

Propuesta de mejora para la disminución de desperdicios en la línea de producción de la empresa Vitelsa S.A



Autores

**Anderson Yamel Torres Enciso
Diego Fernando Vargas Rivera
Jennifer Robayo Buitrago
Hanciel Camilo Lombana Montañez**

Tutor

Luis Fernando Ospina Granada

Metodólogo

Juan Sebastián Sánchez Gómez

**Universidad El Bosque
Especialización en Gerencia de Producción y Productividad
Bogotá, Colombia
Mayo de 2023**

Contenido

Resumen	2
Introducción	3
1. Formulación del Proyecto	5
1.1. Identificación.	5
1.2. Descripción.	5
1.3. Planteamiento.	6
1.4. Justificación	7
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo General	7
1.5.2. Objetivos específicos	7
1.6. Metodología	8
1.7. Alcances y resultados	9
1.7.1. Alcances	9
1.7.2. Delimitación	9
1.8. Marco de referencia	9
1.8.1. Antecedentes	10
1.8.2. Marco teórico	12
2. Diagnóstico de los procesos productivos	16
2.1. Catálogo de Productos	16
2.2. Tipos de defectos	16
2.3. Descripción del Proceso de Producción	18
2.4. Documentación específica empleada en los procesos	27
2.5. Información de Producción	30
2.6. Análisis de los Cinco Por Qué	38
2.7. Espina de Pescado	38

2.8. Resumen y hallazgos	42
3. Acciones y estrategias para el mejoramiento del proceso	44
3.1. Control de calidad del vidrio crudo.	44
3.2. Adquisición de tecnología.	51
3.3. Capacitaciones al personal	55
4. Estimación de los costos y los beneficios asociados al plan de mejora en la empresa Vitelsa S.A	57
4.1. Costos y beneficios asociados a la propuesta control de calidad del vidrio crudo	57
4.2. Costos y beneficios asociados a la propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada	60
4.3. Costos y beneficios asociados a la propuesta de incentivos	64
El ahorro se estima a partir de la siguiente distribución ver Tabla 34.	65
5. Conclusiones y recomendaciones	66
5.1. Conclusiones	66
5.2. Recomendaciones	67
6. Referencias	68
7. Anexos	70

Lista de tablas

Tabla 1. Costos 2022	6
Tabla 2. Diseño metodológico.....	9
Tabla 3. Tipos de desperdicios, síntomas y posibles causas	14
Tabla 4. Tipos de defectos.....	17
Tabla 5. Espesores de vidrio.....	30
Tabla 6. Tipos de vidrio	30
Tabla 7. Cantidad procesada de materia prima en producto terminado	31
Tabla 8. Cantidad de reposiciones de materia prima.....	32
Tabla 9. Tiempos promedios de los procesos.....	35
Tabla 10. Desperdicios en tiempo	35
Tabla 11. Tiempo en mano de obra utilizada en los desperdicios.....	36
Tabla 12. Análisis económico trimestral de costos	37
Tabla 13. Costos de desperdicios asociados a mano de obra	37
Tabla 14. Costos de desperdicios asociados a materia prima.....	38
Tabla 15. Categorías diagrama de ishikawa.....	39
Tabla 16 Análisis económico trimestral de costos	42
Tabla 17. Costos de desperdicios asociados a mano de obra	42
Tabla 18. Materiales necesarios para adecuar la mesa de carga	47
Tabla 19. Mano de obra necesaria para adecuar la mesa de carga.....	48
Tabla 20. Información técnica de la máquina	53
Tabla 21. Cronograma de actividades	55
Tabla 22. Costos de los materiales. Propuesta control de calidad del vidrio crudo	57
Tabla 23. Costo mano de obra para adecuaciones.. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.....	58
Tabla 24. Costo personal nuevo de la etapa de inspección. Propuesta control de calidad del vidrio crudo	58
Tabla 25. Costo para la etapa de inspeccion. Propuesta control de calidad del vidrio crudo	59
Tabla 26. Costo desperdicios. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.....	59
Tabla 27. Ahorro. Propuesta control de calidad del vidrio crudo	60
Tabla 28. Costos asociados a la propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada.....	60
Tabla 29. Flujo de caja proyectado. Propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada.....	62
Tabla 30. TIR y Costo/beneficio. Propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada.....	63
Tabla 31. Paralelo de los beneficios identificados para las propuestas de mejora.....	64
Tabla 32 Costos de Incentivos para el personal operativo	64
Tabla 33. Ahorro propuesta incentivos	65
Tabla 34. Distribución del porcentaje a mejorar	65

Lista de figuras

Figura 1. Enfoque cuantitativo	8
Figura 2. Flujograma del proceso de producción	18
Figura 3. Recepción y almacenamiento de materia prima	20
Figura 4. Mesa de cargue en la operación de corte	21
Figura 5. Disposición vertical de una máquina de pulido	21
Figura 6. Taladro del área de maquinado	22
Figura 7. Lavadora línea de templado	22
Figura 8. Máquina de serigrafía	23
Figura 9. Imagen del proceso de inspección del vidrio	24
Figura 10. Horno de templado.....	24
Figura 11. Lavadora de laminado.....	26
Figura 12. Cuarto de ensamble.....	26
Figura 13. Horno de prelamado.....	26
Figura 14. Autoclave	26
Figura 15. Lavadora DVH.....	27
Figura 16. Cuarto de ensamble DVH	27
Figura 17. Prensa DVH	27
Figura 18. Robot aplicacion de silicona	27
Figura 19. Formato de reporte de averías.....	28
Figura 20. Formato de control de liberaciones en planta	28
Figura 21. Parte 1 formato de reposición interna.	29
Figura 22. Parte 2 formato de reposición interna	29
Figura 23. Participación de los productos dentro del proceso productivo	31
Figura 24. Frecuencia de defectos encontrados en la materia prima.....	32
Figura 25. Frecuencia de defectos encontrados atribuibles al proceso.	33
Figura 26. Control de Desperdicios.....	34
Figura 27. <i>Espina de pescado</i>	39
Figura 28. <i>Frecuencia de errores por mano de obra</i>	40
Figura 29. Mecanismo de accion luz difusa sobre la mesa de carga con los brazos basculantes abiertos	45

