</b> |
| <b>4.5.2 Resultados de mejora de la tercera propuesta .....</b>                  | <b>53</b> |
| <b>4.6 Cuarta Propuesta: Gemba .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>4.6.1 Gemba y Seguridad: La herramienta <i>Walk and Talk</i> .....</b>        | <b>54</b> |
| <b>4.6.2 Cronograma de visitas a sitio.....</b>                                  | <b>57</b> |
| <b>4.6.3 Resultados de mejora de la cuarta propuesta .....</b>                   | <b>58</b> |
| <b>4.7 Quinta Propuesta: RCA.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>4.7.1 Formato Estándar de RCA.....</b>  | <b>58</b> |
| <b>4.7.2 Gatilladores de RCA.....</b>  | <b>59</b> |
| <b>4.6.3 Resultados de mejora de la quinta propuesta .....</b>                   | <b>60</b> |
| <b>5. EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>   | <b>62</b> |
| <b>5.1 Impacto económico de la implementación de 5S.....</b>                     | <b>62</b> |
| <b>5.1.1 Cálculo de inversión de la implementación de 5S.....</b>                | <b>62</b> |
| <b>5.1.2 Cálculo de ahorro de la implementación de 5S .....</b>                  | <b>63</b> |
| <b>5.2 Impacto económico de la implementación de Trabajo Estándar .....</b>      | <b>64</b> |
| <b>5.2.1 Cálculo de inversión de la implementación de Trabajo Estándar .....</b> | <b>64</b> |
| <b>5.2.2 Cálculo de ahorro de la implementación del Trabajo Estándar .....</b>   | <b>65</b> |
| <b>5.3 Impacto económico de la implementación de Kaizen .....</b>                | <b>67</b> |
| <b>5.3.1 Cálculo de inversión de la implementación de Kaizen.....</b>            | <b>67</b> |
| <b>5.3.2 Cálculo de ahorro de la implementación de Kaizen .....</b>              | <b>68</b> |
| <b>5.3.2.1 Proyecto: Pulmón de aire para burbujeadores en el Horno C.....</b>    | <b>68</b> |
| <b>5.4.1 Cálculo de inversión de la implementación de Gemba .....</b>            | <b>70</b> |
| <b>5.4.2 Cálculo de ahorro de la implementación de Gemba .....</b>               | <b>71</b> |
| <b>5.5 Impacto económico de la implementación de RCA .....</b>                   | <b>71</b> |
| <b>5.5.2 Cálculo de ahorro de la implementación de RCA .....</b>                 | <b>72</b> |
| <b>5.6 Análisis financiero del proyecto.....</b>                                 | <b>73</b> |
| <b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                   | <b>74</b> |
| <b>6.1 Conclusiones .....</b>  | <b>74</b> |
| <b>6.2 Recomendaciones .....</b>   | <b>75</b> |
| <b>Bibliografía .....</b>  | <b>77</b> |
| <b>Anexos .....</b>  | <b>80</b> |

## Índice de Ilustraciones

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1: El sistema de Producción de Toyota (TPS).....                       | 4  |
| Ilustración 2: Ejemplo de la aplicación de la primera S-Seiri.....                 | 7  |
| Ilustración 3: Ejemplo de aplicación de la segunda S-Seiton .....                  | 8  |
| Ilustración 4: Ejemplo de aplicación de la tercera S-Seiso.....                    | 8  |
| Ilustración 5: Ejemplo de Poka Yoke .....  | 11 |
| Ilustración 6: Ejemplo de cinco por qué.....                                       | 15 |
| Ilustración 7: SMED en Inyectoras .....  | 17 |
| Ilustración 8: Productos EVS .....   | 20 |
| Ilustración 9: Diagrama de Flujo EVS.....  | 24 |
| Ilustración 10: Diagrama de flujo de EVS (Reselección, decorado y etiquetado)..... | 25 |
| Ilustración 11: Descripción de etapas del proceso .....                            | 25 |
| Ilustración 12: Tendencia de PTP en planta Lurín.....                              | 28 |
| Ilustración 13: Tendencia de PTP en el Horno B .....                               | 29 |
| Ilustración 14: Tendencia de PTP en el Horno C .....                               | 29 |
| Ilustración 15: Tendencia de retenido en el Horno C .....                          | 30 |
| Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa .....   | 33 |
| Ilustración 17: Atracciones por mal corte .....                                    | 34 |
| Ilustración 18: Envases contaminados por lozas .....                               | 34 |
| Ilustración 19: Organigrama 5S.....  | 38 |
| Ilustración 20: Activación 5S en planta .....                                      | 39 |
| Ilustración 21: Capacitación en 5S.....  | 39 |
| Ilustración 22: Ejercicio de Despeje .....   | 40 |
| Ilustración 23: Antes y Después .....  | 40 |
| Ilustración 24: Mapa de ubicación .....  | 42 |
| Ilustración 25: Formulario de Auditoría 5S .....                                   | 43 |
| Ilustración 26: Pizarra y reporte de auditoría 5S .....                            | 43 |
| Ilustración 27: Flujo de almacenamiento de vidrio .....                            | 46 |
| Ilustración 28: Roles y responsabilidades de JC Glass y Santos .....               | 47 |
| Ilustración 29: Ficha de calidad .....   | 49 |
| Ilustración 30: Procedimiento de inspección .....                                  | 50 |
| Ilustración 31: Formulario de Tu idea importa.....                                 | 52 |
| Ilustración 32: Línea del tiempo del Programa Tu idea importa .....                | 53 |
| Ilustración 33: Proyecto Tu idea importa en Hornos.....                            | 54 |
| Ilustración 34: Formulario Walk and Talk .....                                     | 55 |
| Ilustración 35: Registro de Formulario Walk and Talk .....                         | 56 |
| Ilustración 36: Reporte Walk and Talk .....  | 56 |
| Ilustración 37: Equipo Gemba.....  | 57 |
| Ilustración 38: Formato RCA .....  | 59 |
| Ilustración 39: Gatilladores RCA.....  | 60 |
| Ilustración 40: Tendencia de eventos de falla mayores en EVS.....                  | 61 |

## Índice de Tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Pasos para aplicar TPM .....  | 10 |
| Tabla 2: Resumen de indicadores por línea .....                                      | 30 |
| Tabla 3: Principales problemáticas en el HC .....                                    | 32 |
| Tabla 4: Registro de atoros seccionales .....  | 32 |
| Tabla 5: Causas de atracones.....  | 33 |
| Tabla 6: Causas raíz.....  | 35 |
| Tabla 7: Valorización de herramientas de Manufactura Esbelta .....                   | 36 |
| Tabla 8: Programa de limpieza .....  | 41 |
| Tabla 9: Gantt de implementación de las 5S (en meses).....                           | 44 |
| Tabla 10: Tabla de resultados de la primera propuesta.....                           | 45 |
| Tabla 11: Procedimiento previo y desarrollado para la limpieza del vidrio sucio..... | 48 |
| Tabla 12: Registro de eventos de rechazo de vidrio en Hornos .....                   | 51 |
| Tabla 13: Inversión de la implementación de 5S.....                                  | 62 |
| Tabla 14: Valorización de la reducción de pérdidas de herramientas .....             | 63 |
| Tabla 15: Valorización de la implementación del Trabajo Estándar .....               | 64 |
| Tabla 16: Lotes rechazados a lo largo del 2023 .....                                 | 65 |
| Tabla 17: Reducción de eventos de rechazos .....                                     | 66 |
| Tabla 18: Costos de procesamiento de vidrio en un turno .....                        | 67 |
| Tabla 19: Costos de lanzamiento del programa Tu idea importa .....                   | 68 |
| Tabla 20: Resumen de costos por Proyecto de tanque pulmón .....                      | 70 |
| Tabla 21: Conceptos de inversión RCA.....  | 72 |
| Tabla 22: Flujo de caja.....   | 73 |

# INTRODUCCIÓN

Este trabajo nace bajo la necesidad de entender la caída de eficiencia de una planta productora de envases de vidrio en el mes de enero del 2024. Se busca además, elevar este rendimiento a través de la implementación de un sistema de Manufactura Esbelta que logre establecer una cultura de mejora continua en esta compañía.

La producción de envases de vidrio se realiza de manera continua en las líneas de producción de esta planta, por tanto, la convivencia con problemas crónicos impacta significativamente en la eficiencia global de la planta.

Este proyecto consta de 6 capítulos. El primero muestra el marco teórico en el cual se basa la investigación y posterior implementación. En el segundo capítulo se describe a detalle la empresa en la que se está trabajando. El tercer capítulo muestra el análisis y diagnóstico de la compañía para entender sus principales oportunidades de mejora. El cuarto capítulo está enfocado en la presentación de 5 propuestas de mejora con el detalle de su puesta en marcha. El quinto capítulo evalúa económicamente cada una de estas propuestas detallando sus costos y ahorro de manera individual para luego mostrar un análisis financiero del proyecto. Finalmente, el sexto capítulo entrega las conclusiones y sugerencias totales.

# 1. MARCO TEÓRICO

En este primer capítulo se presentará el marco de referencia conceptual que sostiene el desarrollo del proyecto. Se describirán definiciones, principios y herramientas de la manufactura esbelta, así como los desperdicios de manufactura, algunos casos aplicativos en la industria y herramientas utilizadas en el análisis de procesos.

## 1.1 Definiciones

A continuación, se detallan en los siguientes párrafos antecedentes, orígenes y definiciones relevantes.

### 1.1.1 Antecedentes

De acuerdo con el artículo *Lean Principles* (Kilpatrick, 2003), los principios operativos "Lean" iniciaron en entornos de fabricación y son conocidos por una variedad de sinónimos; *Lean Manufacturing*, *Lean Production*, *Toyota Production System*, etc. Se cree que la Manufactura Esbelta comenzó en Japón, en Toyota, específicamente, pero según el autor, Henry Ford había estado usando partes de *Lean* ya en la década de 1920, ya que uno de los logros más notables para mantener bajo el precio de los productos Ford es el acortamiento gradual del ciclo de producción. Cuanto más tiempo pasa un artículo en el proceso de fabricación y más se desplaza, mayor es el costo final del producto.

La primera vez que se menciona Manufactura Esbelta relacionada a una administración científica es en el libro "The Principles of Scientific Management" (Taylor, 1911). Es aquí donde se enfatiza en la importancia de la estandarización, la eficiencia y la mejora continua en los procesos de producción.

La Manufactura Esbelta es una filosofía de mejoramiento de procesos de manufactura y/o servicios basada en la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor a los procesos. Esto permite alcanzar resultados casi inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio, aumentando el valor de cada actividad ejecutada y eliminando o "mudando" aquellas actividades que no se requieren (Valderrama Díaz & Pampa Tipula, 2018).

En resumen, la Manufactura Esbelta es un enfoque de gestión que se insiste en la eliminación de desperdicios y la maximización de la eficiencia en los procesos de producción, con el objetivo de maximizar el valor para el cliente y mejorar continuamente la calidad y la eficiencia de los procesos de producción.

### **1.1.2 Orígenes de la Manufactura Esbelta**

Womack, Jones y Roos (1990) define su origen como la evolución de la producción artesanal a la producción en masa y, finalmente, a la producción esbelta. La producción en masa tuvo su origen en la producción de autos modelo T de Henry Ford, posterior a la primera guerra mundial, se expandió a todas las industrias y posteriormente tuvo su caída en la segunda guerra mundial con la aparición del sistema de producción de Toyota. Los autores analizan la producción en masa en Estados Unidos y Europa, y cómo Toyota desarrolló un sistema de producción basado en la eliminación de desperdicios y la mejora continua.

Según Rivera (2013), muchas empresas en el mundo han mejorado dramáticamente sus resultados y su competitividad aplicando Manufactura Esbelta.

Tres casos que se pueden mencionar:

- Porsche AG: Rivera menciona que Porsche inició la implementación de Lean a inicio de la década de los 90 y logró duplicar su productividad operativa en un periodo de cinco años. Además, redujo un 90% de piezas defectuosas adquiridas a proveedores.
- Dell Computer: Según el autor, el enfoque de mejora en Dell Computer fue el crecimiento de producción trimestral sostenido entre 3 a 4%. Es decir, en lugar de construir más líneas para generar esta producción, se aumentó el ritmo de producción. La empresa buscó activamente construir capacidades basándose en principios Lean.
- Pratt & Whitney: Es una compañía dedicada a la industria aeroespacial. Como menciona Rivera, en 1996 P&W lanzó su programa ACE (Achieving Competitive Excellence) con la finalidad de fortalecer su cultura de mejora continua y un año después inició el mismo en las plantas de sus proveedores asociados. Este programa se enfocó inicialmente en áreas de ensamble y manufactura, pero rápidamente se diversificó y fue aplicado en áreas de oficina y otros.

### **1.1.3 Definiciones**

La metodología *Lean* (esbelto), según Womack y Jones (2012), consiste en la eliminación de desperdicios aplicando los principios *Lean* para tener un proceso más eficiente en el cual se utilizan menos recursos y se brindan productos de mayor calidad.

Según Liker (2010), Toyota logró la excelencia operacional a través de la aplicación de herramientas y métodos que buscaban la mejora de la calidad, pero para conseguir el éxito fue relevante para Toyota involucrar al personal de la compañía esta nueva filosofía de negocio que se fundamenta en el liderazgo, el trabajo en equipo y la cultura, en una nueva relación con los proveedores y para lograr una organización basado en el aprendizaje.

Cuatrecasas (2009) define Manufactura esbelta como el conjunto de procesos que permite entregar al cliente lo que desee en el momento y cantidad que desee.

### 1.1.4 Pensamiento Esbelto

Taichii Ohno (1988) resalta la importancia de la velocidad en un sistema de producción de Manufactura Esbelta, por ello, en la Ilustración 1, la velocidad es el techo de la casa del Sistema de Producción de Toyota (TPS). Se añade a ello que el objetivo en Manufactura Esbelta es alcanzar un sistema que permita adaptarse a las necesidades del mercado y reducir la variabilidad generada. Los cimientos de la casita del TPS son herramientas de Manufactura Esbelta. Por otra parte, la columna izquierda son elementos de una organización, la columna derecha son elementos más específicos.

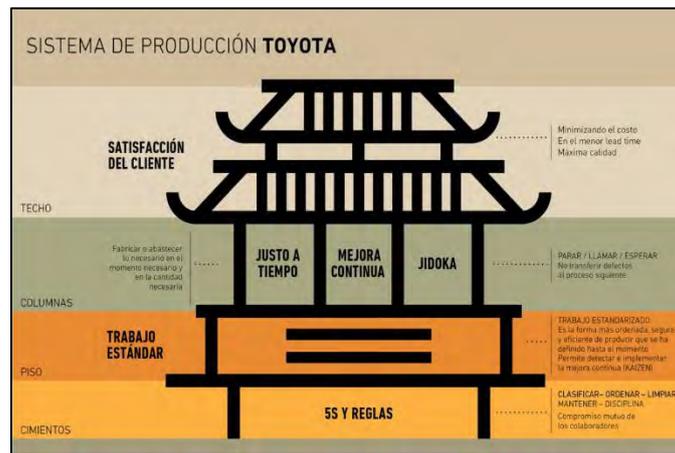


Ilustración 1: El sistema de Producción de Toyota (TPS)

Fuente: Ohno (1988)

A mayor detalle se explicará en el acápite 1.3.

Los principios, reglas y herramientas que conforman la Manufactura Esbelta son los siguientes, estos pueden variar de nombre según los autores:

- VSM: Mapeo de Flujo de Valor

- 5S: Orden y limpieza
- QFD: Despliegue Funcional de la Calidad
- TPM: Mantenimiento Productivo Total
- KANBAN: Herramienta de letreros para mover material
- SMED: Herramienta para disminuir paradas de máquinas.
- KAIZEN: Cultura constante de mejora continua.
- GEMBA: Observación en el lugar donde ocurre el trabajo.
- RCA: Análisis de Causa Raíz.
- TRABAJO ESTÁNDAR: Definición de procedimientos operativos estandarizados.

## **1.2 Principios de Manufactura Esbelta**

En las siguientes líneas se detallarán los principios de la Manufactura Esbelta.

### **1.2.1 Identificar el valor que capta el cliente**

Este punto es el inicio de la Manufactura Esbelta, porque el valor empieza por el productor, aunque el cliente simplemente capta y define el final. La filosofía Manufactura Esbelta empieza con definiendo el valor en términos específicos y directos, siendo el bien y/o servicio a un precio fijado en un determinado momento. Las empresas necesitan entender el valor que el cliente brinda a sus productos y servicios, esto ayuda a poder determinar cuánto dinero está dispuesto a pagar el cliente.

La empresa debe enfocarse en eliminar el desperdicio y el costo de sus procesos de negocios para que al obtener un precio adecuado por el cliente se tenga resultados óptimos y se alcance un mayor beneficio para la empresa.

### **1.2.2 Mapear cadena o flujo de valor**

El principio de este se basa en incluir los registros y análisis del flujo de información o en todo caso de materiales requeridos para realizar la producción de un producto o servicio en específico, con el propósito de identificar el desperdicio y los métodos de mejora continua. El flujo de valor implica todo el ciclo de vida del producto, empezando desde las materias primas hasta su eliminación.

En este principio las empresas deben examinar cada etapa del ciclo productivo para determinar e identificar los residuos. En caso no agregue valor, deberá ser descartada. La filosofía *Lean* recomienda la alineación de la cadena de suministros como parte de este desarrollo.

### **1.2.3 Crear flujos de valor**

Para asegurar que los procesos sean fluidos desde el momento que se recibe un pedido hasta la entrega se deben eliminar las barreras funcionales, con el objetivo de identificar mejoras en el tiempo de entrega. Para la eliminación del desperdicio es importante el flujo. La Manufactura Esbelta tiene como principio la prevención de paros en el proceso de producción y así permitir un sistema balanceado e integrado de procesos, en los que las actividades se muevan a flujo constante.

### **1.2.4 Pull: Produzca lo que el cliente jale**

El sistema “Push”, fue utilizado anteriormente por sistemas de planificación para los recursos de fabricación, en este caso las necesidades de inventario se determinan por adelantado y el producto se fabrica para cumplir con esa previsión. Sin embargo, eran normalmente imprecisos los pronósticos de demanda, lo que al final resultaba con oscilaciones, ya que se tenía un exceso de inventario y una cantidad insuficiente, como consecuencia había una alteración de los programas y muy deficiente servicio al cliente.

A través de la Manufactura Esbelta, este sistema obtuvo un cambio radical, el cual se basa en el sistema “Pull”, esto refiere a que no se compra ni se fabrica nada hasta que haya una demanda específica. Este sistema se basa también en tener una mejor flexibilidad y buena comunicación.

### **1.2.5 Búsqueda de la perfección**

La Manufactura Esbelta tiene como concepto la perfección pero basada en la mejora continua, lo cual implica a encontrar las causas fundamentales de los problemas de calidad, así como buscar y eliminar los residuos en toda la cadena de valor.

## **1.3 Herramientas de la Manufactura Esbelta**

La Manufactura Esbelta se fundamenta en las siguientes herramientas para su implementación: 5S, SMED, TPM y Poka Yoke.

### 1.3.1 5S

La herramienta de las 5S, según Arrieta (1999), por su sencillez, es de aplicación para toda organización, la cual logra tener estaciones de trabajo seguras, organizadas y sin suciedad. Menciona que el objetivo principal es que las personas sean más eficientes y trabajen uniformemente logrando reducir defectos, mejorar plazos de entrega, mejorar los mantenimientos, mayor seguridad y productividad.

¿Cómo funciona la herramienta?

Arrieta menciona que son 5 pilares con términos que inician con la “S” en japonés, se detallan a continuación:

#### SEIRI – Selección

La primera S se trata de tener en el área de trabajo solamente los elementos que sirven para las funciones del puesto y no generan estorbos, accidentes o espacio ocupado innecesariamente. La aplicación de esta S comprende la separación de lo que sirve de lo que no sirve, mantener lo necesario y eliminar sobrantes (Rajadell, 2010). Como se observa en la Ilustración 2, luego de una inspección, se mantienen solamente las herramientas necesarias para el puesto de trabajo.



Ilustración 2: Ejemplo de la aplicación de la primera S-Seiri

Fuente: Rajadell (2010)

#### SEITON – Orden

Según Sacristán (2005), la segunda S se trata de “establecer normas de orden para cada cosa... Situamos los objetos/herramientas de trabajo en orden, de tal forma que sean fácilmente accesible para su uso, bajo el eslogan de un lugar para cada cosa, cada cosa en su lugar”. En la Ilustración 3 se observa un ejemplo claro de orden, un estante con archivos clasificados de manera que resulta fácil buscar entre ellos.



Ilustración 3: Ejemplo de aplicación de la segunda S-Seiton

Fuente: Sacristán (2005)

### SEISO – Limpieza

Según Rajadell (2010), una de las frases que representa mejor Seiso es “Limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir”, esto debido a que muchos de los problemas que se encuentran están escondidos debajo de escombros o suciedad y es importante tomar medidas para solucionar. Un ejemplo está en la ilustración 4, en la que se muestra un extractor para las partículas del trabajo que se realiza.



Ilustración 4: Ejemplo de aplicación de la tercera S-Seiso

Fuente: Rajadell (2010)

### SEIKETSU – Estandarización

La estandarización es utilizada para mantener las 3S anteriores, en especial la S de limpieza, utilizando controles visuales. Con la estandarización, además, se logra diferenciar entre una situación normal de otra subestándar. Ejemplo de esto son las marcas, delimitaciones y rotulaciones. (Sacristán, 2005)

### SHITSUKE – Disciplina

De igual manera, Sacristán (2005) menciona que la última S se trata realizar constantemente un seguimiento de manera que se vuelva cotidiano, manteniendo así todo lo logrado previamente.

### **1.3.2 SMED (Single Minute Exchange of Die – Cambios Rápidos)**

SMED es una metodología desarrollada por Shigeo Shingo (1985) que se enfoca en reducir el tiempo necesario para realizar cambios de herramientas y configuraciones en un proceso de fabricación. El objetivo es minimizar los tiempos de inactividad y lograr cambios rápidos, lo que a su vez aumenta la flexibilidad de producción y permite una mayor capacidad de respuesta a la demanda del mercado.

Gonzales (2007) indica que el concepto de SMED se basa en dos tipos de actividades: las actividades externas y las actividades internas. Las actividades externas son aquellas que se pueden realizar sin interrumpir la producción, mientras que las actividades internas requieren detener la producción. El enfoque principal del SMED es reducir las actividades internas y convertirlas en actividades externas siempre que sea posible.

Para lograr esto, se aplican diversas técnicas y principios, como:

**Separación de actividades:** Identificar y separar las actividades que se pueden realizar antes y después del cambio, de manera que se puedan llevar a cabo mientras la máquina está en funcionamiento. Por ejemplo, preparar herramientas y equipos de antemano o realizar inspecciones previas.