Figura 30. Imagen de vidrio sin luz.....	46
Figura 31. Vidrio con luz posicionada	46
Figura 32. Mecanismo de acción luz de fondo.....	46
Figura 33. Mecanismo de acción luz rasante.	47
Figura 34. Planilla de registro y certificación de lotes.	49
Figura 35. Nueva versión del Formato de Orden de reposición interna.	50
Figura 36. Tarjeta “Etapas de inspección”.	51
Figura 37. Adecuaciones mesa de carga.	51
Figura 38. Defectos que pueden ser detectados por la máquina LineScanner horizontal	52
Figura 39. Dimensiones de la máquina LineScanner horizontal.....	52
Figura 40. Partes principales de la maquina <i>LineScanner</i>	53
Figura 41. Propuesta de ubicación para LineScanner.	54
Figura 42. Plano actual de la etapa de carga y corte de las láminas.....	54

Lista de Anexos

Anexo A. Formato Kardex	70
Anexo B. Formato control pruebas de grana.....	70
Anexo C. Control de homogenidad.....	71
Anexo D. Formato orden de reposición interna	71
Anexo E Consolidado de otros formatos de calidad	72
Anexo F Recolección de datos sobre reposiciones octubre a Diciembre.....	73
Anexo G Manual control de calidad.....	73

Glosario

- **Desperdicios:** son aquellos recursos o materiales que, aunque se utilicen en el proceso de fabricación, no se convierten en productos finales de calidad o no contribuyen de manera positiva al proceso productivo.
- **Vidrio crudo:** son las láminas que se reciben de la fábrica y que no han sido sometidas a algún tipo de transformación térmica.
- **Vidrio monolítico:** está compuesto de una sola pieza sin divisiones, (vidrio común).
- **Luz difusa:** es una iluminación que llega a los objetos desde diversas direcciones, logrando una iluminación suave, uniforme y equilibrada.
- **Luz rasante:** consiste en iluminar un objeto tangencialmente, es decir, desde un ángulo que va entre los 5° y los 20°, con el fin de resaltar las texturas, irregularidades, incisiones, pinceladas o cualquier deformación de la capa pictórica. Esta técnica tiene como objetivo poner en evidencia los detalles y características de la superficie del objeto iluminado.
- **Luz de fondo:** es una técnica de iluminación en la cual la luz se ubica detrás del objeto o personaje, iluminando solamente el fondo y no afectando la iluminación del objeto o personaje principal. Esta técnica permite crear un efecto de silueta del objeto o personaje y destacar la importancia del fondo en la composición de la imagen.
- **Modulación:** es el proceso mediante el cual se optimiza el corte con el fin de aprovechar una lámina de vidrio crudo al máximo evitando desperdicios.
- **Reposición:** consiste en solicitar que una lámina de vidrio sea reemplazada por una nueva, debido a algún defecto de calidad tales como burbujas, rayones, manchas u otros daños.
- **Burbujas:** son pequeñas bolsas de aire atrapadas en el interior de una lámina de vidrio.
- **Distorsión:** la distorsión del vidrio se produce cuando su superficie o espesor presentan irregularidades, lo que provoca una alteración en la imagen vista a través de él. Esta alteración puede ocasionar que los objetos se perciban deformados, curvos o con una perspectiva distorsionada.
- **Fisura o rotura:** son grietas producidas en la superficie del vidrio o al interior del mismo.
- **Manchas:** son regiones que presentan opacidad o turbidez, ya sea en su superficie o interior, lo que puede afectar negativamente su transparencia y claridad.
- **Incrustación:** es la presencia de una sustancia ajena que se adhiere a su superficie. Esta sustancia puede ser polvo, tierra, residuos de adhesivos, o cualquier otra impureza que se adhiera al vidrio.
- **Rayones:** son marcas o líneas perceptibles en su superficie que pueden ser generadas por varios factores, incluyendo el contacto con objetos abrasivos, el uso de herramientas no aptas para limpiar o manipular el vidrio, o la fricción con otros materiales duros.
- **Butilo:** Es una cinta para asegurar un bajo nivel de permeabilidad de vapor de agua, resiste al envejecimiento y se adhiere con facilidad al vidrio y aluminio.

Resumen

La empresa Vitelsa S.A. posee una planta ubicada en la ciudad de Mosquera que se dedica a la transformación, comercialización y distribución de vidrio de seguridad, incluyendo vidrio laminado, vidrio templado, serigrafiado y doble vidriado hermético (DVH). El objetivo del proyecto es reducir los desperdicios asociados con la reposición de vidrio crudo en la planta. Para lograr este objetivo, se llevó a cabo una investigación descriptiva con un enfoque cuantitativo para identificar las causas y las etapas donde se generan las reposiciones.

Durante el diagnóstico de la compañía, se implementaron herramientas de calidad y *lean manufacturing* para analizar los datos del año 2022 y determinar el porcentaje de materia prima que no se convierte en producto terminado en cada uno de los procesos. Se clasificaron las reposiciones en dos grupos: aquellas atribuibles al proveedor por defectos de fábrica y las asociadas al proceso de transformación en la planta.

A partir de los resultados obtenidos, se propuso un plan de mejora que incluye la creación de una etapa de inspección inicial para controlar los defectos de fábrica, mediante la aplicación de tecnología simple, como técnicas de iluminación sobre las láminas de vidrio para identificar los defectos con una inversión a corto plazo de 59M y un ahorro anual hasta del 42% en desperdicios, o la posibilidad de adquirir maquinaria especializada en inspección de defectos en el vidrio considerándose como una inversión a largo plazo debido a su elevado costo de 1000M y su retorno de inversión hasta después del séptimo año, además, se propone incentivar al personal para ayudar a reducir las reposiciones generadas durante los procesos por la manipulación de las láminas con una inversión de 24M y la generación de un ahorro hasta del 14% anual. Estas propuestas están enfocadas en reducir los desperdicios asociados con las reposiciones de una manera sostenible en el tiempo, ya que no requieren una inversión de capital significativa, a diferencia de la adquisición de tecnología costosa importada de otros países para lograr la identificación de los defectos de fábrica, adicionalmente se recomienda a la empresa establecer un sistema de costos con el fin de medir el valor agregado en cada etapa de transformación que atraviesan sus productos, de forma que la gerencia pueda tomar decisiones estratégicas en la identificación de oportunidades de mejora.

Palabras clave

Desperdicios, reprocesos, herramientas de la calidad, tecnologías, mejora, inspección.

Introducción

La empresa VITELSA S.A fundada en el año 1994 cuenta con seis sedes en Colombia, una de ellas en el municipio de Mosquera-Cundinamarca, sede en la que se centra este proyecto. Esta empresa se dedica a la transformación de vidrios de seguridad especialmente para el sector de la construcción.

De acuerdo con la información proporcionada por la empresa, se ha identificado que un evento recurrente en el área operativa se debe a reposiciones por defectos de calidad encontrados en las láminas de vidrio crudo, esta situación tiene implicaciones importantes, ya que, para poder satisfacer las solicitudes de los clientes y cumplir con los tiempos pactados de entrega, la empresa debe interrumpir el proceso normal de la producción y reprocesar nuevamente los pedidos de las láminas que no cumplen con los estándares de calidad necesarios para su despacho.

El proyecto tiene como finalidad identificar, analizar y disminuir los costos vinculados a los desperdicios como mano de obra, utilización de la maquinaria, costos indirectos de fabricación, así como reajustes en el ciclo normal de la producción, los cuales son ocasionados por las reposiciones de vidrio crudo de las láminas que poseen defectos de fábrica y que a su vez son transformadas a lo largo del proceso productivo. Para lograr este propósito, se plantean estrategias de mejora que permitan a la compañía optimizar los recursos, a través de la aplicación de los procedimientos definidos.

Para llevar a cabo el diseño de la propuesta de mejora en la línea de producción, es necesario primero cumplir con tres objetivos específicos: diagnóstico, diseño y evaluación. El primero de estos objetivos hace referencia a la evaluación sobre el funcionamiento actual de la empresa, destacando hallazgos u observaciones que permitan comprender el momento, la causa y el valor económico que representan las reposiciones de vidrio crudo, mediante la recolección de datos y el uso de herramientas de análisis.

En el segundo se proponen acciones que ayuden a minimizar o mitigar los costos de no calidad derivados de las reposiciones del vidrio crudo, según el diagnóstico fue posible evidenciar que muchos de los defectos pueden identificarse previo a su ingreso, y otros corresponden a una manipulación inadecuada, por ello se propone inspeccionar el vidrio antes de que sea transformado, ya sea de forma manual con la utilización de una tecnología básica o con la adquisición de un escáner especializado que ya existe en el mercado internacional, en cuanto a los daños provocados en el transcurso del proceso, se propone realizar capacitación y retroalimentación del personal para que conozcan más su proceso, como anticipar un daño, como manipular mejor la materia prima, y también se recomiendan incentivos para motivar al personal a tener un mayor cuidado sobre la materia prima o el uso de la maquinaria.

Finalmente, se utilizarán los datos recopilados en el diagnóstico para comparar las propuestas y realizar un estudio sobre los beneficios que la empresa podría obtener al implementar la propuesta sugerida, lo cual será esencial para tomar una decisión informada sobre su implementación. En la propuesta de inspección inicial con la contratación de operarios y las adecuaciones a la mesa de carga, se identifica un ahorro del 42% sobre los desperdicios causados por las reposiciones con defectos de fábrica, en cuanto a la compra de una maquina especializada el retorno de la inversión se verá reflejado después de 7 años, por otro lado, la asignación de incentivos del personal representaría un ahorro del 14% sobre los desperdicios ocasionados por las reposiciones de daños en el proceso.

Dentro de las temáticas y estrategias a utilizar a lo largo de la elaboración del plan de mejoramiento se contemplan; herramientas de la calidad (diagramas de Pareto, diagramas de flujo,

diagramas de causa-efecto, hoja de verificación de datos, gráficos de control), herramientas de *lean manufacturing*, *Poka Yoke*, y *KPI's*. Estas técnicas han sido utilizadas en muchos sectores empresariales, pues no solo optimizan los procesos productivos en términos económicos, sino que ayudan a mejorar los indicadores de calidad de la organización, interfiriendo en el rendimiento de los procesos.

Como referencia para el desarrollo de este proyecto se toman en cuenta cinco estudios en los que se usan y se demuestra la efectividad de las herramientas de la calidad cuando se aplican en procesos productivos. Por ejemplo, En el estudio realizado en la empresa Empaques industriales se pretendía disminuir los costos relacionados a los rechazos de producto de tipo industrial cuando surgen no conformidades de parte de los clientes. Para ello utilizaron diagnóstico de causas, análisis de costos, planteamiento y evaluación económica de una propuesta de mejora. Los costos asociados a la implementación de estas estrategias se dieron en 38.086.220 COP (Bustos et al., 2019).