**Estandarización:** Definir procedimientos y secuencias de cambio de herramientas estandarizados, de modo que se elimine la variabilidad y se optimice el proceso.

**Uso de elementos rápidos:** Utilizar dispositivos y herramientas diseñados específicamente para facilitar los cambios rápidos, como sistemas de acople rápido, preajustes o sistemas de sujeción rápida.

**Reducción de ajustes:** Minimizar los ajustes manuales necesarios durante el cambio de herramientas, buscando formas de automatizar y simplificar los procesos.

**Mejora de la comunicación y coordinación:** Fomentar una comunicación efectiva entre los miembros del equipo y promover la colaboración para agilizar los cambios.

### **1.3.3 TPM (Total Productive Maintenance – Mantenimiento Productivo Total)**

TPM es una metodología creada por el JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) para lograr maximizar la eficiencia, confiabilidad y vida útil de los equipos, así como minimizar las fallas, los

tiempos de inactividad y los costos asociados. Además, genera un involucramiento en conjunto de todos los trabajadores respecto al mantenimiento autónomo. (Suzuki, 1995)

Tokutaro Suzuki menciona que usualmente se usan 4 fases para implementar TPM en una empresa, sin embargo, se puede descomponer en 12 pasos, los cuales son mencionados en la Tabla 1.

Tabla 1: Pasos para aplicar TPM

| <b>Paso</b>  | <b>Puntos clave</b>   |
|--|---|
| <b>Preparación</b>   |   |
| 1. Anuncio formal de la decisión de introducir el TPM                                  | La alta dirección anuncia su decisión y el programa de introducción del TPM en una reunión interna; publicidad en revista de la empresa, etc.   |
| 2. Educación sobre TPM introductoria y campaña de publicidad                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección superior: grupos de formación para niveles específicos de dirección</li> <li>• Empleados: cursos, diapositivas, ejemplos, etc.</li> </ul>                |
| 3. Crear una organización para promoción interna del TPM                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comité de dirección y subcomités especializados</li> <li>• Oficina de promoción del TPM</li> </ul>   |
| 4. Establecer los objetivos y políticas básicas TPM                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer líneas de actuación estratégica y objetivos</li> <li>• Prever efectos</li> </ul>  |
| 5. Diseñar un plan maestro para implantar el TPM                                       | Desde la fase de preparación hasta la postulación para el Premio PM   |
| <b>Introducción</b>  |   |
| 6. Introducción lanzamiento del proyecto empresarial TPM                               | Invitar a clientes, filiales, y subcontratistas   |
| 7. Crear una organización corporativa para maximizar la eficacia de la producción      | Perseguir hasta el final la eficacia global de la producción  |
| 7-1 Realizar actividades centradas en la mejora  | Actividades de equipos de proyectos y de pequeños grupos en puntos de trabajo   |
| 7-2 Establecer y desplegar programa de mantenimiento autónomo                          | Proceder paso a paso, con auditorías y certificando la superación de cada paso  |
| 7-3 Implantar un programa de mantenimiento planificado                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento correctivo</li> <li>• Mantenimiento con parada</li> <li>• Mantenimiento predictivo</li> </ul>  |
| 7-4 Formación sobre capacidades para mantenimiento y operación correctos               | Educación de líderes de grupo que después forman a miembros de grupos   |
| 8. Crear un sistema para la gestión temprana de nuevos equipos y productos             | Desarrollar productos y equipos fáciles de usar y mantener  |
| 9. Crear un sistema de mantenimiento de calidad  | Establecer, mantener y controlar las condiciones para el cero defectos  |
| 10. Crear un sistema administrativo y de apoyo eficaz: TPM en departamentos indirectos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la eficacia de los departamentos de apoyo a producción</li> <li>• Mejorar y agilizar las funciones administrativas y el entorno de oficinas</li> </ul> |
| 11. Desarrollar un sistema para gestionar la salud, la seguridad y el entorno          | Asegurar un entorno de trabajo libre de accidentes y polución   |
| <b>Consolidación</b>   |   |
| 12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos legales         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Postular para el Premio PM</li> <li>• Contemplar objetivos más elevados</li> </ul>   |

Fuente: Suzuki (1995)

### 1.3.4 Poka Yoke

El término Poka Yoke proviene del japonés y significa "a prueba de errores" o "a prueba de equivocaciones". Se trata de una técnica utilizada en la ingeniería industrial para prevenir errores humanos y defectos en los procesos de producción. El objetivo principal del Poka Yoke es diseñar sistemas que eviten o detecten automáticamente los errores antes de que se conviertan en problemas costosos (Gutiérrez & De La Vara, 2009).

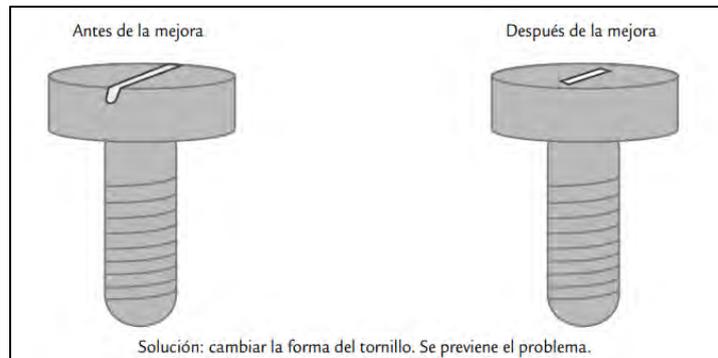


Ilustración 5: Ejemplo de Poka Yoke

Fuente: Gutiérrez & De La Vara (2009)

Como se puede observar en la ilustración 5, los usos del Poka Yoke muchas veces son simples pero con un impacto sustancial, como cambiar la forma del tornillo que elimina un problema crónico como el deslizamiento del destornillador por la ranura.

#### Tipos de Poka-Yoke

El Poka yoke puede ser clasificado en 4 tipos los cuales son descritos según el blog de Mecalux (2020) como los siguientes:

**Secuencial:** Consiste en mantener intacto un orden o secuencia específica en un proceso. Si este orden no se respeta, la tarea no puede considerarse completa y, como resultado, resulta imposible avanzar hacia el siguiente paso del proceso.

**Informativo:** Proporcionar información de manera clara, simple y directa ayuda a los operarios a llevar a cabo diversas tareas sin cometer errores.

**Agrupado:** La práctica implica la creación de conjuntos que contengan todos los materiales y componentes necesarios para llevar a cabo una operación específica. De esta manera, los trabajadores

no necesitan perder tiempo buscando los materiales requeridos, ya que los tienen disponibles de antemano en un conjunto.

Físico: Se refiere a modificaciones realizadas en la funcionalidad de determinados dispositivos con el propósito de evitar errores. Por ejemplo, en el caso de lavadoras o microondas que utilizamos en nuestros hogares, no se activan hasta que las puertas estén completamente cerradas o se siga una secuencia específica (como seleccionar la temperatura, los minutos, el programa, etc.).

## **1.4 Desperdicios de manufactura**

Seguidamente se detallarán los tipos de desperdicios de manufactura detallados en la bibliografía estudiada.

### **1.4.1 Sobreproducción**

La sobreproducción es un desperdicio de manufactura que consume recursos y genera costos innecesarios. Se trata de producir mayor cantidad de lo requerido por los clientes. Según Ohno (1988), la sobreproducción es el "padre de todos los desperdicios". El enfoque Lean busca eliminar este desperdicio mediante la producción justa a tiempo y la eliminación de actividades que no agreguen valor, como lo indican Womack y Jones en su libro *Lean Thinking* (2003).

### **1.4.2 Defectos**

Los defectos son aquellos productos, o partes en proceso que no logran cumplir los requerimientos mínimos solicitados por los clientes internos o externos. Los defectos o bien son descartados o bien son reprocesados, generando en ambos casos pérdidas en materiales, mano de obra y energía para el negocio.

### **1.4.3 Inventarios**

Los inventarios son un desperdicio común en la manufactura que consume recursos y genera costos innecesarios especialmente en almacenamiento. El inventario como desperdicio se evidencia al almacenar cantidades prescindibles de materias primas, material en proceso o productos terminados.

### **1.4.4 Transporte**

Según Liker y Franz (2020), el transporte es uno de los siete tipos de desperdicios de la manufactura y se puede definir como "el movimiento de materiales o productos terminados que no agrega valor al

producto final". Además, Imai (1997) señala que "el transporte interno es el resultado de una mala disposición de la fábrica y de la mala planificación de la producción", lo que puede llevar a una pérdida de tiempo y recursos.

#### **1.4.5 Recursos mal utilizados**

El talento mal utilizado es un tipo de desperdicio en la manufactura que puede pasar desapercibido pero que tiene un impacto significativo en la eficiencia y la calidad del proceso productivo. Según Shingo (1985), el talento mal utilizado se refiere a la falta de utilización de la capacidad intelectual y creativa de los trabajadores en el proceso productivo. Además, Womack y Jones (2003) señalan que el talento mal utilizado puede afectar la motivación y la satisfacción de los trabajadores, lo que a su vez puede impactar en la calidad y la eficiencia del proceso productivo.

#### **1.4.6 Tiempos en espera**

Según Shingo (1985), las esperas son una forma de desperdicio que se puede definir como "tiempo durante el cual un producto se encuentra inactivo esperando a que se realice algún proceso o actividad". Además, Liker y Franz (2020) señalan que las esperas son una consecuencia de la falta de flujo continuo en el proceso productivo.

Para eliminar el desperdicio de esperas, la metodología Lean propone la identificación y eliminación de los cuellos de botella, como sugiere Monden (1993) al afirmar que "la eliminación de los cuellos de botella en la producción puede mejorar significativamente la eficiencia y reducir los tiempos de espera".

#### **1.4.7 Movimientos innecesarios**

Según Shingo (1985), los movimientos innecesarios se pueden definir como "movimientos que no agregan valor al proceso de producción". Liker y Franz (2020), además, señalan que los movimientos innecesarios pueden ser causados por la falta de ergonomía en el diseño del puesto de trabajo. Para eliminar este tipo de desperdicio, la bibliografía propone la optimización del diseño del puesto de trabajo y la eliminación de actividades que no agreguen valor.

#### **1.4.8 Exceso de procesamiento**

El exceso de procesamiento se refiere a los procesos a los que es sometido el producto o las partes que no agregan valor final. Esto se origina principalmente cuando los procesos no se revisan y ni optimizan,

de manera que se repiten acciones que, de ser analizadas y estar estandarizadas, serían innecesarias. La clave está en erradicar todo aquello que no afecta favorablemente a la calidad del producto o servicio.

## **1.5 Herramientas de análisis de procesos**

A continuación, se describirán dos de las principales herramientas de análisis de procesos: El diagrama de Ishikawa y Los cinco por qué.

### **1.5.1 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa o espina de pescado es una herramienta utilizada para identificar las posibles causas de un problema central, que puede ser usado también para mejorar procesos y recursos en cualquier tipo de organización. (Burgasí Delgado, Cobo Panchi, Pérez Salazar, Pilacuan Pinos, & Rocha Guano, 2021)

En 1943 Kaoru Ishikawa creó este diagrama, en razón a quién se bautiza la técnica. El diagrama de Ishikawa fue especialmente utilizado en entornos industriales para verificar la dispersión en la calidad de productos y procesos. (Ishikawa, 1994)

La ejecución del diagrama de Ishikawa requiere una serie de pasos que serán detallados a continuación:

1. Definición del problema a estudiar.
2. Estudio del proceso involucrado a través de la observación, documentación e intercambio de ideas con el personal involucrado.
3. Ejecutar una reunión con las personas involucradas en el proceso y discutir el problema, es importante animar a todos a expresar sus ideas sin prejuicios de por medio.
4. Una vez recopilada toda la información, organizar las causas en las 6 categorías propuestas por el autor: máquina, material, mano de obra, medio ambiente, método o medición.
5. En consenso con el equipo, decidir las causas más importantes a analizar para lograr el objetivo que se desee lograr. En ellas, ejecutar los cinco por qué.

### **1.5.1 Cinco por qué**

Los cinco por qué son una herramienta de análisis basada en realizar preguntas para explorar las relaciones causa-efecto que generan un problema en particular. Su objetivo final es determinar la causa

raíz de un defecto o problema. Taiichi Ohno describe cinco por qué como el centro de la metodología TPS:

“La base del enfoque científico de Toyota es preguntar cinco veces por qué cada vez que encontramos un problema... Al repetir por qué cinco veces, la naturaleza del problema y su solución quedan claras. La solución, o el procedimiento, se designa como “1H”. Por tanto, Cinco por qué equivales a un cómo (5W=1H)” (Ohno, 1988).

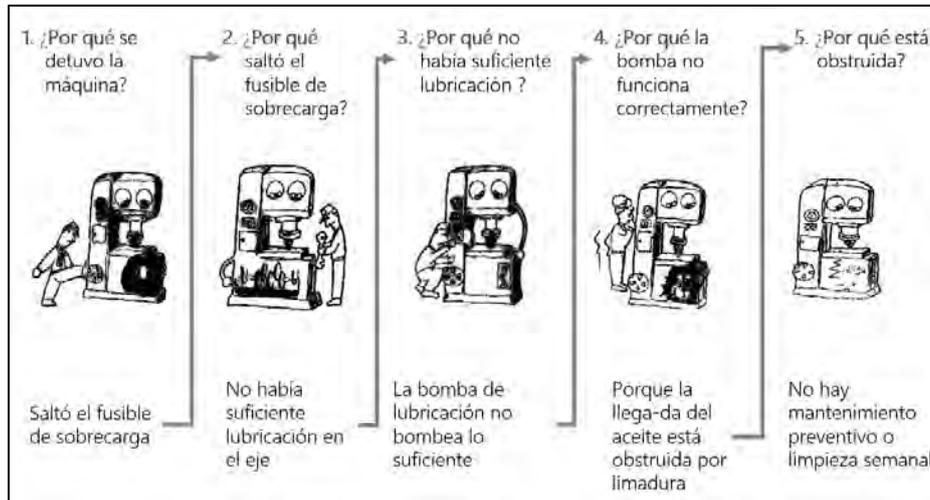


Ilustración 6: Ejemplo de cinco por qué

Fuente: Bautista (2022)

Como se puede observar en la ilustración 6, las causas raíz no siempre son evidentes y muchas veces requieren la implementación de planes de acción más complejos para evitar la reaparición del problema.

## 1.6 Aplicaciones en la industria

En el siguiente apartado se analizarán 2 casos de implementación de distintas herramientas de mejora continua en empresas de manufactura con resultados favorables.

### 1.6.1 Caso 1: Incremento de la productividad en una empresa de plásticos mediante

#### Manufactura Esbelta

En las siguientes líneas se revisará la tesis de Sarmiento (2018) titulada “Incremento de la productividad en el área de producción de la empresa Mundiplast mediante un sistema de producción esbelto”.

En primer lugar, para poder tener un panorama más claro sobre la problemática que se tuvo, se comenzó por llevar un análisis de cómo se encontraba el estado de la compañía y se optó por realizar un diagrama

de Ishikawa para conocer en qué lugar del área de producción de la empresa se originaban los mayores desperdicios. En este estudio se evaluaron factores como mano de obra, maquinaria, material, medio ambiente, método de trabajo y materia prima. Del mismo modo se utilizó otra herramienta de calidad como lo es el diagrama de Pareto aplicado a un reporte de defectos y se pudo conocer que las máquinas que originaban la mayor cantidad de defectos eran las sopladoras #2 y #4 que daban un 19.7% y 4.1% respectivamente de productos no conformes.

Dentro de las herramientas de Manufactura Esbelta que el autor trató se detallan las 5Ss, SMED y TPM. A través de las 5Ss se buscó crear procedimientos de orden y limpieza y trabajar en la estandarización de procesos en las siguientes áreas del proceso: Materias primas, Maquinado, Moldura y Ensamblaje. Durante el desarrollo de la metodología se evidenció que en un principio no se tenía una buena visualización de la distribución los equipos y herramientas de trabajo. Por otro lado, en base a la creación de estándares visuales, auditorías y disciplina del equipo, se logró elevar el cumplimiento de limpieza en las cuatro áreas antes mencionadas dando un resultado promedio inicial de 28.8% a finalmente 85.6% luego de la implementación de las 5S.

La segunda herramienta aplicada fue SMED. Esta metodología se desarrolló específicamente en las máquinas inyectoras y sopladoras, ambas parte del proceso de maquinado. Antes de la aplicación, el montaje y desmontaje de estas máquinas implicaba la manipulación de distintas herramientas. Para su estudio, se dividieron los procesos en montaje y desmontaje, diferenciando si se da con máquina en movimiento o parada respectivamente. La correcta aplicación de SMED, identificando actividades internas y externas y aplicando controles y pre-trabajos logró la reducción, como se observa en la Ilustración 6, de 6 minutos en el proceso de montaje con máquina parada. A su vez, se optimizaron 18 minutos en el proceso de desmontaje en máquina en movimiento, un minuto en el desmontaje con máquina parada y finalmente 7 minutos en el montaje en máquina en movimiento.

La tercera metodología implementada fue TPM. La base de esta metodología fueron las 5S inicialmente implementadas, permitieron identificar fallas y fugas en las máquinas de inyección y soplado. El monitoreo del OEE visibilizó la mejora de 78.37% a 88.32% en el caso de la máquina inyectora y de un 75.17% a 86.66% con relación a la máquina sopladora.

Para finalizar, el autor concluye que estas mejoras se lograron implementar gracias a la robustez del diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto previamente generados, que mostraron las áreas críticas con mayores problemas a nivel producción al igual que las máquinas específicas con mayores desperdicios asociados.

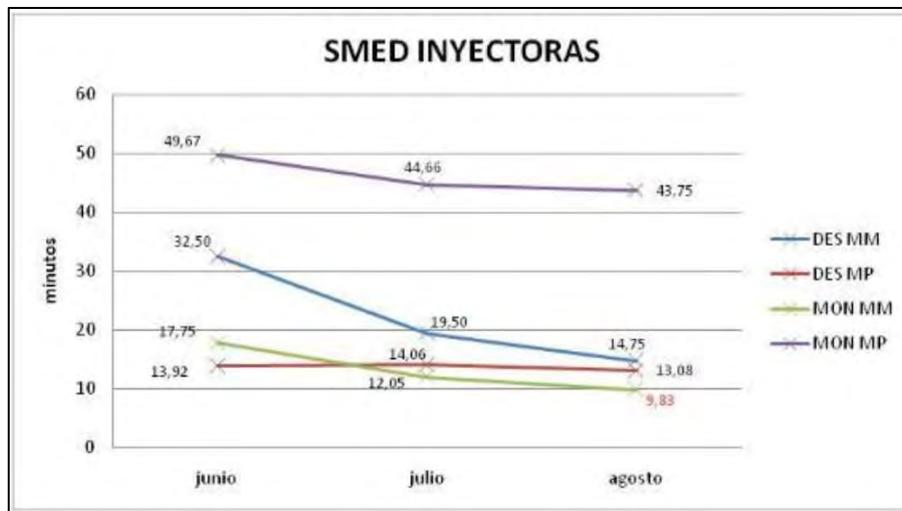


Ilustración 7: SMED en Inyectoras

Fuente: Sarmiento (2018)

### 1.6.2 Caso 2: Mejora del proceso productivo de una línea de confecciones en la empresa Emperon SAC a través de Manufactura Esbelta

Este caso es desarrollado por Távora (2017), en su tesis denominada “Propuesta de mejora del proceso productivo en la sociedad Empercon S.A.C a través de herramientas esbeltas”. Este estudio tuvo por objetivo general llevar a cabo un plan de mejora del proceso productivo, mediante las herramientas esbeltas. Los problemas que el autor pudo evidenciar fueron las pérdidas y retrasos en los tiempos de entrega a causa del desorden presente en su centro de trabajo, así como la falta de capacitación por parte del personal que generaba una disminución en la productividad y que conlleva al excesivo tiempo en confeccionar una prenda. Del mismo modo, se suma una inadecuada gestión en la producción puesto que no se lleva a cabo un control óptimo en relación a los pedidos que se toman, las cantidades salientes y entrantes de cada tipo de producto, además de los registros de las unidades falladas de cada producto. Una vez identificados todos estos problemas por medio de una recolección de datos, el autor sugirió implementar una serie de herramientas de mejora continua dentro de las cuales se encuentran: una nueva

distribución del área de recorrido por medio del método de Guerchet, capacitaciones al personal en donde se explicaría correctamente los pasos a seguir en los procesos y finalmente, la implementación de las 5S para evitar y eliminar los desperdicios y el desorden con los cuales convivía la compañía. De esta forma, se lograron estandarizar diferentes formatos de control y seguimiento adecuados. Dentro de los resultados esperados, se consiguió elevar la producción mensual inicial con tres operarios de 1344 unidades al mes a producir 1920 unidades mensualmente. En relación al tiempo del ciclo, se evidencia una reducción de cerca del 80%, al pasar de 1549 a 360 segundos. Finalmente, la utilización de la compañía, que se encontraba inicialmente en 67% se incrementa a 97% gracias a las mejoras.

El autor concluye que por medio de las herramientas esbeltas implementadas se pudieron obtener resultados valiosos para la compañía, en tal sentido que se logró un incremento en la productividad de la mano de obra, así como un aumento de la capacidad de producción y que se espera que este tipo de trabajo sirva como lineamientos futuros para otras áreas que deseen obtener mejores resultados.

### **1.6.2 Conclusiones**

En primer lugar, se observa que un diagnóstico inicial fidedigno, basado en data real e histórica, será pilar para el monitoreo y posterior muestra de la mejora. Los sistemas de información deben ser maduros. En segundo lugar, se evidencia que la elección correcta de herramientas de mejora continua en cada una de las oportunidades de mejora identificadas es crucial para el éxito de la empresa. El compromiso de la gerencia y una correcta gestión de cambio son también importantes en el proceso de implementación. Finalmente, se concluye que una correcta implementación de las herramientas esbeltas puede entregar alto valor a la compañía en la que el proyecto se desarrolle.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

En este segundo capítulo se presentará la empresa estudiada junto a sus clientes, productos, organización y proceso productivo.

### **2.1 Descripción de la empresa**

EMPRESA VIDRIO SAC (EVS) es una empresa manufacturera de vidrio que inició sus actividades económicas en el Perú en marzo de 1965 y actualmente cuenta con dos plantas: Pampas y Cristal. Cada una de estas plantas cuenta con un gerente de manufactura que a su vez reporta a un gerente regional. Según se indica en su página web (2024), EVS es parte de una compañía norteamericana con presencia en cerca de 80 países en el mundo y que se posiciona como el mayor productor de envases de vidrio en el mundo.

EVS tiene como actividad principal la fabricación y comercialización de envases de vidrio; es decir está alineado con la clasificación industrial internacional uniforme (CIIU), dentro de la cual tiene asignado el CIIU 231.

Fabrica principalmente envases de alimentos y de bebidas: alcohólicas y no alcohólicas, los cuales abastecen grandes marcas y compañías como Backus, Lindley, entre otros. En la actualidad, EVS afirma que aproximadamente uno de cada dos envases de vidrio de toda la producción mundial está fabricado por EVS, sus filiales, o sus empresas licenciadas.

### **2.2 Clientes**

EVS cuenta con una amplia cartera de clientes nacionales e internacionales, entre los principales destacan:

- o Cartavio
- o Backus
- o Danper

### **2.3 Productos**

Como se mencionó anteriormente, el producto de EVS son envases de vidrio, los cuales se fabrican mediante la mezcla de elementos como arena de sílice, carbonato de sodio, piedra caliza, vidrio reciclado picado y fuego.

Desde 1965, cuando EVS inició sus operaciones en Perú (EMIS, 2024), la seguridad y calidad han sido tomadas como valores vitales de la empresa. Por eso, luego de la formación de envases, los mismos pasan por un proceso de inspección automatizado en el cual se retiran de la línea aquellos envases que presentan defectos, los cuales serán reingresados al horno. Los productos de EVS se pueden clasificar por colores y categorías tal cual se observa en la Ilustración 8.

a) Colores

Flint (Transparente) - Green (verde) - Ámbar (Marrón)

b) Categorías

Cerveza – Vino – Comida – NAB (por lo general botellas para jugo, bebida isotónica)



Ilustración 8: Productos EVS

Fuente: Soluciones de empaque S.A.C. (2023)

## 2.4 Procesos

A continuación se describirá cada uno de los procesos desde la recepción de la materia prima hasta el despacho de los mismos.

### *Recepción de Materia Prima*

El proceso inicia con la recepción de materia prima que cumpla con las especificaciones necesarias para la producción del vidrio. Se realizan pruebas físico – químicas comprobar su calidad, por ejemplo el análisis de granulometría para la arena sílice. Además, los contenidos de óxidos de hierro en la arena deben ser mínimos, asimismo, no debe contener arcillas. Las materias primas se almacenan en el área de Batch House hasta su uso.

### *Mezcla*

Se obtiene la materia prima del almacén. Luego, se realiza el pesaje de acuerdo a la formulación previamente establecida según el área de Hornos, esta etapa está 100% automatizada. Finalmente, se transporta hacia la mezcladora donde se agregará agua según la formulación y permanecerán durante un tiempo establecido.

### *Fundición*

La mezcla se transporta mediante elevadores y transportadores hacia los silos. De estos silos pasan al horno para su fundición.

La primera parte del proceso es la fusión, donde la materia prima primero se descompone y, luego, reacciona. El combustible se quema dentro del tanque, produce llamas que pasan sobre la superficie de vidrio fundido y sobre las materias primas flotantes aún no fundidas. El punto de fusión para la sílice es mayor de 1600°C, y para el cullet (vidrio reciclado) entre 1050 y 1100°C.

La segunda parte del proceso es la refinación, donde se eliminan las pequeñas burbujas que se originan a partir de las reacciones de las materias primas. Luego, el vidrio líquido pasa a otro tanque donde se intentará igualar la temperatura en toda su extensión, para posteriormente repartirlo entre los canales de las 5 máquinas formadoras.

### *Acondicionamiento del vidrio*

El vidrio caliente es transportado por un canal de alimentación a las máquinas formadoras. Durante el trayecto la temperatura del vidrio disminuye gradualmente, por lo tanto, aumenta su viscosidad, así al final del canal se tiene el vidrio en un estado en el que puede ser moldeado y a una temperatura aproximada de 500 °C - 600 °C.

El acondicionamiento del vidrio corresponde al control de la temperatura del vidrio cuando está en el canal. Se mide la homogeneidad de la mezcla del vidrio en cuanto a viscosidad y temperatura ya que las temperaturas afectan directamente la distribución del vidrio en la botella, la forma de la gota y su carga en la máquina.

### *Formación del envase*

Luego del acondicionamiento del vidrio, se forma la gota con el peso y la forma deseada, por medio de un tubo que controla el flujo de vidrio hacia el orificio, una aguja que lo impulsa hacia el orificio donde se determina la cantidad de vidrio por cada gota y, finalmente, por un sistema de tijera que corta la gota

de vidrio. Posterior a ello, se controla que la gota llegue a los moldes que se encuentran en el primer nivel de las máquinas formadoras de secciones independientes. La gota cae en el lado pre molde de la máquina donde se encuentra un vástago, por el cual, entrará aire comprimido para empujar el vidrio hacia arriba y formar así, la burbuja y el palezón. Luego el palezón es removido y transferido al molde final, donde nuevamente será soplado con aire comprimido hasta llenar la cavidad del molde. Luego, la botella es retirada del molde, mediante un accionamiento automático que abre los moldes, y puesta en la cinta transportadora. A este proceso se le conoce como Proceso Soplado-Soplado.

#### *Primer tratamiento superficial en caliente*

En este primer tratamiento superficial se aplica un roseado de tetracloruro de estaño mientras la botella aún se encuentra en 500°C, por lo cual, se produce óxido de estaño en la superficie que se adherirá al sodio de la soda. Este tratamiento elimina las micro fisuras del vidrio y mejora la resistencia mecánica de los envases.

#### *Recocido*

El recocido se realiza para liberar las tensiones internas que se producen debido al rápido e irregular enfriamiento de la pieza de vidrio durante la operación del formado. Para ello la pieza se vuelve a calentar, llegando hasta los 600°C y, luego, es enfriada lentamente. Esta operación se realiza utilizando un horno túnel, que consiste en una serie de quemadores dispuestos a lo largo del horno, a través del cual son llevadas las botellas del vidrio.

#### *Segundo Tratamiento superficial en frío*

El segundo tratamiento superficial consta de una aspersion mediante una mezcla de polietileno y agua, que cumple la función de lubricante, facilitando el uso posterior de los envases en las líneas de empaque al mejorar su deslizamiento, eliminando además el riesgo de rayado de la superficie.

#### *Control de Calidad*

Los envases pasan uno por uno por las estaciones de inspección automática donde se evalúan atributos como: diámetro, espesor y altura. Además, se controlan distintos aspectos críticos en las superficies de los envases y se eliminan de las líneas de producción. Finalmente, una muestra de envases es retirada con cierta frecuencia para evaluarla mecánicamente en los laboratorios.

#### *Empaque*

Los envases son empacados en pallets de manera automática, la manera de armar el pallet dependerá del producto en línea. Cada tipo de envase (referencia) tiene una ficha técnica de paletizado donde indica el número de camas por pallet, el ancho, largo y altura.

Finalmente, el pallet armado es asegurado con flejes y envuelto con stretch film, este proceso es realizado por máquinas automatizadas (Envolvedora – Flejadora).

#### *Almacén y Despacho*

Luego de que el envase ha sido empacado, es transportado al nuevo galón de despacho, donde queda listo para ser despachado al cliente respectivo.

#### *Decorado y etiquetado*

Algunos envases, por requerimiento del cliente, reciben un proceso adicional. El etiquetado consiste en el pegado de etiquetas a lo largo del cuerpo del envase. Este proceso es especialmente presente en jugos y aguas. El decorado es un proceso mediante el cual se agregan artes en el envase con pinturas especiales que posteriormente atraviesan un proceso de recocido final. Este proceso es especialmente solicitado en envases para bebidas gaseosas.

#### *Reselección interna*

El proceso de reselección interna busca reprocesar grupos de envases o pallets en los que se ha identificado riesgo de contaminación de defectos en el producto final. La reselección interna se realiza en las instalaciones de la planta, ingresándose los envases a las líneas de producción a través de las mesas de acumulación.

### **2.5 Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)**

A continuación, se comparte el diagrama de flujo de fabricación de envases de vidrio en la empresa estudiada (EVS). Tal cual se observa en la ilustración 9, el producto, si no fuera decorado, reseleccionado o etiquetado, sería despachado de la planta de producción luego de 12 macro pasos que transformarían el vidrio reciclado, sílice y caliza en finalmente envases de vidrio paletizados.

Por otro lado, en la ilustración 10, se detallan los pasos a seguir en ciertos productos cuyos clientes exigen un procesamiento extra: la adhesión de una etiqueta o el decorado de un arte en el envase para su marca.

La ilustración 11, finalmente, complementa la información de las ilustraciones anteriores, dando detalle de los 7 primeros procesos transformadores de la materia prima.

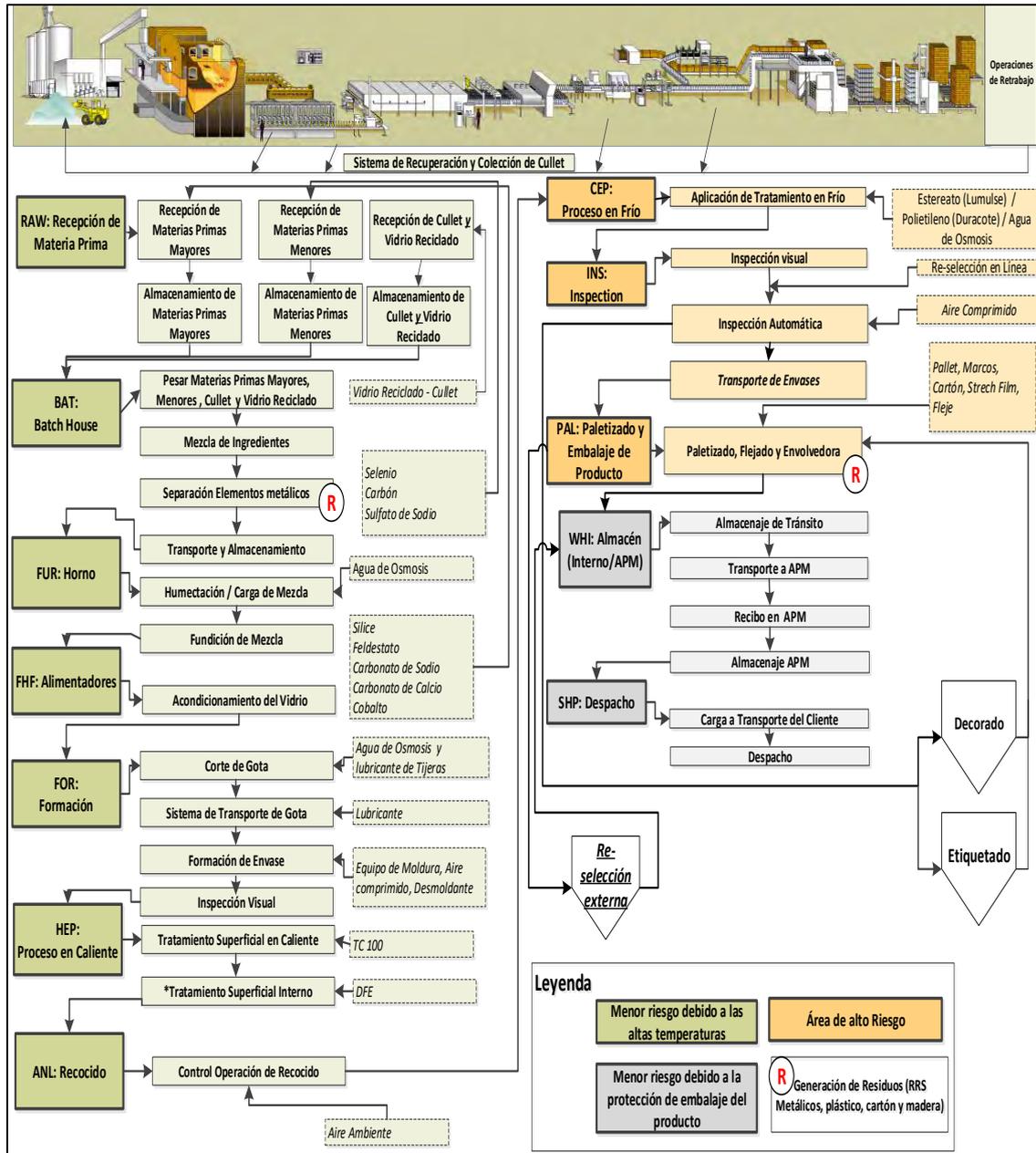


Ilustración 9: Diagrama de Flujo EVS

Fuente: EVS (2023)

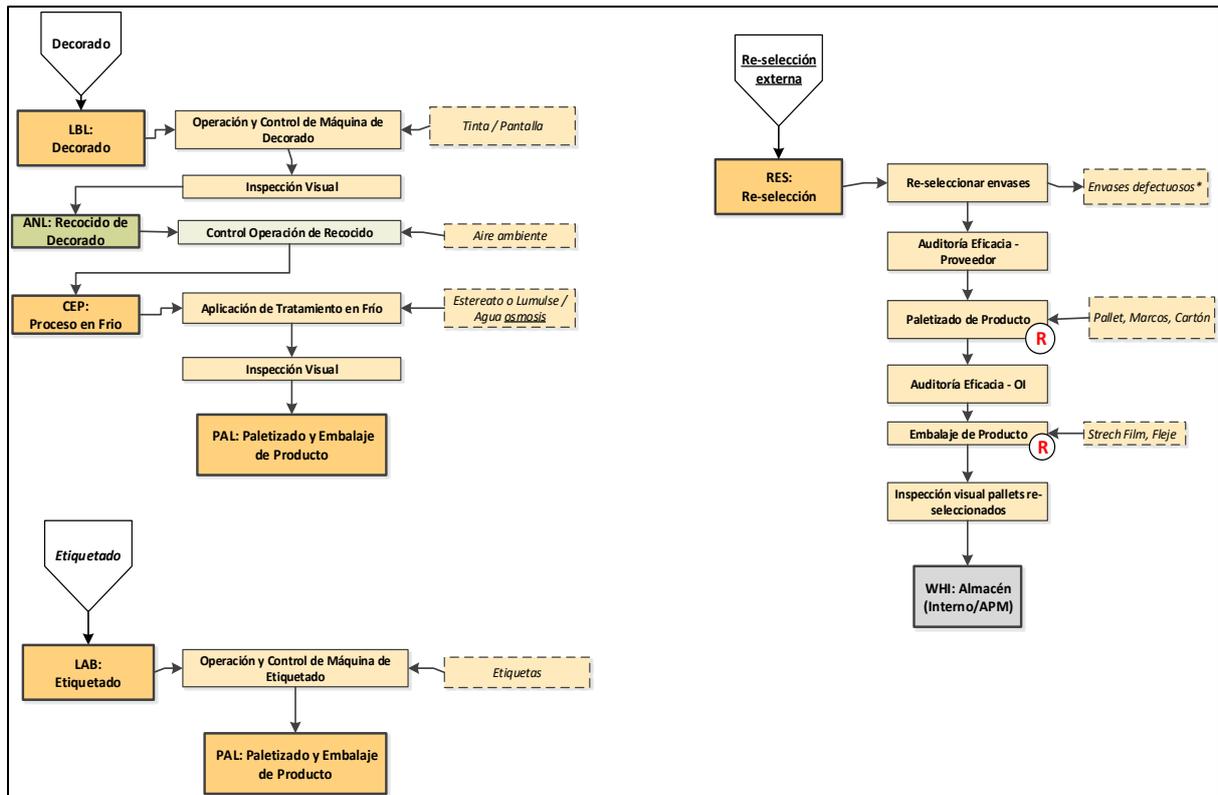


Ilustración 10: Diagrama de flujo de EVS (Reselección, decorado y etiquetado)

Fuente: EVS (2023)

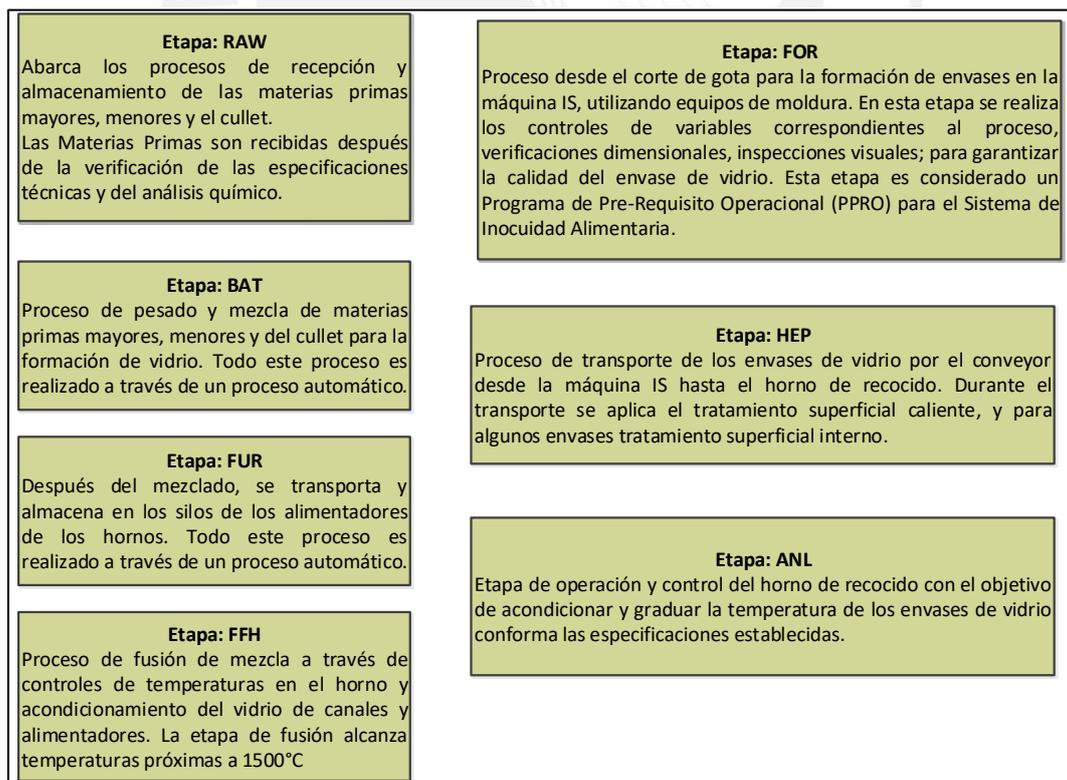


Ilustración 11: Descripción de etapas del proceso

Fuente: EVS (2023)

### **3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO**

En el siguiente capítulo se evaluará el área de estudio a través de sus indicadores característicos. Se identificarán los principales problemas que afectan el área de estudio para definir el alcance. Con ello, se definirá un problema fundamental identificado a atacar y finalmente, se desarrollará la metodología de Análisis de causa raíz y priorización para definir el enfoque de trabajo en las posteriores propuestas de mejora.

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

El presente estudio se enfocará en una de las dos plantas de la empresa, en adelante referida como Pampas. Esta fábrica cuenta actualmente con 2 hornos de producción que a su vez alimentan 5 líneas. El horno B se trifurca en las líneas B1, B2 y B3, mientras que el Horno C se bifurca en las líneas C1 y C3.

Históricamente el Horno B ha sido más estable, entregando mayores eficiencias en sus tres líneas y con menor récord de tiempos perdidos o incidentes de desviaciones de calidad. El Horno C cuenta con mayor capacidad de producción y por tanto enfrenta retos más grandes en su operación diaria. Actualmente en EVS el proceso de formación de envases determina la velocidad en la que se producen las botellas buscando así, aprovechar siempre la mayor capacidad posible en la línea de producción.

En los meses de enero y febrero del 2024 planta Pampas no ha alcanzado los objetivos proyectados de eficiencia. Mediante el presente estudio, se busca entender a detalle el origen de esta problemática, su alcance e impacto.

#### **3.2 Indicadores del área de estudio**

En el siguiente apartado se detallan los indicadores de seguridad, calidad y producción que guían el estándar de trabajo en EVS que permitirán entender mejor el diagnóstico del área de estudio.

##### **3.2.1 Indicadores de seguridad**

- LTI o Lost Time Injury

Este indicador mide el tiempo que pierde un trabajador en la empresa cuando sufre algún accidente, lesión o enfermedad que le impide trabajar desde el día siguiente al incidente.

- TRIR o Total recordable incident rate

Como se muestra en la ilustración 12, el TRIR se define como el número total de incidentes registrables que ocurren dentro de un periodo establecido o entre un número específico de trabajadores.

$$\text{TRIR} = \frac{\text{\# of recordable incidents [ LTIs + MTIs ] * 200,000}}{\text{Manhours}}$$

- Liderazgo visible

Mide el liderazgo de los coordinadores o gerentes medios de cada centro de proceso respecto al cumplimiento de las herramientas de gestión de seguridad de sus equipos, como registro de identificación de riesgos, cumplimiento de entrenamientos, diálogos de seguridad, etc.

### 3.2.2 Indicadores de calidad

- Retenido generado

Se refiere a la cantidad de pallets que son observados al finalizar el proceso, se mide en unidades de envases. Un pallet observado se genera cuando el área de calidad, por medio de una auditoría o por un riesgo registrado, detecta algún defecto en las botellas que se encuentran en el pallet armado; se retiene el pallet y se lleva a la zona de inspección donde los operarios inspeccionan botella por botella para separar aquellas botellas que presentan defectos.

- PLCC o Product Loss Customer Claims

Se refiere a la suma de la valorización del producto perdido y gastos asociados a reclamos de clientes. Se mide en dólares.

### 3.2.3 Indicadores de producción

- PTP o Pack to Pull

Indica las cantidades empacadas respecto a las producidas (Ton empacadas / Ton producidas) sin excepciones durante la operación, se mide del 0% al 100%. Este indicador permite analizar la eficiencia global de la planta respecto a los insumos y el empaque final.

- JCI o Job Change Index

Es el indicador de eficiencia del cambio de referencia o pase de un envase a otro. Se expresa en porcentaje del 0% al 100% y compara las unidades producción empacadas en las 12 primeras horas de cambio versus el total de envases producidos.

$$JCI_{12} = \frac{\text{Bottles packed in 12 hours beginning with First Count}}{\text{Bottles possible in 12 hours}}$$

### 3.2.4 Niveles de producción del proceso principal

Como se explicó previamente, el PTP es el indicador principal de productividad de la planta, el cual va de 0 a 1 o de 0 a 100%. Este indicador es registrado en tiempo real en el sistema interno de producción (SIP) que maneja EVS y muestra la productividad de cada línea de producción e incluso la productividad por turnos. Se le da seguimiento diario.