Es menester de la empresa Vitelsa S.A. enfocar esfuerzos en la contención y optimización de la línea productiva, el proyecto dará un paso hacia el mejoramiento continuo como pilar de la cultura organizacional, con el planteamiento del “qué” y “cómo” incrementar la productividad, conforme a los recursos disponibles de mano de obra, tecnologías y capacidad instalada con la que se cuente, se obtendrá el máximo aprovechamiento de los recursos, rompiendo barreras u obstáculos que se puedan presentar en las etapas de producción y que a su vez sean traducidos en la disminución del beneficio económico de la entidad.

1. Formulación del Proyecto

Para la empresa Vitelsa S.A es importante conocer donde se identifican los desperdicios en los diferentes procesos productivos, por ende, es indispensable realizar un estudio que permita analizar las variables que inciden en el rendimiento operativo de la línea de producción de vidrio en la compañía.

1.1. Identificación.

Durante los últimos años la industria del vidrio ha sido indispensable en el crecimiento del sector de la construcción, debido a su gran variedad de usos. Hoy en día a raíz de la modernización, los procesos de pintura en los vidrios denominado “serigrafía” ha marcado tendencia en los nuevos estilos de las infraestructuras, incluso en el rotulado de envases de vidrio, pues ya no se hace indispensable el uso de plástico o papel para realizar anotaciones en el vidrio, gracias a esta nueva técnica.

El factor clave del mercado es el crecimiento en la industria de la construcción. El aumento del gasto en infraestructura, la ejecución de múltiples proyectos de construcción ecológica y el desarrollo de ciudades inteligentes son algunos de los factores que fomentan el crecimiento del mercado de vidrio plano en Latinoamérica. Debido a la creciente demanda de energía limpia en todo el mundo, el vidrio plano se utiliza ampliamente en la fabricación de módulos fotovoltaicos, paneles solares y estructuras de e-glass. Además, el vidrio aislante, al ser reciclable y sostenible, permite la transmisión de la luz y mejora el confort térmico de los ocupantes del edificio al mantener las temperaturas interiores ideales. (Informes de expertos EMR, 2022). En el segundo trimestre de 2022 el sector de la construcción ha presentado un incremento del 9,4%, donde se señala un 12,4% en construcción de edificaciones, 3% en obras civiles y el 9,6% en actividades especializadas (DANE, 2022)

En busca de nuevas alternativas amigables con el medio ambiente, la industria del vidrio ha incrementado sus iniciativas en nuevas construcciones sostenibles, por lo que, Vitelsa S.A. en su portafolio de productos cuenta con vidrios de control solar, Vidrio DVH o insulated y con vidrio de serigrafía, sin dejar de lado las otras líneas de negocio de vidrio laminado y templado. Vitelsa S.A es una de las industrias colombianas líder en los productos de vidrio certificada bajo la ISO 9001, la cual, mediante la aplicación de nuevas técnicas innovadoras y tecnológicas, busca satisfacer las necesidades de sus clientes, entendiendo los nuevos conceptos de globalización, pero sin dejar de lado el compromiso con el medio ambiente.

1.2. Descripción.

Vitelsa S.A es una empresa santandereana dedicada a la transformación, comercialización y distribución de vidrio de seguridad. Fue fundada en el año 1994 por el Señor Luis Fernando Luna López y desde entonces ha logrado expandirse a diferentes zonas del país, pues actualmente cuenta con seis regionales; Mosquera, Bucaramanga, Medellín, en el pacífico y en el caribe. Actualmente Vitelsa S.A cuenta con una estructura organizacional conformada por 15 coordinaciones, encabezadas por la junta de socios, el gerente delegado, apoyado por el subgerente y la jefe administrativa, y auditados por revisoría fiscal.

La empresa Vitelsa S.A cuenta con una producción que oscila entre las 324 - 432 ton/mes. Esto, únicamente, en su planta principal ubicada en el parque industrial San Jorge en Mosquera,

Cundinamarca. Esta producción les genera unos ingresos aproximados de 3.500 millones por las referencias de vidrio de 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 8 mm, 10 mm y 12 mm.

En cada una de las etapas de producción se generan costos que están determinados por el procesamiento del vidrio crudo, como la mano de obra y costos indirectos de fabricación, para el año 2022 se puede determinar un promedio por m² procesado, como se detalla en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Costos 2022	
m ² procesados de vidrio crudo	
311.335	
Mano de obra directa	CIF
\$ 8.612.822.853	\$ 4.519.810.117
Mano de obra promedio por m ² año 2022	CIF promedio por m ² año 2022
\$ 27.664	\$ 14.518

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

La empresa cuenta con un área de producción conformada por 4 tipos de productos: vidrio laminado, vidrio templado, serigrafiado y doble vidriado hermético DVH. La sede está dirigida por un jefe de planta y 83 colaboradores. El proceso de transformación del vidrio cuenta con las siguientes etapas: recepción de vidrio crudo, corte, pulido, maquinado, lavado, inspección, horno de temple, un área de impresión, horno de secado, cuarto de ensamble, horno de prelamado, autoclave, ensamble DVH, robot de silicona y distribución.

Dentro de la línea de producción, se generan costos de no calidad tales como, reprocesos relacionados con las reposiciones (Vidrio que el proveedor en garantía de su producto envía por daño o defecto nuevamente a la compañía). Dichas reposiciones estuvieron representadas para el año 2022 en un 41% por defectos de fábrica del vidrio crudo y en un 59% por daños atribuibles a la línea de producción, con un total de 6.148 m² y 7.545 m², respectivamente. Se reporta que en promedio por cada lámina que ingresa a la planta, el 10% no es aprovechado o se pierde en el proceso de corte.

Teniendo en cuenta la información anterior, es posible afirmar que por cada reposición solicitada se generan reprocesos y desperdicios en tiempo de mano de obra, desgaste sobre la maquinaria utilizada, uso de recursos hídricos y energéticos, los cuales ya no serán recuperados debido a que la transformación del producto fue inconclusa y no será despachado al cliente. Dentro del proceso siempre se presentarán errores humanos, tecnológicos y mecánicos que serán causantes de un porcentaje considerable de reposiciones, por ende, los esfuerzos de este proyecto están dirigidos a minimizar la cantidad del proceso que recorren aquellas láminas de vidrio cuya fabricación por parte del proveedor no cumplió con un estándar 100% exitoso y fueron distribuidas a la planta de Vitelsa S.A.

1.3. Planteamiento.

¿Cuáles son las alternativas de mejora para disminuir los desperdicios generados por reprocesos de reposiciones de vidrio crudo a causa de defectos de fábrica en la línea de producción de la empresa Vitelsa S.A.?

1.4. Justificación

Uno de los principales inconvenientes en la línea de producción de la empresa Vitelsa S.A, consiste en las reposiciones de vidrio crudo durante la transformación y el despacho a cliente, lo que ha generado retrasos en los tiempos de producción, ya que se debe detener la producción de la línea actual y procesar nuevamente el producto con el fin de dar cumplimiento a la solicitud del cliente en los tiempos previstos. Este reproceso impacta negativamente a la compañía, puesto que ocasiona mayor carga laboral en los puestos de trabajo, incrementando los costos de no calidad como tiempos de producción, desgaste de maquinaria, mano de obra, entre otros, además esto disminuye la capacidad de reacción ante imprevistos que puedan surgir en pedidos de otros clientes.

Por consiguiente, se hace indispensable realizar un estudio que permita identificar los factores que influyen en las reposiciones, antes y durante el proceso de transformación del vidrio, tales como; recurso humano, maquinaria, proceso, materiales, y su impacto sobre la compañía, mediante la aplicación de diferentes metodologías cualitativas y cuantitativas, y así, entender en qué medida se pueden o no mitigar los diferentes factores, pues si bien algunos se pueden controlar mediante direccionamientos por parte de los directivos de la compañía, otros salen del alcance al ser condiciones internas o externas.

Este proyecto tiene como finalidad disminuir los desperdicios generados por las reposiciones de vidrio crudo, mediante la aplicación de una propuesta de mejora en los procesos de producción. Así pues, analizar la idoneidad de la toma de decisiones actuales y las posibles alternativas de mejora en los diferentes procesos se convierte en un pilar fundamental para medir los indicadores de efectividad de la empresa Vitelsa S.A., en vista de ello le permitirá a la organización enfocar esfuerzos en las principales causas que afectan su operatividad e impiden la mejora continua de procesos.

Este proyecto es conveniente para el fortalecimiento académico, ya que se aplican diferentes herramientas, métodos y metodologías adquiridas en el proceso de formación de la especialización en gerencia de producción y productividad, permitiendo desarrollar una propuesta académica aplicable a la situación real de una empresa, que contribuya a la toma de decisiones pertinentes sobre las líneas de producción y sus procesos productivos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar propuestas para el mejoramiento en la línea de producción, con el fin de reducir los desperdicios debido a los reprocesos generados por las reposiciones de vidrio crudo a causa de defectos de fábrica en la empresa Vitelsa S.A.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los factores que generan desperdicios durante el proceso de producción de la empresa Vitelsa S.A en la transformación del vidrio a fin identificar oportunidades de mejora.
- Proponer acciones y estrategias para mitigar las causas que impactan la línea de producción y generan desperdicios por las reposiciones de vidrio crudo.
- Estimar los costos y los beneficios asociados a las propuestas de mejora planteadas para la empresa Vitelsa S.A

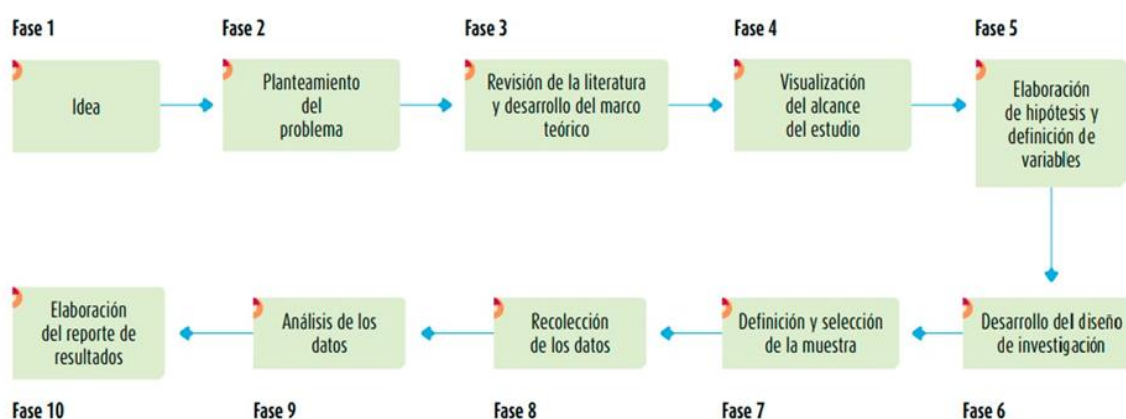
1.6. Metodología

El presente proyecto de investigación es de índole descriptiva, según Carlos Sabino:

La investigación descriptiva tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes. (Sabino citado en Alban, Arguello & Molina, 2020, p.166).

De acuerdo con el autor, el proyecto sobre la propuesta de mejora para la disminución de desperdicios en la línea de producción de la empresa Vitelsa S.A, es una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo, ya que los factores serán medidos mediante la recolección y análisis de datos, ver *Figura 1*.