En condiciones normales, el PTP de planta Pampas fluctúa entre 90 a 92%, como se puede observar en la Ilustración 12. Se observa una tendencia mayoritariamente estable a lo largo del 2022 hasta marzo del 2023. Desde abril del 2023, EVS entró en recesión debido a una caída en la demanda de producto, lo cual explica los valles en el gráfico de empaque en los meses de abril, julio y diciembre del 2023. Sin embargo, hacia enero del 2024, se contaba una mayor demanda y aun así se registró un PTP cercano a 90%, por debajo del 91% proyectado.



Ilustración 12: Tendencia de PTP en planta Lurín

Fuente: EVS (2024)

Con la finalidad de entender el detalle de las pérdidas por horno y su impacto en el performance de la planta, se mostrará a continuación la tendencia de PTP en el Horno B y Horno C para el mismo periodo de tiempo.



Ilustración 13: Tendencia de PTP en el Horno B

Fuente: EVS (2024)

Como se observa en la Ilustración 13, el Horno B presenta una tendencia similar a la de la planta, mostrando mayor estabilidad inclusive. Su rango de eficiencia oscila entre 91% a 93% y sufre las mismas fluctuaciones de planta en los meses de abril y diciembre por caídas en la demanda. Sin embargo, en julio muestra un performance superior de 90,3% versus el 88% de planta.



Ilustración 14: Tendencia de PTP en el Horno C

Fuente: EVS (2024)

Por otro lado, tal cual se muestra en la Ilustración 14, el Horno C presenta una tendencia menos estable a la de la planta. Su rango de eficiencia oscila entre 89% a 92% y sufre las mismas fluctuaciones de planta por caídas en la demanda. Sin embargo, los meses de enero y febrero del 2024, que en el gráfico del Horno B daban resultados de al menos 91%, para el Horno C se observan performances de 89% y

90% respectivamente. Este análisis evidencia que la brecha entre el empaque proyectado y el resultado de la planta en los primeros meses del 2024 responde a una falta de eficiencia en el Horno C.

Así mismo, otro indicador valioso es el porcentaje de retenido observado de calidad. Cabe recalcar que no se utiliza el concepto de muestreo por aceptación, es decir, se depurará solo lo dañado. En la ilustración 15 se detalla el porcentaje de retenido generado en el Horno C a lo largo del mes de enero del 2024. Se evidencia que el proceso se encuentra fuera de control a nivel de riesgos de calidad. Del detalle de los reportes de turno se puede concluir que los principales riesgos reportados son vidrio adherido, defecto causado por los atracones en secciones o paradas intempestivas en máquina e insuficiencia de presión interna en los envases.

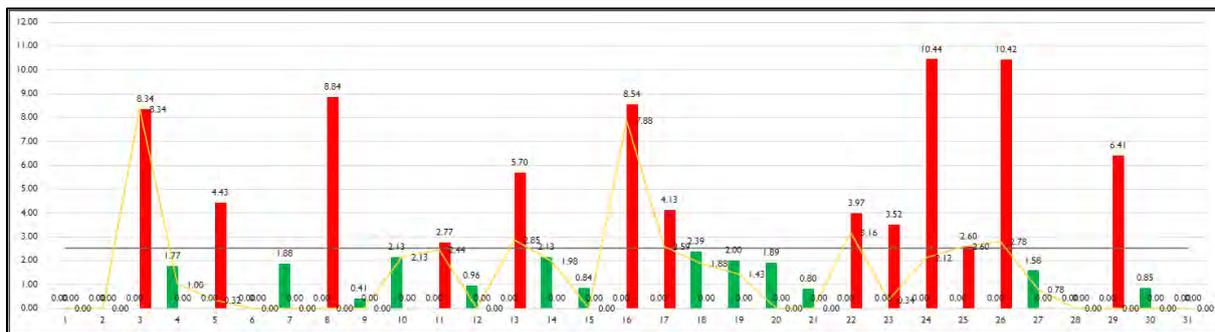


Ilustración 15: Tendencia de retenido en el Horno C

Fuente: EVS (2024)

La información previamente analizada sugiere que la causa de los resultados insuficientes de la planta en los meses de enero y febrero del 2024 está concentrada en el Horno de producción C. Sin embargo, para validar esta hipótesis, se mostrará en la Tabla 2 el resumen de indicadores de las 5 líneas de producción para los meses de enero y febrero del 2024.

Tabla 2: Resumen de indicadores por línea

| Línea             | B1     |         | B2     |         | B3     |         | C1     |         | C3     |         |
|-------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Indicador         | Enero  | Febrero |
| LTI               | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       |
| TRIR              | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       |
| ILV               | 100%   | 100%    | 100%   | 100%    | 100%   | 95%     | 100%   | 100%    | 100%   | 100%    |
| Retenido generado | 1.82%  | 2.74%   | 0%     | 0%      | 1.01%  | 2.40%   | 2.88%  | 1.25%   | 3.39%  | 6.24%   |
| PLCC              | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0       |
| PTP               | 91.85% | 92.82%  | 91.87% | 0       | 91.56% | 92.65%  | 88.86% | 88.81%  | 89.29% | 89.63%  |
| JCI               | 87.76% | 88.92%  | 0%     | 0%      | 88.65% | 86.27%  | 0%     | 88.16%  | 86.23% | 87.12%  |

Según se evidencia en la Tabla 2, por el lado de seguridad, no se presentaron eventos de accidentes o casi accidentes para ninguna línea de producción, lo cual conversa con el indicador de Liderazgo visible, que hace hincapié en las herramientas preventivas de cultura de seguridad. Respecto a la calidad, advertir que si bien no se han registrado eventos de reclamos a nivel planta en ese periodo de tiempo por lo que el PLCC se mantiene en 0, el retenido generado es mayor en las líneas del Horno C, especialmente en C3, lo que sugiere desviaciones en la calidad de los envases producidos y retrabajos realizados en re inspecciones. Finalmente, para los meses de enero y febrero del 2024, las líneas de Horno C obtuvieron menores eficiencias que las del Horno B. impactando negativamente en el performance de la planta, especialmente la línea C1 que registra eficiencias alrededor de 88%. El JCI, por su lado, se mantiene en rangos estables para las 5 líneas, lo que sugiere que las bajas eficiencias en el Horno C no se dan por eventos en los cambios de referencia o las siguientes 12 horas, sino más bien, en los turnos estables de producción.

### **3.3. Definición del problema**

En este apartado se detallarán las problemáticas presentes en las líneas del Horno C tanto por productividad como en calidad en los meses de enero y febrero del 2024.

Según los sistemas de información de EVS, las mayores problemáticas presentes en estos meses fueron, por el lado de calidad, los defectos de terminado despostillado y falla de presión interna. Además, por el lado de productividad, se han registrado atracones por mal corte, roturas de llevadores de molde y recalibraciones en cabezales de pinza.

En la Tabla 3 se muestra el detalle del impacto y la frecuencia de los desafíos de este Horno. Gracias a esta información, se concluye que el problema con mayor impacto y además alta frecuencia de suceso es el atracón seccional por mal corte, registrando 186 eventos.

Tabla 3: Principales problemáticas en el HC

| <b>Problemática presente en el HC</b> | <b>Categoría (Seguridad, Calidad o Productividad)</b> | <b>Impacto (Escala del 1 al 5)</b> | <b>Frecuencia (Número de eventos al mes)</b> | <b>Ponderación (Impacto x Frecuencia)</b> |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|--|---|
| Atracones seccionales por mal corte   | Productividad   | 4                                  | 161  | 644                                       |
| Rotura de llevadores de molde         | Productividad   | 2                                  | 8  | 16  |
| Terminado despostillado               | Defecto de calidad                                    | 3                                  | 5  | 15  |
| Recalibraciones en cabezales de pinza | Productividad   | 1                                  | 10   | 10  |
| Falla de presión interna              | Defecto de calidad                                    | 2                                  | 4  | 8   |

Históricamente, las líneas C1 y C3, por su mayor velocidad de producción, han convivido con los atracones seccionales. Estos eventos eran vistos como parte natural de la operación y no llamaban la atención como una pérdida significativa debido a su baja frecuencia, que no llegaba a superar los 5 eventos por mes. En estos casos, los atracones solían darse por errores humanos en operación, desgaste de mecanismos o herramientas, etc.

En el mes de enero del 2024 fue tal el aumento de eventos de atracones y paradas de sección que se decidió llevar un registro. En la tabla 4 se muestra un resumen de la información recopilada: de los 161 eventos registrados, 149 se dieron en la línea C1 y 12 de ellos en la línea C3.

Tabla 4: Registro de atoros seccionales

| Máquina              | Ene        | Feb      | Total general |
|----------------------|------------|----------|---------------|
| C1                   | 149        |          | 149           |
| C3                   | 12         | 5        | 17            |
| <b>Total general</b> | <b>161</b> | <b>5</b> | <b>166</b>    |

### 3.4. Análisis de causa raíz

A continuación, se procederá a utilizar la herramienta “Diagrama Ishikawa” aplicada al problema más crítico del Horno C: Los Atracones de sección por mal corte.

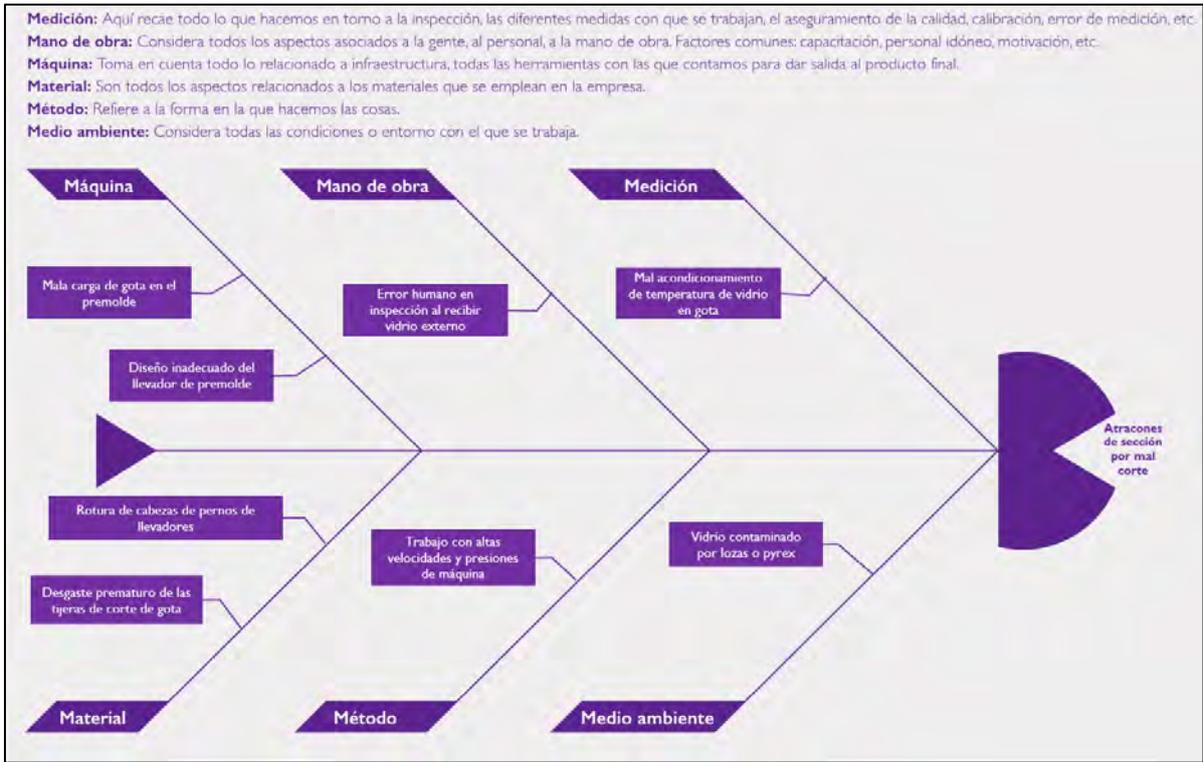


Ilustración 16: Diagrama de Ishikawa

Se observa en la Ilustración 16 el detalle de 8 causas categorizadas en la espina de pescado. Para poder discernir cuáles de ellas generan mayor repercusión en la problemática, seguidamente, se procederá a valorar cada una de ellas según su frecuencia y su impacto al originar atracones de sección por mal corte.

Tabla 5: Causas de atracones

| Causa  | Factor         | Impacto (Escala 1 al 5) | Frecuencia mensual | Ponderación (I x F) |
|--|----------------|-------------------------|--------------------|---------------------|
| Vidrio contaminado por lozas o pyrex                   | Medio ambiente | 5                       | 101                | 505                 |
| Error humano en inspección al recibir vidrio externo   | Mano de obra   | 5                       | 22                 | 110                 |
| Desgaste prematuro de las tijeras de corte de gota     | Material       | 3                       | 15                 | 45                  |
| Trabajo con altas velocidades y presiones de máquinas  | Método         | 4                       | 8                  | 32                  |
| Mala carga de gota en el premolde                      | Máquina        | 3                       | 7                  | 21                  |
| Rotura de cabezas de pernos de levadores               | Material       | 3                       | 5                  | 15                  |
| Mal acondicionamiento de temperatura de vidrio en gota | Medición       | 3                       | 4                  | 12                  |
| Diseño inadecuado del levador de premolde              | Máquina        | 3                       | 2                  | 6                   |

Tal cual se muestra en la Tabla 5, la mayor causa de origen de atracones seccionales por mal corte es la contaminación en vidrio externo por lozas y pírex, seguido del error humano en inspección al recibir vidrio externo. Ambas causas además son las de mayor impacto ya que al tratarse de una materia prima general como lo es el vidrio reciclado, contamina todo el material en proceso de transformación,



Ilustración 17: Atracón por mal corte

Como se observa en la Ilustración 17, un atracón por mal corte es un evento que genera tiempo perdido, ya que se debe parar el equipo, retirar el vidrio contaminado y reiniciar la operación. Esto además del riesgo en seguridad para los operadores, al tener que manipular vidrio caliente y el riesgo de calidad, en contaminar de esquirlas de vidrio a otros envases buenos produciéndose en ese momento.



Ilustración 18: Envases contaminados por lozas

En la Ilustración 18 se muestran los restos de un envase contaminado por loza. El pyrex y la loza son materiales con punto de fusión superiores al del vidrio, por lo cual, mantienen una composición rígida en su transporte a lo largo del horno de fundición y salen del tazón junto al vidrio fundido. Sin embargo,

al llegar a las tijeras de corte de gota, atracan este mecanismo, o en caso no sufran un cruce con las tijeras, atracan la sección misma. Entendiendo mejor la situación, se procederá a aplicar la herramienta Cinco por qué a estas dos principales causas de atracones.

Tabla 6: Causas raíz

| Cinco por qué | Causa  |  |
|---------------|--|--|
|               | Vidrio contaminado por lozas o pyrex   | Error humano en inspección al recibir vidrio externo   |
| 1er Por qué   | Porque se está filtrando en el vidrio reciclado que ingresa como materia prima                 | Porque se revisó superficialmente el camión de vidrio reciclado y se dejó pasar cuando estaba contaminado                  |
| 2do Por qué   | Porque el vidrio reciclado que se compra está llegando más contaminado de lo normal            | Porque el procedimiento de inspección de vidrio no es 100% claro   |
| 3er Por qué   | Porque el proveedor que limpia vidrio no cuenta con la capacidad de limpieza suficiente        | Porque se utiliza un estándar global que aplica a otras plantas  |
| 4to Por qué   | Porque no cuenta con los equipos y el almacenamiento adecuado para limpiar tanta contaminación | Porque no se cuenta con un procedimiento local que indique claramente parámetros de aceptación o rechazo de vidrio externo |
| 5to Por qué   | Porque no se le exige en el contrato como proveedor  |  |

La Tabla 6 muestra las causas raíz de las dos causas con mayor impacto y recurrencia en el problema que se busca solucionar. La contaminación de lozas y pyrex en el vidrio externo se debe a una falta de capacidad de limpieza del proveedor que además no es exigida de manera comercial por EVS. Lamentablemente, el contrato comercial tiene vigencia aún por 3 años más, por tanto, se complica solicitar su modificación sin comprometer a EVS en una penalización. De la misma forma, requerir al proveedor el aumento de su capacidad de limpieza implicaría un mayor costo por tonelada procesada. Es por ello que en el siguiente capítulo se priorizará la implementación de metodologías de bajo costo y gran impacto, que trabajen de la mano con el proveedor sin exigirle una inversión que encarezca sus servicios.

Por otro lado, el error humano en la inspección del vidrio externo recepcionado se debe a la falta de un procedimiento específico que indique parámetros de aceptación o rechazo en caso de contaminación. Esta información se desarrollará y tendrá un impacto positivo tanto en el equipo de Hornos de EVS como el soporte tercerizado de la actividad.

## 4. PROPUESTA DE MEJORA

En el capítulo anterior se mostró el análisis y diagnóstico de las principales pérdidas de EVS. Se identificó el horno y las líneas en las que se concentraban las pérdidas y en base a eso se hizo un estudio para encontrar las causas raíz de estos problemas. En este capítulo se presentará la matriz de priorización que nos permitirá hallar la mejor solución para cada problema encontrado. Luego, se desarrollará el detalle de las mejoras a utilizar para corregir las causas y por ende el problema principal.

### 4.1 Priorización de herramientas a utilizar

Para la elección de las herramientas a utilizar se valorizará en una matriz de priorización las metodologías que ofrece la Manufactura Esbelta y que además se revisaron previamente en los Casos de Éxito presentados en este estudio. Se busca establecer una relación entre las causas raíz identificadas y las metodologías más aptas para su solución.

Tabla 7: Valorización de herramientas de Manufactura Esbelta

| Herramienta                               | Vidrio contaminado por lozas o pyrex | Error humano en inspección al recibir vidrio externo | TOTAL     |
|---|--------------------------------------|--|-----------|
| 5S  | 1                                    | 1  | 2         |
| VSM                                       | 0                                    | 0  | 0         |
| Mapa de la cadena de valor                | 0                                    | 0  | 0         |
| Kaizen<br>Mejora continua                 | 1                                    | 1  | 2         |
| Kanban<br>Sistema de tarjetas             | 1                                    | 0  | 1         |
| Jidoka<br>Automatización con toque humano | 0                                    | 0  | 0         |
| JIT<br>Justo a tiempo                     | 1                                    | 0  | 1         |
| Poka-Yoke<br>A prueba de errores          | 0                                    | 1  | 1         |
| TPM<br>Mantenimiento Productivo Total     | 0                                    | 0  | 0         |
| Standard Work<br>Trabajo estándar         | 1                                    | 1  | 2         |
| RCA<br>Análisis de causas raíz            | 1                                    | 1  | 2         |
| Gemba<br>Donde ocurre el trabajo          | 1                                    | 1  | 2         |
| Andon<br>Sistema de señalización          | 0                                    | 1  | 1         |
| <b>TOTAL</b>                              | <b>7</b>                             | <b>7</b>   | <b>14</b> |

Como se observa en la Tabla 7, se calificaron doce metodologías de Manufactura Esbelta respecto a su posible impacto en la solución de las dos problemáticas principales del estudio. De las cuales, se priorizará implementar las cinco con mayor aporte a la solución de ambos frentes de trabajo: 5S, Kaizen, Trabajo Estándar, RCA y Gemba.

## **4.2 Integración de las propuestas de mejora**

La implementación de las cinco herramientas previamente escogidas será llevada a través de una estrategia que asegure que cada metodología construya sobre la anterior, creando una base sólida para la mejora continua y la resolución de problemas. Este desarrollo debe ser acompañado del establecimiento de un equipo de trabajo multidisciplinario que desde la dirección sostenga y apoye la gestión del cambio. De la misma forma, que facilite los recursos necesarios para el proceso de transformación en el sitio.

Esta estrategia tendrá inicio con la implementación de la metodología 5S, ya que un ambiente organizado facilita la identificación de problemas y el desarrollo de procedimientos estandarizados. En segundo lugar, se desarrollará el Trabajo Estándar, que implicará documentar y estandarizar las mejores prácticas para cada tarea y asegurará que los empleados realicen los procesos de manera más consistente. Posteriormente, se implementará Kaizen, la filosofía de mejora continua. Con procedimientos que ya se encuentran estandarizados podrán entonces ser mejorados continuamente por los empleados. En cuarto lugar, Gemba, como herramienta de acercamiento al lugar de trabajo, permitirá al comité de mejora continua observar y entender las actividades y resolver problemas directamente en el lugar de trabajo junto a los empleados. Finalmente, una vez implementado un entorno de trabajo eficiente y con mejoras continuas mediante Kaizen y observaciones mediante Gemba, se empezará a usar RCA para abordar problemas más complejos. RCA permitirá resolver las causas raíz de los problemas que surjan proporcionando soluciones duraderas y efectivas. A continuación, se detallará la descripción de cada herramienta y de cómo será aplicada en el presente trabajo.

## **4.3 Primera Propuesta: 5S**

Como se mencionó previamente, las 5S es una metodología japonesa que logra tener estaciones de trabajo seguras, organizadas y sin suciedad (Arrieta, 1999). Consta de cinco pasos: Seleccionar,

Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Disciplinar. Se espera que esta propuesta de mejora tenga impacto en ambos problemas principales: Vidrio contaminado por lozas o pyrex y Error humano en inspección al recibir vidrio externo.

### 4.3.1 Organigrama 5S

Para la implementación de la metodología se ha constituido un equipo multidisciplinario, tal cual se observa en la Ilustración 19, que liderará y llevará a cabo el proceso de desarrollo de las 5S en EVS. Ambas problemáticas que se busca solucionar se dan en el área de recepción de materia prima, específicamente de vidrio roto, llamada Casa de mezcla y en el área de Formación por ello, los esfuerzos de implementación tendrán un alcance específico en estas zona de la planta. Se iniciará con la implementación en Formación ya que el personal es directamente contratado por EVS, mientras que en el área de Materias Primas, son empleados tercerizados. Será parte de una segunda fase de implementación.