Figura 1. *Enfoque cuantitativo*



Fuente: (Hernandez et al., 2010)

El proyecto se desarrollará por medio de tres fases:

- Fase de diagnóstico: evaluación sobre el funcionamiento actual de la empresa, destacando hallazgos u observaciones que permitan comprender el momento, la causa y el valor económico que representan las reposiciones de vidrio crudo, mediante la recolección de datos y el uso de herramientas de análisis.
- Fase de diseño: se proponen acciones que ayuden a minimizar o mitigar los costos de no calidad derivados de las reposiciones del vidrio crudo.
- Fase de evaluación sobre beneficios de la implementación: se utilizarán los datos recopilados en el diagnóstico para comparar las propuestas y realizar un estudio sobre los beneficios que la empresa podría obtener al implementar la propuesta sugerida, lo cual será esencial para tomar una decisión informada sobre su implementación.

El desarrollo de los objetivos se ejecutará teniendo en cuenta la *Tabla 2*.

Tabla 2. *Diseño metodológico*

Objetivos	Herramientas	Actividades	Programas	Tipo de Metodología
Fase diagnóstica	Hoja de recogida de datos Flujograma Espina de pescado Diagrama de Pareto Gráficos de control Cinco Por qué	Recolección de Datos. Análisis de datos	Excel Diagrams.net Programa Word <i>Power BI</i>	Cualitativa Cuantitativa
Fase diseño	Herramientas del <i>lean manufacturing</i> Desperdicios: <i>Poka yoke</i>	Diseño de estrategias sobre el análisis del diagnóstico.	Excel Word	Cualitativa
Fase de evaluación	KPI'S Tasa Interna de retorno (TIR) Relación costo beneficio	Realizar validación sobre la propuesta realizada y compararla con el modelo actual, identificando los beneficios obtenidos por la aplicación.	Excel	Cuantitativa

Fuente: Elaboración propia (2023).

1.7. Alcances y resultados

1.7.1. Alcances

Brindar a la empresa Vitelsa S.A una propuesta de mejora que le permita disminuir los desperdicios generados por reprocesos de reposiciones de vidrio crudo a causa de defectos de fábrica, con el propósito de que sea evaluado y ejecutado por la gerencia. La implementación no hace parte del presente proyecto y estará a cargo de la compañía en estudio.

1.7.2. Delimitación

Conceptual. Este proyecto empleará herramientas que le permitan realizar un diagnóstico de los factores que afectan el proceso productivo de la empresa Vitelsa S.A, tales como hoja de recogida de datos, espina de pescado, diagrama de Pareto y demás técnicas adquiridas durante el desarrollo de la actividad académica. Luego se ejecutará la fase de diseño de la propuesta de mejora y por último se analizarán los beneficios asociados a la implementación de esta.

Geográfica. El proyecto se ejecutará en el departamento de Cundinamarca en la planta de la empresa Vitelsa S.A ubicada en Mosquera, parque Industrial San Jorge.

Población. La población objeto de estudio del proyecto son el personal del departamento de producción que se encuentran en la planta y los procesos administrados por cada uno de ellos.

Cronología. El proyecto será desarrollado desde la última semana del mes de agosto 2022, llevando a cabo las actividades de cada fase del proyecto, comprendidas en un periodo de 9 meses hasta mayo de 2023.

1.8. Marco de referencia

La recopilación de investigaciones previas son relevantes para el proyecto en estudio, ya que permiten ampliar la visión sobre estrategias para abordar una investigación o realizar un plan en diferentes entornos o situaciones, por ello es de vital importancia indagar en revistas, artículos, tesis u otros documentos cuyas fuentes sean confiables, el proyecto que se desarrolla busca generar de una u otra manera una mejora dentro del proceso de producción, por ello los antecedentes

estarán centrados en investigaciones o proyectos aplicados que se relacionen a plantas dedicadas a la transformación de vidrio u otros sectores económicos, procesos, técnicas de mejoramiento continuo, herramientas de medición para líneas productivas entre otras, una vez se obtengan los antecedentes necesarios, serán de gran utilidad para ejecutar los objetivos propuestos, abordando diferentes puntos de vista que argumenten el objeto del estudio de manera que se obtenga el mejor resultado posible al finalizar el proyecto.

1.8.1. Antecedentes

El proyecto *Identificación y reducción de los niveles de desperdicio, desde la perspectiva de Lean manufacturing en la empresa Flowserve Colombia S.A.S* tuvo como objetivo identificar y reducir el nivel de desperdicios con las herramientas *lean manufacturing*. El estudio se realizó en un periodo de 12 meses con datos cuantitativos en la medición de los niveles de desperdicios por medio de indicadores KPI'S, se delimitaron las áreas críticas del proceso productivo asociadas a los 7 desperdicios *lean manufacturing* (sobreproducción, inventarios, reprocesos, transporte innecesario, esperas, movimientos innecesarios y artículos defectuosos), creando una ficha técnica para identificar cada uno de los desperdicios en el periodo de evaluación mencionado en la misma.

Se obtuvo como resultado la identificación de seis (6) desperdicios donde a cada uno se aplicó la herramienta *lean manufacturing* según su estudio. A cada herramienta implementada se realizó un estudio de 6 meses donde se evidenció resultados favorables, con una inversión de \$41.600.000 se obtuvo una reducción de desperdicio del 59% equivalente a \$565.773.375 (Ramírez, 2017)

Cabe resaltar la importancia de implementar indicadores para la medición de desperdicios y poder detectar y cuantificar las pérdidas en dinero. En similitud con el presente proyecto que busca identificar los desperdicios o las reposiciones en diferentes procesos, las herramientas *lean manufacturing* se convierten en un elemento fundamental, para la medición de reposición de materiales, tiempos, desgaste de la maquinaria y costos adicionales a la producción.