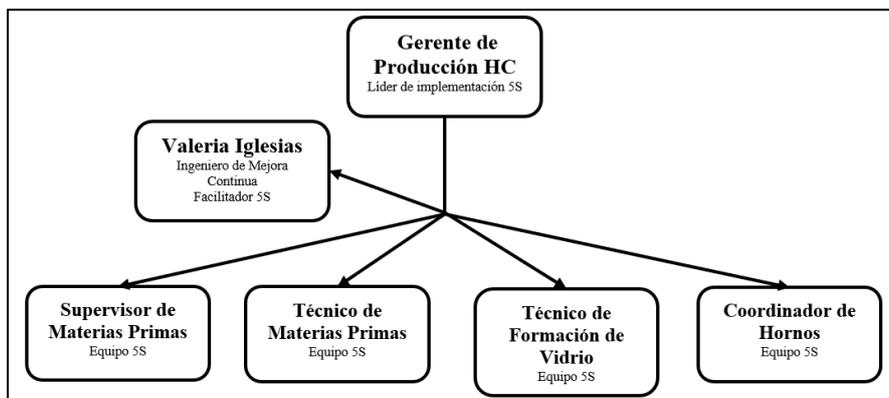


Ilustración 19: Organigrama 5S

Antes de iniciar con el trabajo de cada S en el área es importante realizar un acercamiento que logre sensibilizar al equipo de planta sobre la importancia de implementar las 5S y el compromiso necesario para que el proyecto dé los mejores resultados. Este proceso se dará en dos fases. Para la primera fase se llevará a cabo una activación con suvenires en el comedor de la planta, de esta manera, a través del juego, el equipo técnico se empieza a familiarizar con el tema. Se observa en la Ilustración 20 que, para asegurar la participación del equipo, es crucial ofrecer incentivos atractivos. En esta oportunidad se ofrecieron helados, cojines de cuello, cargadores de celulares, entre otros. Se contó también con la participación de todo el equipo 5S quienes exponían la información a sus compañeros.



Ilustración 20: Activación 5S en planta

La segunda fase del proceso de acercamiento de la metodología se concreta con una capacitación de un consultor externo hacia el equipo de implementación, es decir, el total de técnicos, supervisores y líderes de hornos, materias primas y formación de vidrio. Tal cual se muestra en la Ilustración 21, este espacio debe ser altamente interactivo para que los conceptos teóricos clave queden claros para el equipo.



Ilustración 21: Capacitación en 5S

#### 4.3.2 SEIRI – Selección

La implementación de la primera S está muy relacionada con seleccionar solamente los elementos que sirven en el puesto, para evitar estorbos o acumulaciones (Rajadell, 2010). Debido a eso, se decidió realizar un ejercicio de despeje en el que tanto el equipo de trabajo 5S como los técnicos y la alta gerencia del área se den un espacio para segregar lo que sirve de lo que no y lo que pueda repararse. Para ello, se diseñaron rótulos de despeje y se facilitaron pallets donde se debían colocar los materiales por desechar o reparar. De la misma forma, a cada participante se le entregaron los EPP correspondientes (guantes de hilo). Tal cual se muestra en la Ilustración 22, se encontraron elementos

diversos para desechar, desde sillas rotas o bidones de agua vacíos hasta cartones con grasa, guantes sucios y varillas metálicas rotas.



Ilustración 22: Ejercicio de Despeje

#### 4.3.3 SEITON – Orden

La implementación de la segunda S se relaciona con el establecimiento del orden, donde cada elemento del proceso toma un lugar de manera que se encuentra y usa fácilmente (Sacristán, 2005). El equipo 5S evaluó los elementos críticos en el área de Formación y junto al equipo total de técnicos se definió un lugar en el sitio, el cual fue a su vez delimitado con pintura, como se observa en la Ilustración 23.



Ilustración 23: Antes y Después



### 4.3.5 SEIKETSU – Estandarización

En la cuarta S se busca crear los mecanismos para mantener las tres 3 pasos anteriores (Sacristán, 2005). La estandarización permite comparar si en el día a día el área de trabajo permanece sin elementos innecesarios, sin desorden y sin suciedad crónica. Por esta razón, el Equipo 5S diseñó un Mapa de ubicación en el que se especifican los operadores encargados de cada zona del área, como se observa en la Ilustración 24. De esta manera, si existieran condiciones subestándar, estas personas son las encargadas de subsanarlas ya que todos los elementos de esa zona quedan bajo su responsabilidad.

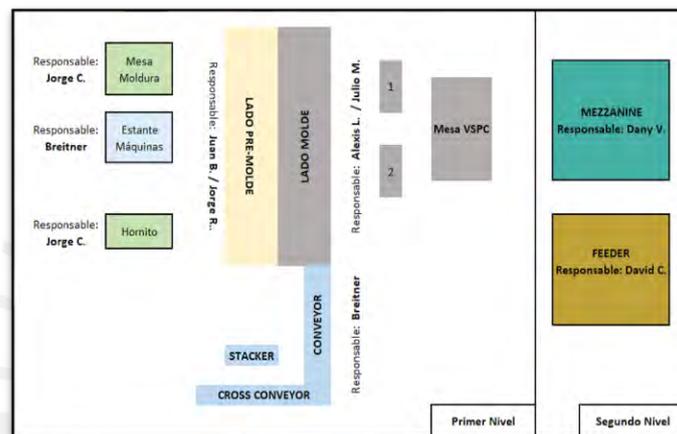


Ilustración 24: Mapa de ubicación

### 4.3.6 SHITSUKE – Disciplina

Finalmente, la quinta S es un soporte para que todo el trabajo de las cuatro S anteriores pueda, en el tiempo, volverse el nuevo estándar (Sacristán, 2005). El equipo 5S debe recibir apoyo por parte de la alta gerencia para que la gestión de cambio de este proceso no reciba mayores barreras. En este sentido, se inició un programa de auditorías 5S. Las preguntas fueron diseñadas por el Equipo 5S, el detalle se puede ver en el Anexo 1. Además, estas fueron validadas por los operadores de piso y compiladas en un formulario, tal cual se observa en la Ilustración 25, para su facilidad de llenado. Se generó un rol en el que tanto la gerencia como los operadores participan de este proceso de inspección.

Ilustración 25: Formulario de Auditoría 5S

Las observaciones encontradas en las auditorías son subsanadas, como se mostró en la cuarta S, por sus responsables de área. Sin embargo, para su notificación y control, cada hallazgo es anotado en la pizarra 5S que se diseñó para el sitio. En ella se señala la observación, el encargado y la fecha de cierre de la misma. Además, la alta gerencia recibe un reporte mensual de la información compilada por este formulario. En este reporte, como se muestra en la Ilustración 26, se analiza el status de cierre de los hallazgos, las tendencias de zonas con mayores observaciones, el cumplimiento de las auditorías y sus puntajes, entre otros factores que permiten una revisión continua del sistema.

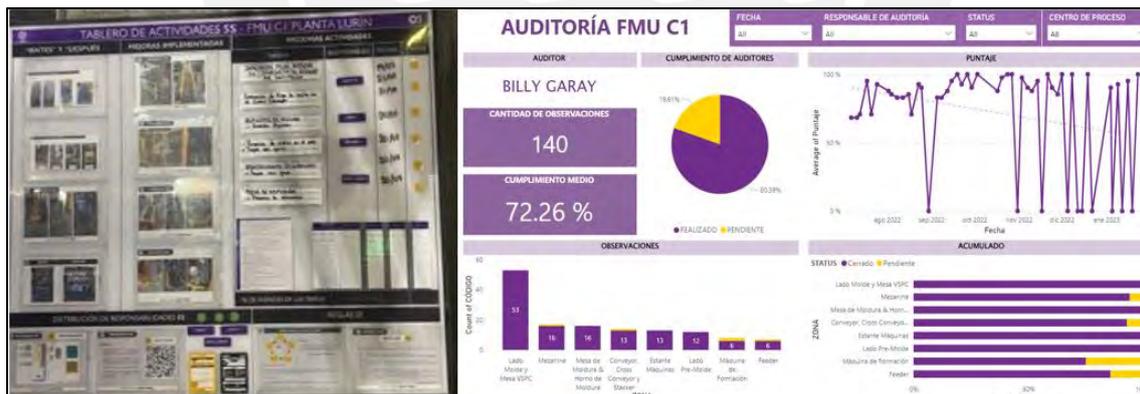


Ilustración 26: Pizarra y reporte de auditoría 5S

#### 4.3.7 Diagrama de Gantt de la Implementación

Tal cual se mencionó previamente, los cinco pasos de la implementación desarrollada se han dado en la zona de formación, ya que, era un área con significativa oportunidad de orden lo cual generaba continuamente errores humanos en la operación. Como se observa en la Tabla 9, la implementación de las 5S toma alrededor de un año en un área y culmina con una auditoría externa de certificación

debidamente aprobada. Su replicación en la zona de materias primas debe considerar este tiempo de desarrollo y los recursos oportunos para todas las actividades de su proceso.

Tabla 9: Gantt de implementación de las 5S (en meses)

| Nº | ÁREA                     |   | FORMACIÓN |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    | MATERIAS PRIMAS |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|----|--------------------------|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
|    | ETAPA                    | ACTIVIDAD   | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13              | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |  |
| 1  | Concientización          | Activación en el comedor  | ■         |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2  |                          | Capacitación por parte de los consultores externos                |           | ■ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3  | Seiri Selección          | Diseño de rótulos de despeje                                      |           |   | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4  |                          | Ejercicio de despeje  |           |   | ■ |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 5  |                          | Desecho y reparación de materiales encontrados                    |           |   |   | ■ |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6  | Seiton Orden             | Evaluación de elementos críticos a ubicarse                       |           |   |   |   | ■ |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 7  |                          | Definición de lugares para los elementos                          |           |   |   |   | ■ |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 8  |                          | Delimitación con pintura para cada elemento                       |           |   |   |   |   | ■ |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9  | Seiso Limpieza           | Limpieza Profunda del sitio                                       |           |   |   |   |   |   | ■ |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 10 |                          | Diseño del programa de limpieza del sitio                         |           |   |   |   |   |   |   | ■ |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 11 |                          | Ejecución del programa de limpieza                                |           |   |   |   |   |   |   |   |   | ■  |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 12 | Seiketsu Estandarización | Delimitación de la zona en áreas menores                          |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 13 |                          | Definición de encargados para cada área                           |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 14 |                          | Publicación del mapa de ubicación en el sitio                     |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 15 | Shitsuke Disciplina      | Creación de formulario de auditoría 5S                            |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 16 |                          | Generación de rol de auditorías para el equipo y la alta gerencia |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 17 |                          | Diseño y publicación de pizarra 5S en el sitio                    |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 18 |                          | Diseño y publicación de reporte Power Bi para las auditorías      |           |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |

### 4.3.8 Resultados de mejora de la primera propuesta

La metodología 5S puede parecer sencilla, sin embargo, logra un impacto significativo no solo en el resultado de la zona de aplicación sino también en la sensación de bienestar de las personas que operan allí. Previo a al desarrollo, se consultó a los ocho operadores del área de formación que puntúen su percepción de orden y limpieza en su zona de trabajo, obteniendo un resultado promedio de 1.4 en la escala del 1 al 5. Es grato observar que posterior a la implementación esta percepción de orden y limpieza se ha elevado en promedio hasta 4.5, más de 4 puntos por encima del estado inicial. De la misma forma, previo a la implementación, un problema común con el que convivía el área era la pérdida

de herramientas de trabajo. El promedio era de casi 5 herramientas perdidas en el mes por cada trabajador. Desde la implementación de la tercera S (Orden), estos eventos se redujeron paulatinamente a menos de una herramienta por cada persona. El detalle de información por cada trabajador se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10: Tabla de resultados de la primera propuesta

| Operador     | Orden y limpieza en el sitio<br>(Del 1 al 5) |                                       | Pérdidas de herramientas al mes<br>(Nº de eventos) |   |
|--------------|--|---------------------------------------|--|---|
|              | Puntaje previo a la implementación           | Puntaje posterior a la implementación | Eventos previos a la implementación                | Eventos posteriores a la implementación |
| 1            | 1  | 4                                     | 4  | 1                                       |
| 2            | 2  | 5                                     | 5  | 0                                       |
| 3            | 1  | 4                                     | 3  | 1                                       |
| 4            | 1  | 4                                     | 4  | 1                                       |
| 5            | 2  | 5                                     | 6  | 2                                       |
| 6            | 1  | 5                                     | 5  | 1                                       |
| 7            | 1  | 5                                     | 6  | 1                                       |
| 8            | 2  | 4                                     | 4  | 0                                       |
| <b>Total</b> | <b>1.4</b>                                   | <b>4.5</b>                            | <b>4.6</b>   | <b>0.9</b>                              |

#### 4.4 Segunda Propuesta: Trabajo Estándar

El trabajo estándar es una metodología para documentar y estandarizar los procesos de trabajo de manera que se garantice que todas las tareas se realicen de la misma forma, manteniendo la calidad y eficiencia deseadas (Ohno, 1988). El objetivo será capturar la mejor práctica en un proceso y hacerla la norma. Esta segunda propuesta se desarrollará en paralelo a las 5S y trabajará en la creación de documentos que permitan enfrentar directamente las causas raíz de las mayores dos problemáticas identificadas: La falta de un procedimiento local que evite el error humano en la inspección de vidrio externo y la generación de un contrato comercial que considere parámetros más exigentes que eviten la llegada de vidrio contaminado por lozas o pyrex.

##### 4.4.1 Identificación de procesos principales

El primer paso de aplicación de esta metodología es el entendimiento de los procesos principales a trabajarse. Por ello, en la ilustración 27 se ha resumido el flujo del vidrio reciclado hasta la planta de producción. Tal cual se mencionó en el capítulo 2, para la producción de vidrio nuevo se utiliza vidrio reciclado roto en la formulación, ya que este disminuye el punto de fusión de la mezcla y por tanto

ahorra costos de energía. Sin embargo, existe un riesgo por contaminación en caso se hallen restos metálicos, cerámicos o de lozas en el vidrio reciclado, ya que estos materiales no logran fundirse y además causan atracones en las líneas de producción como se estudió previamente. EVS, en su proceso de almacenamiento de este material, acopia vidrio reciclado de sus clientes y de diversos proveedores. Estos usuarios le venden tanto vidrio roto limpio como sucio. En el caso del vidrio reciclado sucio, este pasa por un proceso de limpieza que es ejecutado por un operador tercero en los almacenes de materia prima de la planta. Una vez limpio, en vidrio es almacenado para su posterior consumo en planta.

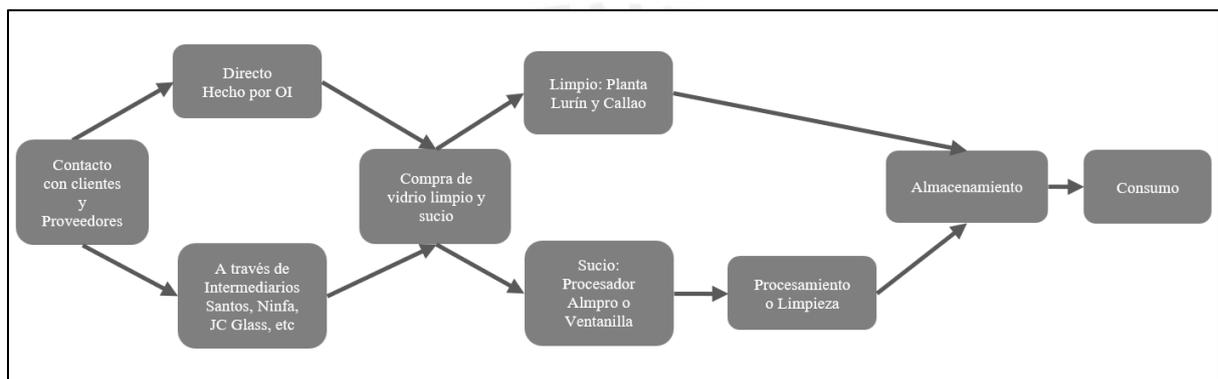


Ilustración 27: Flujo de almacenamiento de vidrio

Este procedimiento está a cargo del área comercial de EVS, quienes son empleados que realizan trabajo remoto, por tanto, no cuentan con mayor cercanía al proceso. En visita a campo se identificó que existen dos actores principales en la gestión del vidrio reciclado de la planta: JC Glass, principal acopiador del material y Santos, procesador del vidrio sucio que ingresa a planta. Las responsabilidades y roles de cada uno no se encontraban documentadas para la compañía, por lo cual, junto a ellos, se desarrolló la descripción que se muestra en la Ilustración 28. Este mapa de responsabilidades fue socializado tanto con los liderazgos de ambas empresas proveedoras como con sus operarios de piso que trabajan en el área de materias primas de EVS.

| JC Glass   | Santos   |
|--|--|
| <p>Empresa Peruana que presta servicios integrales para la gestión ambiental, reciclaje a nivel inclusivo, residuos peligrosos y no peligrosos. Tienen 10 años en el mercado, 9 años con O-I, servicios que prestan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Coordinación logística:</b> al 100% de los clientes y proveedores de cullet en Peru, a través de 5 promotores con cubrimiento nacional (4 Lima y 1 Arequipa), incluye procesador y almacenamiento del cullet.</li> <li>• <b>Transporte y Rotura:</b> en clientes como Backus y Lindley.</li> <li>• <b>Venta de cullet:</b> funciona como intermediario de proveedores no formalizados para la venta de cullet, por lo tanto, compran y nos venden el cullet.</li> <li>• <b>Apoyo a proyectos sostenibilidad:</b> de la mano del área de la compañía, realizan capacitaciones, visitas y planes para el desarrollo sostenible del vidrio en diferentes tipos de clientes o proveedores de vidrio.</li> <li>• <b>Intermediario de compras como POP:</b> para las actividades de sostenibilidad funcionan para la compra de diferentes equipos o materiales requeridos en el proceso.</li> </ul> | <p>Empresa Peruana con más de 20 años de experiencia, actualmente presta servicios de procesamiento/limpieza de cullet, proveedor desarrollado por O-I:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Procesamiento:</b> cuenta con 2 sedes para esta actividad de limpieza, ventanilla donde se todo el proceso y almacenamiento es propio. Al momento solo realiza proceso de limpieza ya que el almacenamiento/espacio es de otro proveedor contratado por O-I.</li> <li>• Su capacidad de procesamiento es de 5,000 ton/mes en las 2 sedes, incluye personal administrativo que envía datos para ingresos en SAP.</li> <li>• Tiene una merma</li> <li>• Planes para realizar apertura de almacén propio en Lurin incluyendo bascula.</li> <li>• <b>Transporte y Rotura:</b> en clientes como Backus y Lindley.</li> <li>• <b>Venta de cullet:</b> funciona como intermediario de proveedores no formalizados para la venta de cullet, por lo tanto, compran y nos venden el cullet.</li> </ul> |

Ilustración 28: Roles y responsabilidades de JC Glass y Santos

#### 4.4.2 Revisión de procedimientos existentes

Una vez entendidos los procesos y actores del flujo de recepción de vidrio en planta, se procedió a revisar los procedimientos existentes que se aplican, específicamente alrededor de la limpieza de vidrio sucio, ya que los problemas de atracones en planta se deben a una filtración de contaminantes del vidrio reciclado que ingresó a la formulación. No se considerará el vidrio limpio que ingresa a la formulación debido a que la cantidad de este tipo de vidrio roto respecto al total es muy baja (menor al 5%).

Tabla 11: Procedimiento previo y desarrollado para la limpieza del vidrio sucio

| Pasos | Procedimiento previo   | Procedimiento desarrollado   |
|-------|--|--|
| 1°    | Se procesa el vidrio para su limpieza  | Se procesa el vidrio para su limpieza  |
| 2°    | Se descarga el vidrio limpio en la zona de almacenamiento  | Santos, como responsable de la limpieza, realiza una inspección de calidad superficial para entregar el vidrio.          |
| 3°    | No se realiza revision de calidad  | Se descarga el vidrio limpio en la zona de almacenamiento  |
| 4°    | Si lo requiere planta se hace una revision previa antes de la entrega a hornos en terminos de calidad, JC Glass hace muestreos aleatorios. | Cada entrega a hornos es precedida por una revisión previa por parte de JC Glass.  |
| 5°    | Cuando se despacha finalmente al área de Hornos, el procesador entrega con guía de remisión.   | Cuando se despacha finalmente al área de Hornos, el procesador entrega con guía de remisión y ficha de calidad del lote. |
| 6°    | Hornos antes de recibirlo para consumo de planta lo revisa superficialmente  | Hornos antes de recibirlo para consumo de planta lo revisa superficialmente  |

Tal cual se muestra en la Tabla 11, son 6 los pasos principales en el flujo de limpieza, almacenamiento y entrega de vidrio a planta. Los cambios sustanciales resaltan en los pasos 2, 4 y 5. Previamente, luego de la limpieza del material, no existía ninguna clase de inspección que realice el proveedor y le ayude a identificar material no conforme, evitando así el desperdicio de almacenamiento de vidrio que no esté totalmente limpio y que pueda ingresar al horno. En la propuesta de paso 2, se vuelve imperativo realizar una inspección de calidad antes de entregar el vidrio para su almacenamiento. De la misma forma, en el paso 4 previo se indica que ante la solicitud de vidrio limpio de planta, se realizaban muestreos ocasionales y aleatorios. En el nuevo procedimiento esta revisión por parte del proveedor JC Glass se vuelve obligatoria. Finalmente, en el paso 5 lo que se propone es añadir una ficha de calidad que muestre las especificaciones del material que se ha inspeccionado. De esta manera, el equipo de hornos, en su inspección superficial validará estos datos para permitir el ingreso del material.

|                                       |                            |                                       |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
|                                       |                            | Fecha: ___/___/___                    |
|                                       |                            | Guía: _____                           |
| <b>Evaluación de vidrio procesado</b> |                            |                                       |
| Cliente: _____                        | <b>Tipo de Vidrio</b>      | BLANCO <input type="checkbox"/>       |
| Peso de Muestreo: _____ Kg.           |                            | AMBAR <input type="checkbox"/>        |
|                                       |                            | VERDE UV <input type="checkbox"/>     |
|                                       |                            | VERDE EMERAL <input type="checkbox"/> |
| <b>VIDRIO DE OTROS COLORES</b>        | MATERIAL FERROSO _____     | Grs.                                  |
| BLANCO _____ %                        | MATERIAL NO FERROSO _____  | Grs.                                  |
| VERDE _____ %                         | MATERIAL REFRACTARIO _____ | Grs.                                  |
| AMBAR _____ %                         | MATERIAL ORGÁNICO _____    | Grs.                                  |
| <b>Vidrio Decorado</b>                |                            |                                       |
| Azul _____ %                          |                            |                                       |
| Verde _____ %                         |                            |                                       |
| Rojo _____ %                          |                            |                                       |
| Amarillo _____ %                      |                            |                                       |
|                                       | CLIENTE                    |                                       |

Ilustración 29: Ficha de calidad

En la Ilustración 29 se presenta la Ficha de calidad propuesta, en esta se incluyen diversos datos cuantitativos como el porcentaje de color del vidrio y los gramos de material ferroso, refractario u orgánico encontrados en las inspecciones. Esta ficha debe ser llenada por JC Glass, ya que es el proveedor encargado de la entrega del vidrio limpio hacia el cliente interno Hornos, que decidirá si se ingresa o no el material en la formulación.

Finalmente, es crucial definir un procedimiento de inspección estandarizado. Luego de entrevistas tanto a los proveedores como al equipo de Hornos se diseñó un procedimiento local que responda a las necesidades de la planta, el detalle se puede encontrar en la Ilustración 30.

### 1. OBJETO

Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento de recepción de los viajes de casco lavado procedente de las planta(s) externas (beneficiado o limpio).

### 2. RESPONSABLE DE LA INSPECCIÓN

Operador de Planta Molienda de turno realiza la inspección quién reporta directamente a Coordinador de Materias Primas.

### 3. PROCEDIMIENTO

Cuando llega el material beneficiado, se hace el muestreo estadístico del casco, el cual consiste en estimar la calidad del lote a partir de una muestra, lo que servirá para decidir la aceptación o rechazo de dicho lote. Con el ánimo de asegurar de que todas las unidades del lote tengan la misma probabilidad de ser elegida, para ello, se realiza un procedimiento de cuarteo. Se debe muestrear el 100% de los vehículos que ingresan con este material para observar la presencia de partículas tales como: anillos, piedras, material metálico, material orgánico e inorgánico, entre otros, indicados en el anexo 1.

- 3.1. Una vez el camión de carga, realice la descarga en el lugar respectivo del casco (Ilustración 1), se debe realizar de manera visual un cuarteo, tal como se indica en la ilustración 2a, es decir, una división visual en cuatro partes de la pila de casco descargada.



Ilustración 1. Pila de casco



Ilustración 2. Cuarteo de pila de casco

Como regla general se debe sacar muestreo de 25 Kg por cada 10 Ton de puntos diferentes del viaje.

Como se puede evidenciar en la Ilustración 2, para un cuarteo de un descargue de casco de promedio 10 Ton, se debe tomar la muestra de 25 kg en cada una de las zonas en el que se presenta en la Ilustración 2c. Para descargues de camiones de capacidad de carga promedio 20 Ton, se debe hacer el cuarteo como se indica en la Ilustración 2b, en el que quedará dividido de manera visual por dos zonas (zona 1 y zona 2), cada una de las partes opuesta a la otra. Para ambas zonas se tomará muestra de 25 Kg, lo que en total sumaría 50 Kg de muestreo para el descargue de 20 Ton.

- 3.2. Si en la muestra de 25 Kg se encuentra alguno de los materiales enunciados en el anexo 1 y supera el valor de especificación se debe devolver el camión, reportar la situación al Coordinador de Materias Primas y Hornos quién emite un reporte con la decisión al Proveedor, informando el incumplimiento de la especificación. Al igual que el punto anterior en lo que respecta a la Granulometría del casco.
- 3.3. Una vez hecha la inspección de casco de los 25 Kg, se pasa por los tamices de malla. 3mm, 10 mm y 70 mm. Y se verifica el cumplimiento de la granulometría. Si en la muestra se encuentra alguno de los materiales enunciados en el anexo 2 y supera el valor de especificación se debe devolver el camión, reportar la situación al Coordinador de Materias Primas y Hornos quién emite un reporte con la decisión al Proveedor, informando el incumplimiento de la especificación
- 3.4. Si en la semana reincide se informa a la Coordinación de Compras de Materias primas para realizar el reclamo respetivo.

Ilustración 30: Procedimiento de inspección

#### 4.4.3 Resultados de mejora de la segunda propuesta

El trabajo arduo de estandarización a través de la creación de procedimientos y formatos que respondan a la realidad del proceso local ha permitido fortalecer el compromiso de todos los actores en este flujo. De la misma forma, es una herramienta potente que previene filtración de contaminaciones no toleradas por la operación. La Tabla 12 muestra el registro de lotes de vidrio previamente limpiado que fue rechazado por el equipo de Hornos ya que en su inspección encontraban elementos no aceptados para la operación. Se cuenta con data desde enero del 2024 y según la misma se registraron 9 eventos en ese mes. Desde el mes de febrero del 2024 se empezaron a aplicar las mejoras descritas previamente, tales como la definición de roles y responsabilidades en proveedores, la ficha de calidad y el procedimiento de inspección. En febrero 2024 se registraron 2 eventos de rechazo de lotes y para los meses de marzo y abril, un solo evento. Se evidencia una mejora sustancial en el proceso.

Tabla 12: Registro de eventos de rechazo de vidrio en Hornos

| Fecha de evento | Lote  | Color de vidrio | Cantidad de material |
|-----------------|-------|-----------------|----------------------|
| 5/01/2024       | 10059 | Ámbar           | 80 Ton               |
| 8/01/2024       | 10060 | Ámbar           | 100 Ton              |
| 9/01/2024       | 10062 | Ámbar           | 50 Ton               |
| 10/01/2024      | 10064 | Ámbar           | 50 Ton               |
| 14/01/2024      | 10067 | Ámbar           | 80 Ton               |
| 18/01/2024      | 10070 | Ámbar           | 80 Ton               |
| 22/01/2024      | 10072 | Ámbar           | 100 Ton              |
| 26/01/2024      | 10074 | Ámbar           | 50 Ton               |
| 30/01/2024      | 10075 | Ámbar           | 50 Ton               |
| 10/02/2024      | 10075 | Ámbar           | 50 Ton               |
| 25/02/2024      | 10072 | Ámbar           | 100 Ton              |
| 26/03/2024      | 10074 | Ámbar           | 50 Ton               |
| 20/04/2024      | 10075 | Ámbar           | 50 Ton               |

#### 4.5 Tercera Propuesta: Kaizen

Kaizen es una filosofía de mejora continua que nació en Japón al igual que la gran mayoría de las herramientas esbeltas. La palabra japonesa significa Kai “bueno” y Zen “cambio”. Aplicar Kaizen debe permitirnos identificar oportunidades de mejora y aplicar proyectos de ganancias rápidas para cerrar las brechas de oportunidades (Imai, 1986). En una empresa de producción continua como EVS, en donde

se tienen distintos procesos y variedad de puestos con diferentes personas que los operan hay una gran oportunidad de encontrar distintas oportunidades para la mejora continua. En esta propuesta de mejora, la metodología estará enfocada en la implementación de un programa de recolección de ideas o proyectos de mejora continua para toda la planta, especialmente en las áreas de formación y materias primas.

#### 4.5.1 Programa Tu idea importa

El programa podría ser descrito como una plataforma interna de la empresa en la que a través de un formulario de Microsoft los técnicos de la empresa puedan registrar ideas o proyectos de mejora continua. Estas ideas o proyectos deben contar con los siguientes elementos a considerar:

The image shows a form titled "TU IDEA IMPORTA" with a logo on the right. The form contains the following fields:

- Nombre del colaborador
- Documento identificación colaborador
- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA
  - ¿Cuál es el problema?
  - ¿Dónde ocurre el problema?
  - ¿Con qué frecuencia ocurre el problema?
- DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA
  - ¿Cuál es la mejora?
  - ¿Cuál es el impacto? (Cuantificar impacto)
  - ¿Cuánto es el tiempo de implementación?
  - ¿Requiere de inversión?

Ilustración 31: Formulario de Tu idea importa

Es indispensable que las ideas puedan ser cuantificables, esto enfocado a poder verificar la factibilidad de la realización de una idea de mejora continua. Se propone la implementación de un comité evaluador de manera que pueda validar la realización de las propuestas por los colaboradores y se asignen los recursos necesarios para su correcta implementación en un corto plazo.

Los impactos esperados de este programa pueden ser derivados bajo el enfoque de seguridad, es decir ideas que reduzcan los riesgos medidos mediante la matriz IPERC; calidad, es decir que reduzcan los defectos que se puedan presentar en el producto y productividad, esto enfocado a la reducción de tiempos perdidos de los procesos o actividades y el aumento de la efectividad en el uso de recursos.

En febrero del 2024 se lanzó el primer ciclo del programa Tu idea importa el cual estuvo activo hasta Junio del 2024, luego de haber seguido las fases de filtro y validación, ejecución y sostenibilidad de los proyectos. Finalmente, 10 proyectos fueron implementados, como se muestra en la Ilustración 32, desde 5 áreas distintas de la planta. Además, en la ejecución participaron 17 personas.



Ilustración 32: Línea del tiempo del Programa Tu idea importa

Se ha propuesto que el programa Tu idea importa se lleve a cabo dos veces al año. De manera que se dé continuidad al ciclo de mejora continua y las ideas que surgen de los equipos siempre tengan la oportunidad de ser inscritas y reconocidas.

#### 4.5.2 Resultados de mejora de la tercera propuesta

La implementación de Kaizen a través del programa Tu idea importa brinda oportunidades de mejora no solo a las área de enfoque de este estudio sino a toda la planta y sus procesos. Sin embargo, cabe recalcar que en este ciclo se implementó un proyecto desde el área de Hornos muy relacionado a las problemáticas que se busca eliminar.

Como se mencionó previamente, el equipo de Hornos es el responsable del acondicionamiento del vidrio fundido. Reciben las materias primas de la formulación, como el vidrio roto, arenas y minerales y lo funden a altas temperaturas. Este vidrio se transporta por canales para ser entregado a las máquinas formadoras. En este ciclo de Tu idea importa se presentó un proyecto titulado “Pulmón de aire para

burbujeadores en el Horno C”. Un técnico de operación en Hornos notó que los burbujeadores que utilizaba para entregar oxígeno al vidrio fundido perdían presión cuando eran utilizados en paralelo. Por tanto, su propuesta fue instalar un tanque pulmón que entregue aire comprimido a todos los burbujeadores, tal cual se detalla en la Ilustración 33. Al trabajar con una presión estable la entrega de oxígeno pasó a ser uniforme en los diferentes puntos de los canales. Esta mejora fue muy significativa ya que estabilizaba las temperaturas del vidrio entregado a Formación y evitaba atracones seccionales y de máquina por vidrio frío o sobrecalentado. Además, el ahorro del proyecto se justifica porque al entregar oxígeno de manera más uniforme, se pudo reducir la potencia de la llama de fundición en algunos puntos del proceso, lo cual a su vez se traduce en menor consumo de combustible.

**Pulmón de aire para burbujeadores en el HC**

**Centro de proceso:** Hornos & Batch House  
**Integrantes:** Edgar Carrillo  
**Sponsor:** Cristina Ysique/Ronald Goicochea

**Situación previa:** Un skid alimentaba independientemente a cada burbujeador en la línea de burbujeo. Al ajustar la presión de uno reducía la presión en otro y provocaba taponeos seguidos.  
**Descripción:** Se instaló un tanque pulmón de aire comprimido que alimenta a todos los burbujeadores en línea en simultáneo. Esto mantiene la presión necesaria en todos los burbujeadores y alarga su tiempo de vida.  
**Impacto:** ✓ Medio Ambiente    ✓ Costos    ✓ Seguridad

**Ahorro:** \$ 25,510

The infographic includes three photographs: a large industrial skid, a close-up of the blue air tank, and a view of the furnace area with the new system installed.

Ilustración 33: Proyecto Tu idea importa en Hornos

## 4.6 Cuarta Propuesta: Gemba

Gemba es un término japonés que se traduce como “el lugar donde ocurre el trabajo” y se refiere a la práctica de ir directamente al lugar donde ocurren los problemas para observar y entender de primera mano (Imai, 2012). La necesidad de aplicar Gemba en EVS se evidenció ya que la alta dirección cayó en cuenta que nunca había observado el proceso de limpieza de vidrio de primera mano. Para ello se diseñaron las propuestas de mejora explicadas a continuación.

### 4.6.1 Gemba y Seguridad: La herramienta *Walk and Talk*

En EVS la Seguridad es un valor y una prioridad. La compañía, desde la dirección corporativa, hace unos años señaló la necesidad de contar con una herramienta de acompañamiento en seguridad para acompañar las actividades de planta. Esta herramienta es ejecutada por los líderes de planta y consiste

en observar una actividad que se esté realizando con énfasis en necesidades y consideraciones de seguridad. Cuando se encuentre el momento adecuado, se detiene el trabajo para conversar con la persona que lo ejecuta. A él o ella se le pregunta si conoce los peligros, riesgos y controles de su área de trabajo, si cuenta con los EPPs adecuados y en buen estado, si mantiene el orden y limpieza para trabajar, entre otros puntos guía para la conversación. Además, también se abre el espacio para que los trabajadores propongan mejoras en términos de seguridad o soliciten correcciones de sistemas que no estén en funcionamiento. Todas estas preguntas han sido sistematizadas en un formulario, tal cual se muestra en la Ilustración 34. El detalle de la estructura se puede leer en el Anexo 2.



Ilustración 34: Formulario *Walk and Talk*

Tras la problemática de atracones continuos en el Horno C de enero del 2024 y luego de la investigación que permitió entender que el problema estaba muy relacionado con el área de procesamiento y limpieza de vidrio, se propuso incluir la zona de Materias Primas como un área para realizar *Walks and Talks*. Por acuerdo de gerencia junto al área de Seguridad, cada líder, coordinador o analista debe realizar un *Walk and Talk* semanal. Las respuestas registradas se envían por correo para que los encargados de cada área tengan conocimiento de sus oportunidades de mejora en temas de seguridad, como se muestra en la Ilustración 35.

WALK & TALK VALERIA IGLESIAS 2024-07-31

¡EQUIPO!, compartimos el W&T realizado por VALERIA IGLESIAS para reforzar los comportamientos positivos esperados, así como también para corregir las oportunidades de mejora identificadas.

### EHS WALK & TALK ARCHA

| Comportamiento Esperado   | Resultado | Comportamiento Observado:   | Observaciones:   |
|---|-----------|---|--|
| ¿El colaborador conoce los peligros, riesgos y controles de su área de trabajo?                                   | SI        | ¿Algún comportamiento excepcional observado? ¿Proporcione un refuerzo positivo! | Buen conocimiento de riesgos y buena actitud   |
| ¿Todos los puntos de atrapamiento y/o aplastamiento de los equipos están protegidos con guardas?                  | NO        | ¿Algún comportamiento para mejorar sobre lo observado?                          | La forma en la que se hace esta actividad debe ser revisada, es una posición muy disergonómica, hay posibles puntos de atrapamiento muy cercanos y se utilizan maderas como herramientas inadecuadas |
| ¿El colaborador usa la herramienta apropiada para el retiro de muestras de la malla del archa?                    | NO        | ¿Alguna acción correctiva acordada entre el observador y el colaborador?        | Se reforzó tener mucho cuidado en la posición de apoyo para evitar atrapamientos   |
| El colaborador cuenta con sus EPPs completos: Lentes de seguridad, casco, protección auditiva y guantes anticorte | SI        | ¿Algún comentario del operador / colaborador?                                   | Trabajar en algún diseño de herramientas para eliminar esta posición de apoyo en cada comida de chatas   |

Ilustración 35: Registro de Formulario Walk and Talk

De manera adicional, se observó que quedaba una oportunidad para hacer visible el seguimiento de la ejecución de *Walk and Talks* entre los líderes de planta ya que no siempre se cumplía con la solicitud de un registro por semana. Para ello se diseñó un reporte en *Power Bi*, el cual se observa en la Ilustración 36, que de manera muy visual muestra el estatus diario de la herramienta y las zonas donde se ha realizado. Además, se programó en *Power Automate* un correo automático que envía la actualización diaria del mismo sin generar trabajo extra al área de Seguridad. Luego de esta mejora, el cumplimiento mensual se elevó de 90% a 98%.

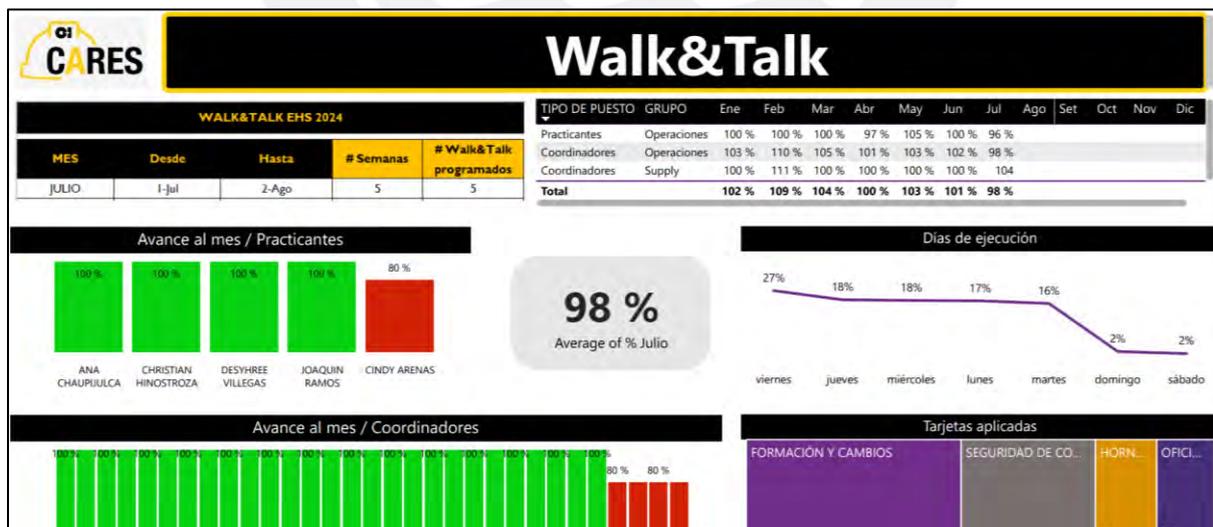


Ilustración 36: Reporte *Walk and Talk*

#### 4.6.2 Cronograma de visitas a sitio

Otro punto de desarrollo importante fue el acercamiento de la gerencia hacia el sitio para la supervisión y acompañamiento de las herramientas en las que previamente se ha trabajado, como las 5S, la cultura de Mejora Continua y sobre todo el respeto a los nuevos procedimientos desarrollados en el Trabajo Estándar. Además, para una correcta y sostenible gestión de cambio es importante gestionar la resistencia (Kotter, 1996). Es crucial abordar y resolver preocupaciones y dudas que puedan surgir en los empleados. Para que aquellos espacios de consulta se materialicen se conformó un equipo de implementación Gemba, quienes ejecutarán visitas inopinadas al área de Materias Primas con el único propósito de verificar si los procedimientos y protocolos están siendo respetados. Las visitas deben seguir una estructura: En primer lugar, se verificarán las condiciones de seguridad del área, tales como señalizaciones, uso adecuado de EPPs y sistemas en movimiento. De ser posible, se ejecutará un *Walk and Talk* en la zona. En segundo lugar, se acompañará un muestreo de calidad de vidrio limpio, verificando el respeto a los parámetros aceptables. En tercer lugar, se debe solicitar una ficha de calidad de un lote al azar y corroborar su correcto llenado. Para finalizar, se debe consultar a los operarios si hay alguna oportunidad o mejora que deseen comunicar respecto a los cambios últimos implementados respecto a sistemas y metodologías. En la Ilustración 37 se observa a los integrantes del Equipo Gemba, cada uno de ellos realizará una visita mensual al sitio y llevará los hallazgos a las reuniones mensuales de implementación.

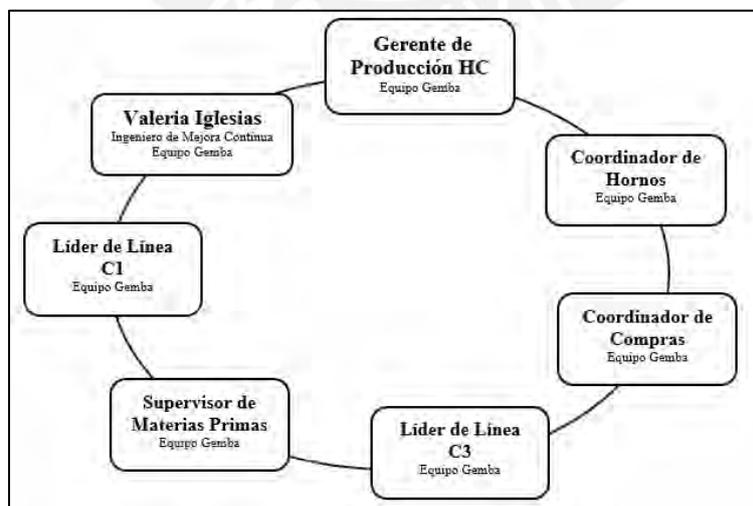


Ilustración 37: Equipo Gemba

### **4.6.3 Resultados de mejora de la cuarta propuesta**

Tal cual se mencionó previamente, el trabajo alrededor de la Gestión Visual de cumplimiento de los *Walk and Talks* elevó el compromiso del equipo, lo cual, desde el enfoque preventivo, fortalece la cultura de seguridad en planta. El pase de 90% a 98% es significativo, sobre todo por la rapidez de su mejora en el indicador, tan solo un mes luego de la implementación.

Es también muy importante recalcar que la herramienta Gemba funciona como un soporte para las implementaciones previas y asegura que las mejoras obtenidas sean sostenibles en el tiempo. Por ejemplo, en la Tabla 12 se mostraba la reducción en los eventos de rechazo de vidrio por parte de Hornos luego de la implementación del procedimiento que evitaba error humano y estandarizaba nuestras formas de inspección. El reto mayor es sostener este cambio y eventualmente eliminar este tipo de eventos para entregar la mayor estabilidad posible a la operación.

### **4.7 Quinta Propuesta: RCA**

RCA o Análisis de Causa Raíz es una metodología utilizada para encontrar las causas fundamentales de problemas o fallos en procesos o equipos. El objetivo es resolver un problema de manera que no vuelva a ocurrir (Kaye, 2004). Esta herramienta tiene raíces en varias técnicas de resolución de problemas tales como el Diagrama de Ishikawa y los 5 porqués.

Al momento de la implementación de este proyecto en EVS existía el concepto de “Cierre de evento”. Es decir, ante una falla de equipo o desviación de calidad en el producto se exigía al centro de proceso que correspondía entender qué sucedió y hacer planes de acción para dar por cerrado el evento. Sin embargo, no existía un formato estándar con una estructura y ciertas herramientas de calidad que debían ser utilizadas obligatoriamente.

#### **4.7.1 Formato Estándar de RCA**

En primer lugar, se propuso el establecimiento de un formato estándar de RCA, el detalle se observa en la Ilustración 38. Se iniciará detallando la descripción del evento sucedido, luego, para entender las causas del problema, se realizará un Diagrama de Ishikawa. A través de las 6 categorías y junto a un

equipo multidisciplinario se determinará cuál de ellas podría ser finalmente la causa principal. Es importante validar en campo esta hipótesis.