La Propuesta de reducción de costos de no calidad generados por rechazos internos en la línea de termoformado de empaques rígidos en Empresa de Empaques Industriales. Tuvo como objetivo reducir los costos de la no calidad que producen los rechazos internos en la línea de termoformado de empaques rígidos para clientes industriales de la empresa de empaques, la propuesta es de carácter descriptivo, no experimental y longitudinal, cuyo propósito fue identificar los rechazos internos del proceso e incrementos de costos por medio de un análisis que identifico las variables que lo incrementan. Los datos fueron otorgados por la empresa, el análisis del proceso se realizó por medio de un Pareto para identificar los problemas más significativos que inciden en el rechazo interno, se realizó espina de pescado para identificar los defectos y las causas más comunes o reincidentes. Se realizó un análisis de costos con la información suministrada por la empresa, para determinar los costos asociados a la revisión de productos no conformes y el impacto del costo de la no calidad respecto al costo total de la producción, el costo de la no calidad se calcula con la cantidad de material rechazado (Bustos et al., 2019)

Con los resultados del *six sigma* se establecen propuestas en cada proceso como lo es la programación de la producción y organización para mantenimientos preventivos, realizar inspecciones de calidad en las recepciones del material junto con un formato que valide el buen estado, capacitaciones a los operarios por el mal control operativo, entre otras.

El estudio de este proyecto genera valor agregado a la presente investigación, pues la técnica del *six sigma* ayuda a identificar qué controles están fallando o cuáles faltarían por implementar, en el objetivo de disminuir el material no conforme desde la recepción de materia prima hasta los

daños presentados en cada proceso ya sea por falta de mantenimiento de las máquinas, por negligencia de operarios y/o la falta de capacitación al personal.

El Plan de mejoramiento para la minimización de mudas en el proceso de manufactura de Inarplas. El trabajo cuyo objetivo fue diseñar un plan de mejoramiento para la minimización de mudas en los procesos de manufacturas en la empresa Inarplas, fue de carácter descriptivo, donde se analizó cuáles son los principales desperdicios que presentan, se elaboraron métodos empíricos como la observación científica, se detallaron los procesos que se querían investigar, y se realizaron entrevistas de tipo oral, la investigación se enfocó en la identificación y corrección de mudas para mejorar la productividad, mediante la recolección de información de la empresa a nivel productivo como volúmenes de producción, unidades no conformes y tiempos muertos (Moreno Urián et al., 2020)

Con los datos obtenidos se describe cuáles fueron los desperdicios encontrados en cada uno de los procesos productivos y se estableció la participación de cada uno de los colaboradores, la información de las encuestas se analizaron mediante la Matriz Vester, se categorizó cada desperdicio y el impacto que pudo generar en el proceso productivo, definiendo que herramienta *lean manufacturing* es más conveniente para aplicar y realizar una matriz DOFA para la creación de diferentes estrategias de optimización de procesos.

Para la investigación los resultados fueron favorables en la implementación de las herramientas *lean manufacturing* donde se identificaron y desarrollaron estrategias para mejorar los procesos, en el método las 5'S se requiere de compromiso y capacitación del personal para eliminar los malos hábitos y que estos se adapten a las nuevas medidas. Uno de los cuellos de botellas encontrados es el ensamble y en la cual se aplicó la propuesta de automatización para disminuir costos y riesgos ergonómicos que generaba la operación.

En el proyecto *Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa suramericana de guantes S.A.S. mediante herramientas de lean manufacturing* se encontraron varios cuellos de botella en la producción, tanto en el área de corte como de confección, lo que resultó en valores negativos para los indicadores medidos.

Para ello se realizaron análisis de tipo cuantitativo y cualitativo por medio del uso de herramientas como el VSM (*Value stream mapping*), donde se identificaron aquellos puntos donde había mayores desperdicios. Una de las causas principales era la falta de control en los consumos de tela que se tenían programados, debido a que los formatos de corte no se estaban diligenciando a diario y era difícil conocer el consumo real de la materia prima en cada etapa. Gracias a la elaboración de un diagrama de Pareto pudieron identificar que una mala organización en el control y en la planeación de la producción estaban afectando de manera negativa a la empresa, por lo que se decidió implementar otra de herramienta del *lean manufacturing*, como lo es las cinco s.

Este antecedente está vinculado al objetivo que tiene este proyecto, pues parte del mismo hecho, para poder reducir el número de piezas no conformes o desperdicios se deben implementar estrategias que estén enmarcadas dentro del *lean manufacturing*. De igual modo sucede en Vitelsa S.A., que también es una empresa de producción que presenta desperdicios en sus procesos y busca reducirlos incorporando estrategias de calidad y productividad (Martínez & Arboleda, 2021)

El proyecto *Elaboración de propuesta que permita aumentar el volumen de producción de puertas y reducir los desperdicios en la línea de tableros laminados para la planta maderformas* se pretendió aprovechar la capacidad instalada de la planta de producción de maderas, pues el tiempo disponible para una de sus operaciones estaba siendo desaprovechado en un 20 % por falta de programación y por malos montajes.

Dentro de su metodología utilizaron herramientas de *check list* para áreas y flujogramas para la contextualización del proceso, y con ello realizar análisis de causas y efectos mediante diagramas de ishikawa. Con estas herramientas se lograrían identificar los desperdicios que afectan los niveles de productividad, en el personal, el proceso, los equipos y los materiales.

Se implementaron estrategias enfocadas en el fortalecimiento del conocimiento técnico del personal mediante capacitaciones en cada una de las áreas involucradas, también se esforzaron por fortalecer el seguimiento y control del registro de los formatos para la toma oportuna de decisiones, se definieron indicadores de trabajo que junto con un programa de mantenimientos preventivos estarían enfocados en reducir las demoras existentes en las líneas de producción de tableros laminados.

Para el desarrollo del proyecto en la empresa Vitelsa S.A. es relevante conocer la aplicación de estrategias de reducción de desperdicios en empresas de manufactura, pues comparten filosofías de producción similares, por esta razón los métodos y conceptos utilizados en la empresa madeformas sirven de apoyo para la estructuración de una propuesta para el mejoramiento en la línea de producción de vidrio, con el fin de disminuir los desperdicios generados (Gonzalez et al., 2019)

1.8.2. Marco teórico

Para la elaboración de la Propuesta de mejora enfocado en la disminución de desperdicios en la línea de producción de la empresa Vitelsa S.A, se emplearán las siguientes temáticas.