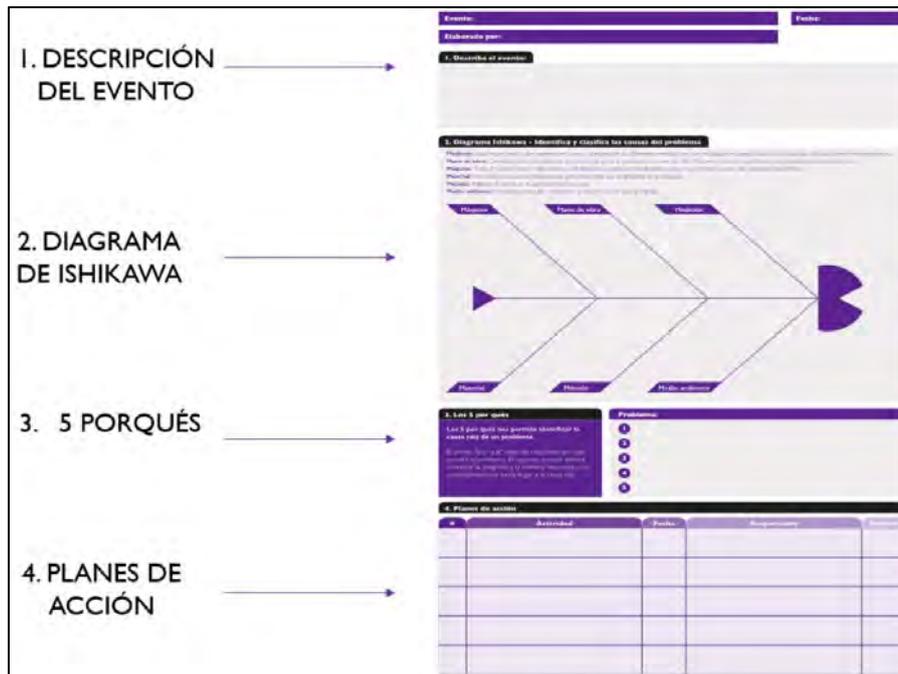


Ilustración 38: Formato RCA

A esta causa principal se le debe aplicar la herramienta 5 porqués, para finalmente llegar a la causa raíz. En base a ello se generarán planes de acción con los pendientes para asegurar que el problema no se repita en futuras ocasiones o equipos similares.

Este formato fue socializado en primer lugar con la gerencia de EVS, luego con el equipo de coordinadores e ingenieros y finalmente con los técnicos de la planta. Se realizó también una capacitación virtual para asegurar que el equipo entienda el paso a paso de la herramienta y la utilice correctamente.

#### 4.7.2 Gatilladores de RCA

Con la implementación de este formato se gestaban aún algunas dudas en el equipo de planta. Cuándo es obligatorio hacer un RCA y cuánto tiempo máximo debe tomarnos hacerlo eran incógnitas en ese momento. Para responderlas se propuso la definición de gatilladores para la generación de RCAs.

| CENTRO DE PROCESO    | CRITERIOS PARA HACER UN ACR (ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)   |
|----------------------|--|
| <b>Formación/FMU</b> | Descarte $\geq$ 1 hora (Considerar el T. archa para las de más de 60 min)  |
|                      | 1 Turno bloqueado por defecto crítico  |
|                      | 3% por debajo del proyectado de la referencia  |
|                      | Retenido HB: Observado x turno $>$ 6 pallets<br>Retenido HC: Observado x turno $>$ 8 pallets                                 |
| <b>Cambios</b>       | 1 parada 15 min/máq fuera del tiempo de cambio proyectado  |
|                      | Retenido HB en JC: Observado $>$ 6 pallets<br>Retenido HC en JC: Observado $>$ 8 pallets                                     |
| <b>Máquinas</b>      | 1 parada $>$ 2hr/sección 0 15 min/máq o paradas con potencial muy alto (Definido por UPM o FMU)                              |
| <b>Moldes</b>        | 1 parada $>$ 10 min/máq acumulados   |
|                      | Ingreso de Moldura errónea (Boquilleras, Tapas, Fondos, Machos, etc)   |
| <b>Zona Fría</b>     | Retenido HB: Mayor a 7 pallets x mes x FMU debido a fallas en ZF (BYPASS, NO BOTAR PATRONES, ETC)                            |
|                      | Retenido HC: Mayor a 10 pallets x mes x FMU debido a fallas en ZF (BYPASS, NO BOTAR PATRONES, ETC)                           |
|                      | Paradas de equipos que requieran MOE   |
| <b>Hornos</b>        | Todo evento que genere desviación de la calidad del vidrio   |
|                      | Todo evento de apertura de chute por mal recocido  |
|                      | Variación de temperatura de fondo por encima de 10°C en 24 horas (Exceptuando extracción de +/- 10% y cambio de color)       |
| <b>TAM/TAEE</b>      | 1 parada $>$ 2hr/sección o 15min/máq   |
|                      | Parada de planta por temas internos  |
|                      | Parada de cualquier equipo en B&H mayor a 2 horas por falla (Correctivo)   |
|                      | Pérdidas $\geq$ a 10 min de apertura de chute por fallas en tratamiento en frío, tratamiento en caliente o aplicación de DFC |

Ilustración 39: Gatilladores RCA

Los gatilladores vienen a ser eventos, condiciones o señales que indican que un problema o fallo ha ocurrido o que puede estar ocurriendo en planta (Kaye, 2004). Pueden ser cambios en las condiciones del proceso, retrabajos, tiempos perdidos o errores recurrentes. En EVS la propuesta fue definir gatilladores para cada centro de proceso, de manera que los modos de falla y a su vez la responsabilidad de ejecución de RCA quedó dividida en todo el equipo. En la Ilustración 39 se puede ver que cada parte del proceso se asocia a 3 o 4 gatilladores. Cabe recalcar que dentro de los criterios de Hornos se incluyó un gatillador para las desviaciones de calidad de vidrio. Es decir, nuevos eventos de contaminación de vidrio reciclado deberán ser investigados por el equipo hasta llegar a la causa raíz.

#### 4.6.3 Resultados de mejora de la quinta propuesta

La implementación del formato RCA permitió no solo a las áreas de Formación y Hornos mejorar la recurrencia de eventos de falla, sino que, la mejora se percibió en toda la planta. Se logró reducir la duplicidad de eventos en equipos o máquinas similares ya que aseguramos llegar a las causas raíz en cada problema. Como se observa en la Ilustración 40, desde la implementación de esta herramienta en el mes de julio del 2024, la tendencia de eventos de falla mayores, es decir, que gatillan un RCA ha disminuido en el tiempo. RCA también es una herramienta que se sostiene en una cultura de mejora continua y en buenas prácticas como procedimientos sólidos, 5S y cercanía a los operarios a través de Gemba.

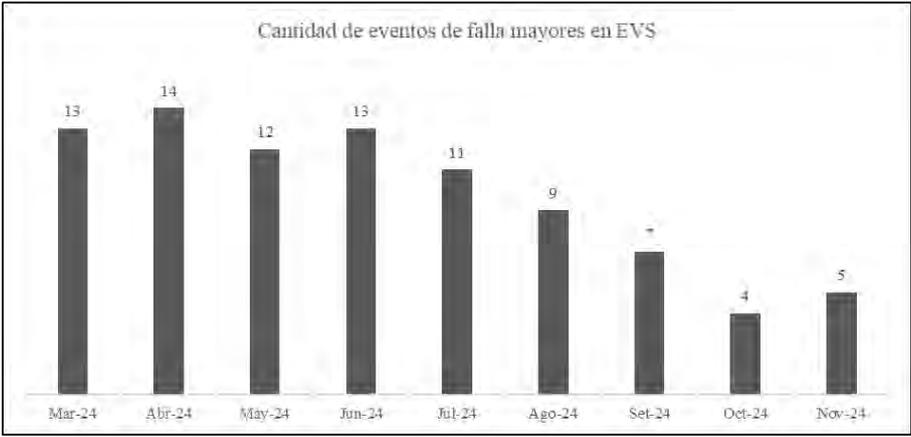


Ilustración 40: Tendencia de eventos de falla mayores en EVS

## 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se evaluarán los impactos económicos de cada una de las 5 propuestas antes desarrolladas de manera independiente: 5S, Trabajo Estándar, Kaizen, Gemba y RCA. La data de costo hora hombre y costo por tonelada de vidrio ha sido proporcionada por EVS. Para cada propuesta, el proceso de evaluación será el siguiente: definición del monto de inversión para la implementación y cálculo del ahorro generado con la misma. Finalmente, se realizará un análisis financiero del proyecto con los gastos y ahorros totales. La evaluación económica estará basada en un periodo de 12 meses, dentro de los cuales se analizarán los ratios TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto).

### 5.1 Impacto económico de la implementación de 5S

El análisis del impacto económico de la implementación de las 5S tendrá como alcance cada costo de la implementación versus el impacto de ahorro en las mejoras que se lograron.

#### 5.1.1 Cálculo de inversión de la implementación de 5S

Tabla 13: Inversión de la implementación de 5S

| Etapa                    | Concepto                       | Costo Unitario (PEN) | Cantidad | Total (PEN) |
|--------------------------|--------------------------------|----------------------|----------|-------------|
| Sensibilización          | Alquiler de toldo (EA)         | 500                  | 1        | 500         |
|                          | Helados (EA)                   | 2                    | 50       | 100         |
|                          | Cojines 5S (EA)                | 40                   | 8        | 320         |
|                          | Cargadores de celulares (EA)   | 25                   | 15       | 375         |
|                          | Letreros (EA)                  | 30                   | 4        | 120         |
|                          | Capacitador externo (HH)       | 250                  | 2        | 500         |
| Seiri Selección          | Papelería (EA)                 | 50                   | 1        | 50          |
|                          | Rótulos de despeje (EA)        | 5                    | 50       | 250         |
|                          | Pallets para desecho (EA)      | 30                   | 2        | 60          |
| Seiton Orden             | Guantes de hilo (EA)           | 5                    | 10       | 50          |
|                          | Balde de pintura (L)           | 20                   | 5        | 100         |
|                          | Brochas (EA)                   | 10                   | 5        | 50          |
| Seiso Limpieza           | Cinta de embalaje (EA)         | 3                    | 3        | 9           |
|                          | Detergente (KG)                | 10                   | 3        | 30          |
|                          | Lejía (L)                      | 5                    | 3        | 15          |
|                          | Alcohol medicinal (L)          | 8                    | 3        | 24          |
|                          | Desesngrasante (KG)            | 15                   | 5        | 75          |
|                          | Trapo industrial (KG)          | 25                   | 3        | 75          |
| Seiketsu Estandarización | Escoba (EA)                    | 15                   | 1        | 15          |
|                          | Recogedor (EA)                 | 10                   | 1        | 10          |
| Shitsuke Disciplina      | Mapa de ubicación impreso (EA) | 20                   | 2        | 40          |
|                          | Auditoría externa (HH)         | 300                  | 1        | 300         |
|                          | Pizarra 5S (EA)                | 500                  | 1        | 500         |
| <b>TOTAL</b>             |                                |                      |          | <b>3568</b> |

La Tabla 13 muestra el detalle de inversión para la implementación de 5S en el área de Formación de EVS. El monto total es de 3568 PEN para esta área. Además, recordemos que corresponde a un periodo de desarrollo en 12 meses. Llevar a cabo la metodología 5S en el área de Materias Primas debería costar el mismo monto, lo cual sumaría un total de 7136 PEN.

### 5.1.2 Cálculo de ahorro de la implementación de 5S

La metodología 5S, como se mencionó previamente, busca mejorar la calidad de trabajo de los técnicos de EVS para así evitar tanto accidentes laborales como errores que generen riesgos en la calidad o pérdidas de productividad. El ahorro de la implementación se basa en la reducción de eventos de pérdidas de herramientas que previamente era un problema crónico.

Tabla 14: Valorización de la reducción de pérdidas de herramientas

| Operador     | Nº Eventos previos | Nº Eventos posteriores | Diferencia  | Costo unitario | Costo total   |
|--------------|--------------------|------------------------|-------------|----------------|---------------|
| 1            | 4                  | 1                      | 3           | 30             | 90            |
| 2            | 5                  | 0                      | 5           | 45             | 225           |
| 3            | 3                  | 1                      | 2           | 50             | 100           |
| 4            | 4                  | 1                      | 3           | 40             | 120           |
| 5            | 6                  | 2                      | 4           | 35             | 140           |
| 6            | 5                  | 1                      | 4           | 55             | 220           |
| 7            | 6                  | 1                      | 5           | 30             | 150           |
| 8            | 4                  | 0                      | 4           | 40             | 160           |
| <b>Total</b> | <b>37.0</b>        | <b>7.0</b>             | <b>30.0</b> | <b>40.6</b>    | <b>1218.8</b> |

En la Tabla 14 se puede observar el resumen de número de eventos de pérdidas de herramientas antes y después del desarrollo de las 5S, específicamente, desde el paso “Orden” en el área junto a su valoración en unidades monetarias. El costo unitario es variable ya que no todos los operarios tienen las mismas herramientas, sino más bien estas responden a sus funciones. En resumen, se pasó de 37 eventos mensuales a 7, con un costo promedio de 40.6 PEN de pérdida. Se logró un ahorro de 1218.8 PEN y 14625 PEN anuales.

Los eventos de pérdidas de herramientas son menores pero también existen en el área de Materias Primas. Debido a la naturaleza de la operación, se sabe que se registran 20 eventos de pérdidas mensuales y al ser las herramientas más sencillas, el costo promedio de pérdida por evento es de 28.5

PEN. Por tanto, se estima que con la implementación de las 5S, bajo el mismo ratio de éxito, habría una reducción hasta máximo 4 eventos de pérdida al mes lo cual significaría un ahorro de 456 PEN mensual y 5472 PEN anuales.

## 5.2 Impacto económico de la implementación de Trabajo Estándar

El análisis del impacto económico de la implementación del Trabajo estándar tendrá como alcance los costos de identificación de procesos en campo y sus propuestas de mejora versus el impacto de ahorro en la reducción de lotes de vidrio rechazados.

### 5.2.1 Cálculo de inversión de la implementación de Trabajo Estándar

La Tabla 15 muestra el detalle de inversión para la implementación de la metodología de Trabajo Estándar. En esta, algunas actividades no tendrán un costo asociado ya que fueron desarrolladas y lideradas por personal propio de EVS, como la Toma de data del proceso o Definición de responsabilidades y roles. Sin embargo, un cambio significativo fue el del aumento de inspecciones para el vidrio procesado tanto para su almacenamiento como para su posterior despacho hacia el área de Hornos. Estas inspecciones a su vez se traducen en un aumento de uso del tiempo de la mano tercera. De manera adicional, la implementación de la ficha de calidad se concretará con la impresión del diseño antes presentado. Todos estos cambios implican una inversión de 22.1 PEN por turno. Este proceso de limpieza de vidrio solo se realiza en turno día y de lunes a viernes, por tanto, la inversión anualizada representa un monto de 5746 PEN.

Tabla 15: Valorización de la implementación del Trabajo Estándar

| <b>Etapa</b>                           | <b>Actividad</b>  | <b>Responsable</b>           | <b>Costo Unitario (PEN)</b> | <b>Cantidad (EA o HH)</b> | <b>Cantidad (En un turno)</b> | <b>Total (PEN)</b> |
|--|---|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Identificación de procesos principales | Toma de data del proceso (EA)   | Ingeniero de Mejora Continua | 0                           | 1                         | 1                             | 0                  |
|  | Definición de responsabilidades y roles JC Glass y Santos (EA)                      | Ingeniero de Mejora Continua | 0                           | 1                         | 1                             | 0                  |
| Revisión de procedimientos existentes  | Generación de procedimiento para la limpieza e inspección de vidrio (EA)            | Ingeniero de Mejora Continua | 0                           | 1                         | 1                             | 0                  |
|  | Inspección de calidad antes de entregar el vidrio para su almacenamiento (HH)       | Santos                       | 15                          | 0.25                      | 2                             | 7.5                |
|  | Tiempo para la inspección de calidad antes de despachar el vidrio hacia hornos (HH) | JC Glass                     | 14                          | 0.25                      | 2                             | 7                  |
|  | Impresión de fichas de calidad (EA)   | Ingeniero de Mejora Continua | 1                           | 1                         | 2                             | 2                  |
|  | Tiempo para el llenado de ficha de calidad (HH)                                     | JC Glass                     | 14                          | 0.2                       | 2                             | 5.6                |
| <b>TOTAL</b>                           |   |                              |                             |                           |                               | <b>22.1</b>        |

### 5.2.2 Cálculo de ahorro de la implementación del Trabajo Estándar

El cálculo del ahorro de la implementación del Trabajo Estándar está asociado a la reducción de eventos de lotes rechazados y enviados a reproceso desde el área de Hornos hacia Materias Primas. En el mes de enero del 2024 se llevó un registro de estos eventos, sin embargo, no se contaba con esta información para meses previos. Por esta razón, se hizo una encuesta a los 6 operadores del área para tener una cantidad referencial de eventos registrados a lo largo del año anterior. Tal cual se muestra en la Tabla 16, en todos los meses previos se registraron entre 5 a 9 eventos de rechazo que implicaron un reproceso del vidrio.

Tabla 16: Lotes rechazados a lo largo del 2023

| Operador                    | Feb-23     | Mar-23     | Abr-23     | May-23     | Jun-23     | Jul-23     | Ago-23     | Set-23     | Oct-23     | Nov-23     | Dic-23     | Ene-24     |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1                           | 7          | 5          | 8          | 9          | 6          | 8          | 8          | 6          | 7          | 8          | 7          | 9          |
| 2                           | 6          | 5          | 8          | 8          | 7          | 8          | 7          | 5          | 7          | 8          | 8          | 9          |
| 3                           | 6          | 6          | 8          | 8          | 7          | 8          | 6          | 5          | 8          | 8          | 8          | 9          |
| 4                           | 7          | 6          | 7          | 9          | 6          | 8          | 7          | 5          | 7          | 9          | 8          | 9          |
| 5                           | 7          | 5          | 8          | 8          | 7          | 9          | 8          | 6          | 8          | 8          | 7          | 9          |
| 6                           | 6          | 5          | 7          | 9          | 7          | 9          | 6          | 5          | 7          | 9          | 8          | 9          |
| <b>Promedio de rechazos</b> | <b>6.5</b> | <b>5.3</b> | <b>7.7</b> | <b>8.5</b> | <b>6.7</b> | <b>8.3</b> | <b>7.0</b> | <b>5.3</b> | <b>7.3</b> | <b>8.3</b> | <b>7.7</b> | <b>9.0</b> |

Se logró obtener data también de los meses de febrero, marzo y abril del 2024. Luego de la implementación de la metodología los eventos de rechazo se redujeron a 2, 1 y 1 respectivamente por mes. Para el cálculo del ahorro anualizado se asume que la tendencia de 1 rechazo al mes se mantendrá a lo largo del 2024.

Tabla 17: Reducción de eventos de rechazos

| Previo a implementación |                      | Posterior a implementación |                      | Reducción   |
|-------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------|
| Mes                     | Cantidad de rechazos | Mes                        | Cantidad de rechazos |             |
| Feb-23                  | 6.5                  | Feb-24                     | 2                    | 4.5         |
| Mar-23                  | 5.3                  | Mar-24                     | 1                    | 4.3         |
| Abr-23                  | 7.7                  | Abr-24                     | 1                    | 6.7         |
| May-23                  | 8.5                  | May-24                     | 1                    | 7.5         |
| Jun-23                  | 6.7                  | Jun-24                     | 1                    | 5.7         |
| Jul-23                  | 8.3                  | Jul-24                     | 1                    | 7.3         |
| Ago-23                  | 7.0                  | Ago-24                     | 1                    | 6.0         |
| Set-23                  | 5.3                  | Set-24                     | 1                    | 4.3         |
| Oct-23                  | 7.3                  | Oct-24                     | 1                    | 6.3         |
| Nov-23                  | 8.3                  | Nov-24                     | 1                    | 7.3         |
| Dic-23                  | 7.7                  | Dic-24                     | 1                    | 6.7         |
| Ene-24                  | 9.0                  | Ene-25                     | 1                    | 8.0         |
| <b>TOTAL</b>            |                      |                            |                      | <b>74.6</b> |

En la Tabla 17 se puede observar el detalle mes a mes de reducción de eventos de rechazo gracias a los procedimientos establecidos con esta metodología. Se observa un potencial de reducción de casi 75 eventos de rechazo en un año.

Para valorizar el costo asociado a un lote de vidrio rechazado se debe entender que el proveedor tiene capacidad de procesamiento de 2 lotes por turno, es decir, 520 en un año aproximadamente. La empresa tercera contrata 5 personas para el proceso de limpieza y lavado. El vidrio sucio es recibido y vertido en una gran tolva utilizando un cargador frontal. La tolva, a través de un sistema de sacudido, dosifica la entrega del vidrio sucio en una faja transportadora donde los operarios retiran todos los elementos no permitidos en el vidrio de ingreso al horno. Al final de la faja, el vidrio limpio cae formando un montículo que es transportado nuevamente con un cargador frontal hacia la zona de almacenamiento. El proceso en su totalidad toma alrededor de 3.5 horas, se considera una hora de almuerzo y jornadas de 8 horas al día.

Tabla 18: Costos de procesamiento de vidrio en un turno

| Concepto  | N° de personas | Costo Unitario<br>(HH o PEN kWh) | Cantidad | Total       |
|---|----------------|----------------------------------|----------|-------------|
| Operadores de limpieza de vidrio                                      | 5              | 15                               | 8        | 600         |
| Conductor de cargador frontal   | 1              | 35                               | 8        | 280         |
| Alquiler de cargador frontal  | N/A            | 200                              | 8        | 1600        |
| Consumo de energía de la faja transportadora y el sistema de sacudido | N/A            | 0.7                              | 40       | 28          |
| <b>TOTAL</b>  |                |                                  |          | <b>2508</b> |

El rechazo de un lote desde Hornos implica el reproceso completo del vidrio. Por tanto, entendiendo que se tiene capacidad para reprocesar 2 lotes por turno y que en un turno se incurren en gastos por 2508 soles, se necesitarían 37 turnos para reprocesar los 74.6 lotes rechazados que se logró reducir luego de la implementación de la metodología. Esto a su vez se traduce en un ahorro anual de 92796 PEN.

### 5.3 Impacto económico de la implementación de Kaizen

El análisis del impacto económico de la implementación de la metodología Kaizen tendrá como alcance los costos, el diseño y comunicación del programa Tu idea importa. Además, reportará como ahorro el impacto en reducción de costos de las ideas que surjan del programa.

#### 5.3.1 Cálculo de inversión de la implementación de Kaizen

El programa Tu idea importa fue desarrollado de manera interna en la planta EVS como una iniciativa del equipo de Mejora Continua. Debido a la licencia de software con la que ya contaba la compañía, la creación del formulario no recibió ningún costo asociado. De igual manera, para la formación del comité evaluador se contó con el apoyo de los directivos de EVS que accedieron a brindar su tiempo. Por otro lado, para lograr un mayor impacto en el equipo de planta se contactó a un diseñador externo que creó *flyers* de comunicación interna y un logo, todo este servicio fue cotizado por un solo monto, que es detallado en la Tabla 19. Finalmente, se imprimieron 4 carteles para la planta, los cuales tienen la intención de acercar el programa hacia el cuerpo técnico y motivar la inscripción de sus ideas de mejora.

El monto total de inversión del programa es de 1300 PEN por ciclo. Como se planea realizar 2 ciclos al año, se puede concluir que la inversión anualizada es de 2600 PEN.

Tabla 19: Costos de lanzamiento del programa Tu idea importa

| Concepto                                | Cantidad | Costo | Total       |
|---|----------|-------|-------------|
| Creación de formulario                  | 1        | 0     | 0           |
| Implementación del comité evaluador     | 1        | 0     | 0           |
| Diseño de comunicación interna          | 1        | 500   | 500         |
| Carteles para diversos puntos en planta | 4        | 200   | 800         |
| <b>Total</b>                            |          |       | <b>1300</b> |

### 5.3.2 Cálculo de ahorro de la implementación de Kaizen

Se mencionó en el apartado 4.5.2 que en el primer ciclo de lanzamiento de Tu idea importa se inscribió un proyecto llamado “Pulmón de aire para burbujeadores en el Horno C” el cual tiene un impacto de reducción de atracones y estabilización de las condiciones del vidrio, problemática que se viene trabajando en reducir en este proyecto, Por ello, el ahorro generado por este proyecto se considerará como el ahorro de implementación de la metodología Kaizen.

#### 5.3.2.1 Proyecto: Pulmón de aire para burbujeadores en el Horno C

Para el cálculo de ahorro del proyecto se tendrá en cuenta la inversión en materiales, el consumo energético del nuevo sistema y su impacto en reducción de uso de combustible en los quemadores de Horno.

##### *Materiales*

El principal material por adquirir es el tanque pulmón. Se necesita un equipo pequeño, de aproximadamente 20 litros. Se cotiza y encuentra a 400 PEN.

##### *Consumo energético*

Se debe considerar además el consumo energético adicional del tanque pulmón, específicamente, su compresor interno. Se considera la siguiente data para el cálculo:

- Capacidad del compresor: 5kW

- Horas de operación diarias: 8 horas (no requiere en las 24 horas de operación).
- Días de operación al año: 300 días (se asume mantenimiento y días de no operación).

Costo anual = Potencia x Horas de operación x Días de operación x Precio por kWh

Costo anual = 5 kW x 8 horas x 300 días x 0.7 PEN/kWh

Costo anual = 8400 PEN

#### *Reducción del flujo de gas en quemadores laterales*

La presión inestable en los burbujeadores antes de la implementación de este proyecto exigía elevar el flujo de gas en los quemadores laterales del horno en un 20% para que el vidrio de mayor temperatura fluya con más facilidad y reciba de manera homogénea el oxígeno de los burbujeadores. Se considera la siguiente data para el cálculo:

- Potencia estándar del quemador: 300 kW
- Poder calorífico del gas natural: 35 MJ/m<sup>3</sup>
- Eficiencia del quemador: 80%
- Horas de operación diarias: 24 horas
- Precio del m<sup>3</sup> de gas natural: 5 PEN.

Consumo diario real = Potencia x Horas de operación x Conversión de MJ / Eficiencia

Consumo diario real = 300kW x 24 horas x 3.6MJ/kWh / 0.80

Consumo diario real = 32400 MJ

Pase a m<sup>3</sup> para facilitar el cálculo:

Consumo diario anual (m<sup>3</sup>) = Consumo diario real (MJ) / Poder calorífico x Días del año

Consumo diario anual (m<sup>3</sup>) = 32400 MJ / 35 MJ/m<sup>3</sup> x 365 = 338571.5 m<sup>3</sup>

Costo anual = Consumo diario anual (m<sup>3</sup>) x Precio por m<sup>3</sup>

Costo anual = 338571.5 m<sup>3</sup> x 5 PEN = 1692860 PEN

Este cálculo muestra el consumo anual valorizado del gas natural que utilizan los quemadores en su operación a lo largo del año. Como se mencionó previamente, la operación con burbujeadores solo se realiza 300 días al año y 8 horas al turno, por tanto representa un 27,4% del tiempo de operación. Se extrapola que el aumento de 15% en el flujo de gas se aplicará solo para esta fracción de tiempo.

Flujo de gas durante uso de burbujeadores = Flujo total x Fracción de tiempo de uso de burbujeadores

Flujo de gas durante uso de burbujeadores = 338571.5 m<sup>3</sup> x 27,4%

Flujo de gas durante uso de burbujeadores = 92759.3 m<sup>3</sup>

Aumento del flujo para facilitar operación de burbujeadores = 92759.3 m<sup>3</sup> x 20% = 18551.7 m<sup>3</sup>

Aumento de flujo valorizado = 18551.7 m<sup>3</sup> x 5 PEN/m<sup>3</sup>

Aumento de flujo valorizado = 92759.3 PEN

A continuación, se muestra la Tabla 20, resumen de los datos previamente expuestos. Se puede concluir que el ahorro generado por este proyecto es de 83959.3 PEN, lo que a su vez se extrapola como el ahorro del programa Kaizen anualizado. Se espera motivar la inscripción de nuevas ideas para que cada año nuevos proyectos de ahorro impacten positivamente la planta EVS.

Tabla 20: Resumen de costos por Proyecto de tanque pulmón

| Concepto  | Costo (PEN)    |
|---|----------------|
| Costo de Tanque pulmón  | 400            |
| Energía que utiliza el tanque pulmón                            | 8400           |
| Ahorro por eliminación de aumento de flujo de gas en quemadores | 92759.3        |
| <b>Ahorro neto</b>  | <b>83959.3</b> |

## 5.4 Impacto económico de la implementación de Gemba

Para realizar el análisis de impacto económico de la implementación de la metodología Gemba se tendrá como alcance los costos de las herramientas implementadas y se reportará como ahorro su impacto de mejora desde diferentes frentes.

### 5.4.1 Cálculo de inversión de la implementación de Gemba

Para la implementación de la metodología Gemba se propuso fortalecer a dinámica de *Walk and Talk*, un formulario que anima a los líderes de EVS a observar una actividad del proceso y conversar de seguridad con los trabajadores. La problemática era que el cumplimiento de la herramienta entre los líderes no siempre llegaba al 100%. Para ello se desarrolló un reporte en *Power Bi* que además se

automatizó para enviarse por correo. Esta implementación no tuvo costo alguno ya que la compañía contaba ya con acceso al software y logró muy buenos resultados por su visibilidad.

Por otro lado, se implementó también un cronograma de visitas al área de materias primas realizado por un equipo designado. La finalidad de estas auditorías era asegurar que los procedimientos de trabajo estándar se estén respetando y crear puentes de comunicación con los trabajadores. Esta mejora tampoco tuvo un costo asociado ya que el equipo Gemba fue conformado por mandos altos y medios de EVS, quienes gustosamente decidieron apoyar el programa. El cronograma y los informes de las visitas son compartidos por correo, herramienta que la compañía ya poseía.

#### **5.4.2 Cálculo de ahorro de la implementación de Gemba**

El impacto de la implementación de Gemba es cultural y por tanto, un tanto difícil de valorizar monetariamente. Sin embargo, tal cual se vio a detalle en el apartado 5.2.2, el éxito de la metodología trabajo estándar radica en el respeto y sostenibilidad de las medidas de organización creadas. Se puede afirmar que sin la implementación del programa Gemba no se podría estimar que la reducción de rechazos en lotes de vidrio procesados se mantenga baja a lo largo del año 2024. Por tanto, la fortaleza de la herramienta Gemba es crucial para materializar el ahorro calculado por la reducción de retrabajos en el área de materias primas.

#### **5.5 Impacto económico de la implementación de RCA**

Para realizar el análisis de impacto económico de la metodología de Análisis de Causa Raíz se tendrá como alcance los costos de diseño y comunicación de la herramienta y se reportará como ahorro su impacto de mejora desde diferentes frentes.

##### **5.5.1 Cálculo de inversión de la implementación de RCA**

Para la implementación de la metodología RCA se desarrollaron 3 frentes importantes. En primer lugar, la implementación de un formato RCA con el paso a paso para resolver e investigar problemas complejos. Este formato fue enviado a un diseñador externo en boceto quien de acuerdo a la paleta de colores y tu tipografía de EVS desarrolló el diseño que finalmente fue socializado con el equipo. En segundo lugar, es importante recalcar que la capacitación virtual que se realizó utilizó los softwares que ya eran propiedad de la compañía, de manera que no generaron un costo adicional. Finalmente, se

solicitó al diseñador externo que imprima un cartel con los gatilladores de RCA, el cual sería colocado en la sala donde se realizan las reuniones de producción para que el equipo los pueda consultar siempre. El resumen de costos se muestra en la Tabla 21, es un total de 250 PEN.

Tabla 21: Conceptos de inversión RCA

| Concepto                    | Cantidad | Costo | Total      |
|-----------------------------|----------|-------|------------|
| Diseño de formato RCA       | 1        | 100   | 100        |
| Capcitación virtual         | 1        | 0     | 0          |
| Cartel con gatilladores RCA | 1        | 150   | 150        |
| <b>Total</b>                |          |       | <b>250</b> |

### 5.5.2 Cálculo de ahorro de la implementación de RCA

Desde la implementación de la metodología RCA se observó una tendencia de reducción de Eventos mayores en EVS, tal cual se mostró en la Ilustración 40 del apartado 4.6.3. Se cuenta con data desde el mes de Marzo 2024 hasta Noviembre del 2024. Los meses de Marzo a Julio son el periodo previo a la implementación y muestran un promedio de 12.6 eventos por mes, mientras que de agosto a noviembre el promedio es 6.3. La valorización monetaria de estos eventos es compleja, debido a que están relacionados a diversos motivos, como fallas de equipos por tiempo perdido, a defectos de calidad en los envases, eficiencias por debajo de lo proyectado, etc. No se ha venido llevado una correcta sistematización de la información para entender el impacto monetario previo. Sin embargo, el enfoque actual sí permite detallar las pérdidas generadas y eventualmente valorizarlas en dinero.

Por otro lado, al recién haberse implementado el rechazo de lotes de vidrio como gatillador RCA, no se tiene una base comparativa para determinar el ahorro. Sin embargo, ese será el enfoque a futuro: fortalecer las dinámicas de control de calidad y evitar que las causas raíz encontradas tengan recurrencia.

## 5.6 Análisis financiero del proyecto

En este apartado se resumirán las inversiones y ahorros de cada metodología previamente detalladas para generar un flujo de caja que permita evaluar los indicadores VAN y TIR.

Tabla 22: Flujo de caja

| Flujo de caja            |                |               |               |               |               |               |                |                |                |                |                |                |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Herramienta              | Mes 1          | Mes 2         | Mes 3         | Mes 4         | Mes 5         | Mes 6         | Mes 7          | Mes 8          | Mes 9          | Mes 10         | Mes 11         | Mes 12         |
| Ingresos                 |                |               |               |               |               |               |                |                |                |                |                |                |
| 5S                       | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 1218.8         | 1218.8         | 1218.8         | 1218.8         | 1218.8         | 1218.8         |
| Trabajo Estándar         | 0              | 5643          | 5392.2        | 8401.8        | 9405          | 7147.8        | 9154.2         | 7524           | 5392.2         | 7900.2         | 9154.2         | 8401.8         |
| Kaizen                   | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 6996.6         | 6996.6         | 6996.6         | 6996.6         | 6996.6         | 6996.6         |
| Gemba                    | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| RCA                      | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| <b>Total</b>             | <b>0.0</b>     | <b>5643.0</b> | <b>5392.2</b> | <b>8401.8</b> | <b>9405.0</b> | <b>7147.8</b> | <b>17369.6</b> | <b>15739.4</b> | <b>13607.6</b> | <b>16115.6</b> | <b>17369.6</b> | <b>16617.2</b> |
| Egresos                  |                |               |               |               |               |               |                |                |                |                |                |                |
| 5S                       | 1415           | 550           | 360           | 0             | 0             | 159           | 0              | 244            | 40             | 0              | 300            | 500            |
| Trabajo Estándar         | 0              | 464.1         | 464.1         | 464.1         | 464.1         | 464.1         | 464.1          | 464.1          | 464.1          | 464.1          | 464.1          | 464.1          |
| Kaizen                   | 0              | 1300          | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| Gemba                    | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| RCA                      | 0              | 0             | 0             | 0             | 0             | 0             | 250            | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| <b>Total</b>             | <b>1415</b>    | <b>2314.1</b> | <b>824.1</b>  | <b>464.1</b>  | <b>464.1</b>  | <b>623.1</b>  | <b>714.1</b>   | <b>708.1</b>   | <b>504.1</b>   | <b>464.1</b>   | <b>764.1</b>   | <b>964.1</b>   |
| <b>Flujo de Efectivo</b> | <b>-1415.0</b> | <b>3328.9</b> | <b>4568.1</b> | <b>7937.7</b> | <b>8940.9</b> | <b>6524.7</b> | <b>16655.5</b> | <b>15031.3</b> | <b>13103.5</b> | <b>15651.5</b> | <b>16605.5</b> | <b>15653.1</b> |

|            |              |
|------------|--------------|
| <b>COK</b> | 10%          |
| <b>TIR</b> | 277%         |
| <b>VAN</b> | S/ 63,262.50 |

Considerando una tasa de descuento de 10%, se obtiene un VAN equivalente a 63262.5 PEN. De la misma forma, el TIR obtenido es de 277%, superior a la tasa de descuento y por tanto evidencia rentabilidad positiva.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Finalmente, en este capítulo se comparten las conclusiones y recomendaciones del proyecto en base a la implementación de las mejoras y el análisis financiero realizado.

### 6.1 Conclusiones

- El correcto entendimiento de los indicadores en un proceso productivo y su interrelación permiten brindar un diagnóstico certero respecto a las pérdidas que está enfrentando la compañía y dónde se deberían centrar los esfuerzos de análisis para su solución. En el caso de EVS, disgregar el PTP y el JCI permitió entender que el problema estaba principalmente presente en el Horno C y no tenía relación con los cambios de formato sino más bien, persistía turno tras turno.
- Un correcto Análisis de Causa Raíz debe considerar las opiniones de un equipo multidisciplinario además de validar en campo las posibles causas del problema. Para este caso de estudio, ponderar el impacto y frecuencia de cada causa del diagrama de Ishikawa permitió realizar una priorización adecuada. Para el análisis de 5 porqués por su parte, es importante considerar que puede haber más de una causa raíz que atacar sobre una causa superficial. El fin último es evitar la recurrencia del evento a diferente nivel.
- La herramienta 5S es una metodología base para la construcción de un entorno próspero para la mejora continua debido a la creación de entornos y equipos ordenados, limpios y estandarizados. En este proyecto se logró una notable mejoría respecto a un problema previamente normalizado: la pérdida de herramientas. De la misma forma, el orgullo de las personas respecto a su centro de trabajo se eleva a través de una correcta implementación de las 5S. Es importante que las 5S precedan a las demás herramientas de Manufactura Esbelta para asegurar el éxito del programa.
- El Trabajo Estándar es una metodología potente que logra entregar una forma de trabajo detallada y evita la posible generación de errores en la operación. Su implementación no requiere de mayores recursos más allá del tiempo de una persona adecuadamente capacitada en Manufactura Esbelta y con conocimiento del proceso productivo. Sin embargo, el apoyo del

liderazgo a través de auditorías y acercamientos en el sitio es crucial para la sostenibilidad de los cambios implementados en los operadores.

- Es importante generar canales de comunicación para ideas de mejora continua. Los equipos de piso son los más expuestos a oportunidades de reducción de riesgos de seguridad, calidad o costos y por tanto escuchar e impulsar sus ideas es crucial para el crecimiento de eficiencia de la compañía. El programa Kaizen a través de Tu idea importa logra esta dinámica en EVS. Se debe asegurar que continúe en el tiempo y recompense a los involucrados.
- El programa Gemba es importante porque acerca la operación a los directivos, normalmente cargados por trabajo administrativo. Para su éxito es importante contar con su compromiso previo y disposición para llevar a cabo la gestión de cambio en el sitio.
- RCA debe ser una herramienta en la que la dirección crea para que el mando medio utilice esta metodología y no la considere una molestia o trabajo adicional, sino vea su valor para mejorar la estabilidad de la operación y solucionar los problemas de raíz.
- El VAN de este proyecto de implementación de Manufactura Esbelta en EVS es 63262.5 PEN y el TIR obtenido es de 277%, superior a la tasa de descuento y por tanto con rentabilidad positiva. Se concluye que la compañía debe llevar a cabo las mejoras previamente expuestas para elevar su rendimiento y acercar EVS a la excelencia operativa.

## **6.2 Recomendaciones**

- Se recomienda implementar la metodología 5S en el área de Materias primas y el resto de la planta. EVS debe armar un plan maestro de implementación para arraigar la cultura de 5S en cada taller y proceso de la planta, siguiendo la misma metodología.
- Se recomienda a futuro diseñar un sistema de recompensas para los trabajadores que participen activamente de programas como Tu idea importa, presentando mejoras para la operación. Se debe considerar las preferencias del equipo de piso en estas preferencias, es decir, consultar si para ellos es más valioso un trofeo, días extra de vacaciones o una bonificación monetaria.

- Respecto a Gemba y RCA es muy importante que no solo el gerente de la compañía sino también su línea de mando, estén involucrados y crean en los beneficios de la Manufactura Esbelta para así evitar caídas de implementación en el programa.
- Se recomienda, una vez que la metodología RCA esté fortalecida, generar una base de datos de los planes de acción que surgen de los análisis. Para dar seguimiento a su cierre y evaluar recurrencia de problemas en los procesos o equipos de planta.
- Se recomienda establecer reuniones periódicas, tanto para el equipo de implementación 5S como para el equipo Gemba, con el objetivo de dar seguimiento a los avances y pendientes de los programas. El directorio debería incluir el estatus de la implementación de Manufactura Esbelta en alguna de sus reuniones periódicas de manera mensual.

## Bibliografía

- Arrieta, J. G. (1999). Las 5S, pilares de la fábrica visual. *Repositorio institucional Universidad EAFIT*, 1-14.
- Bautista, J. (2022, Agosto 10). *Owens Illinois Sharepoint*. Retrieved from Owens Illinois Sharepoint: [https://owensillinois.sharepoint.com/:p:/t/LSSGreenBelt-Per/EX2WXQDJE1RAh-USV4oZ\\_6oBx96qYUkgX8Ya2feqdwcpIlg?e=R31LMa](https://owensillinois.sharepoint.com/:p:/t/LSSGreenBelt-Per/EX2WXQDJE1RAh-USV4oZ_6oBx96qYUkgX8Ya2feqdwcpIlg?e=R31LMa)
- Burgasí Delgado, D., Cobo Panchi, D., Pérez Salazar, K., Pilacuan Pinos, R., & Rocha Guano, M. (2021). El diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: Una revisión de los últimos 7 años. *TAMBARA*, 1212-1230.
- Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*. Barcelona: Bresca.
- EMIS. (2024, Mayo 29). *EMIS: In, On and For Emerging Markets*. Retrieved from EMIS Web site: [https://www.emis.com/php/company-profile/PE/Owens-Illinois\\_Peru\\_SA\\_en\\_1240430.html](https://www.emis.com/php/company-profile/PE/Owens-Illinois_Peru_SA_en_1240430.html)
- Gonzalez Correa, F. (2007). Manufactura esbelta, principales herramientas. *Panorama Administrativo*, 85-112.
- Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México: McGraw Hill.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill Education.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen*. New York: McGraw Hill.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. New York: McGraw-Hill Education.
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al control de calidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Jones, D., & Womack, J. (2012). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Madrid: Grupo Planeta.
- Kaye, B. H. (2004). *Root Cause Analysis: The Core of Problem Solving and Corrective Action*. Milwaukee: Quality Press.

- Kilpatrick, J. (2003). *academia.edu*. Retrieved from academia.edu:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34546952/Lean\\_Principles\\_-\\_overview-libre.pdf?1409110310=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLean\\_Principles\\_2003\\_Utah\\_Manufacturing.pdf&Expires=1721152306&Signature=gMCKEf9U5rTsbo9eBWkx-DSmUvGGGBLYIYUh](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34546952/Lean_Principles_-_overview-libre.pdf?1409110310=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLean_Principles_2003_Utah_Manufacturing.pdf&Expires=1721152306&Signature=gMCKEf9U5rTsbo9eBWkx-DSmUvGGGBLYIYUh)
- Kotter, J. (1996). *Leading Change*. Boston: Harvard Business Review Press.
- Liker, J. K. (2010). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Madrid: Grupo Planeta.
- Liker, J., & Franz, J. (2020). *El modelo Toyota para la Mejora Continua*. Barcelona: Profit Editorial.
- MECALUX. (2020, Setiembre 4). *Mecalux*. Retrieved from El método Poka-Yoke explicado en 5 ejemplos: <https://www.mecalux.com.ar/blog/poka-yoke>
- Monden, Y. (1993). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time*. New York: Springer.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Nueva York: CRC Press.
- Owens Illinois. (2024, Julio 15). *O-I Glass*. Retrieved from O-I Glass Website: <https://www.o-i.com/about-o-i/#our-story>
- Rajadell Carreras, M. (2010). *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Rivera Cadavid, L. (2013). Justificación conceptual de un modelo de implementación de Lean Manufacturing. *Heurística* 15, 1-16.
- Sacristán, F. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Artegraf S.A.
- Sarmiento Vásquez, C. J. (2018). *Incremento de la productividad en el área de producción de la empresa Mundiplast mediante un sistema de producción esbelto lean manufacturing*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland: Productivity Press.
- Soluciones de empaque S.A.C. (2023, Junio 06). *Soluciones de empaque*. Retrieved from Soluciones de empaque : <https://solemsac.info/shop>
- Suzuki, T. (1995). *TPM en industrias de proceso*. Madrid: TGP Hoshin.

- Távora Chupillón, A. L. (2017). *Propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones en la empresa Empercon S.A.C. mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mongrovejo.
- Taylor, F. W. (1911). *Los Principios de la Administración Científica*. New York : Harper & Brothers.
- Valderrama Díaz, J. A., & Pampa Tipula, J. J. (2018). *Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la industria*. Lima: Repositorio Institucional UPN. Retrieved from Aplicación de la metodología Lean Manufacturing en la industria: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21227/Valderrama%20D%EDaz,%20Jes%FA%20Alberto%20-%20Pampa%20Tipula,%20Juan%20Jer%F3nimo.pdf?sequence=3>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking*. New York: Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Free Press.

## **Anexos**

Anexo 1: AUDITORÍA 5S - UDM \_\_ FMU C1

Anexo 2: WALK&TALK\_PERU