Herramientas de la calidad: Son el conjunto de metodologías que pueden ser aplicados en la solución de problemas asociados con la calidad, la recopilación de estas técnicas fue posible gracias al gran maestro Kaoru Ishikawa quien recopiló las siete herramientas inspirado en las siete armas del guerrero Benkei (Garro, 2017)

Diagrama de Pareto: Consiste en una gráfica de barras las cuales son ordenadas de forma descendente. Cada una de las barras representa la cantidad o el valor de las causas o efectos. La grafica se encuentra dividida por dos escalas diferentes, la primera son los valores absolutos representados por las barras y la segunda escala se presenta una línea de porcentaje acumulado. Los diagramas de Pareto sirven para identificar y solucionar rápidamente los problemas que se puedan generar en los diferentes procesos de una compañía, según Vilfredo Pareto, “el 80% de los problemas se pueden solucionar si se eliminan el 20% de las causas que los originan” (Garro, 2017)

Entre los principales usos del diagrama de Pareto están:

- Cuando se hace necesario reconocer cuáles son los principales problemas de calidad.
- Cuando se quiere validar cuáles son las principales causas sobre los problemas de calidad.
- Cuando se quiere analizar cuáles son los factores o elementos que contribuyen al costo de un producto.

Diagrama de flujo: El diagrama de flujo es la narración de cómo se desarrolla un proceso de forma secuencial. Incluye la secuencia de acciones, los materiales o servicios que entran y salen, las decisiones que se deben tomar, las personas involucradas, el tiempo que toma cada paso y otras mediciones que sean importantes (Garro, 2017)

Se usa para:

- Comprender los pasos para completar un proceso.
- Analizar el proceso para proponer mejoras continuas.

- Informar a las personas cómo se hace un proceso.
- Establecer una idea principal antes de estandarizar un proceso.
- Plasmar de forma escrita un proceso.
- Diseñar un proceso.

Diagrama de causa y efecto “espina de pescado”: Es un esquema que relaciona las causas y efectos de una dificultad específica de forma ordenada y estructurada (Garro, 2017)

Se usa para:

- Obtener las posibles causas de un problema.
- Organizar las posibles causas en categorías.
- Documentar de manera rápida las causas.

Hoja de verificación de datos: Una hoja de verificación de datos es una plantilla estructurada con un encabezado y diferentes campos para recolectar información, que pueda ser tabulada y cuantificable. Se puede adaptar a gran cantidad de usos más allá de recolectar datos, principalmente como “*check-list*” para actividades, proyectos e instrucciones de trabajo (Garro, 2017)

Se usa para:

- Recolectar mediciones de forma ordenada.
- Recolectar frecuencias de defectos y otros problemas.
- Recolectar frecuencias de eventos relacionados con daños en la maquinaria, errores cometidos por los operarios.
- Como lista de chequeo para realizar seguimiento a actividades y tareas.

Gráficos de control: Es un gráfico lineal en el cual se puede visualizar si una variable de interés cambia en el tiempo. El eje X siempre se encuentra representado por un periodo o unidad de tiempo (horas, días, semanas, meses). La forma más simple es el gráfico de corrida, donde simplemente se grafica el comportamiento de la variable en el tiempo. Se utilizan tres líneas, en donde dos de ellas representaran el límite superior e inferior determinado, y otra línea será la representación sobre el comportamiento de la variable en estudio. El comportamiento de la variable debería estar siempre ubicado entre el límite inferior y superior, teniendo en cuenta las causas o defectos normales del proceso, si la variable se sale de los límites será objeto de análisis o estudio (Garro, 2017)

Se usa para:

- Monitorear variables de proceso.
- Monitorear variables de calidad de procesos o servicios.
- Determinar si un proceso es estadísticamente estable.
- Distinguir cuando la variación se debe a causas especiales.
- Determinar si un proyecto de mejora tuvo el efecto deseado.

Herramientas de *Lean manufacturing*: *Lean manufacturing* o filosofía esbelta está enfocado a la mejora continua y la disminución de desperdicios que se presenten en cualquier proceso de producción, sea inventarios, tiempos, productos defectuosos o reprocesos y eliminando toda operación que no genere valor al cliente o la producción. En la industria 4.0 ha permitido optimizar y mejorar los procesos para ser más competitivos y eficientes, buscando herramientas para obtener datos reales y confiables de la producción, proceso y personas. *Lean manufacturing* tiene su origen después de la segunda guerra mundial por Kiichiro Toyoda y Taiichi Ohno por las necesidades que empezaron a detectar en la empresa Toyota, generando cambios con el sistema de producción implementando las herramientas *Lean manufacturing* (Cardona, 2021)

Desperdicios: Dentro de los procesos existen actividades que no generan ningún valor agregado al producto y que, por el contrario, sí generan costos, a esto se le denomina desperdicio o muda. Así lo identificó el padre del sistema de Producción Toyota (TPS) Taiichi Ohno en 1988, quien los dividió en siete tipos; sobreproducción, esperas, transportación, sobreprocesamiento, inventarios, movimientos y retrabajos. Otros autores han sugerido la inclusión del talento humano como uno de los desperdicios, pues las habilidades de las personas pueden fallar al incrementar el desempeño de los procesos (Gutierrez, 2010). En la Tabla 3, se detalla cada una de las causas que pueden darse en los desperdicios.

Tabla 3. *Tipos de desperdicios, síntomas y posibles causas*

Tipo de desperdicio	Síntomas	Posibles causas
Sobreproducción Producir mucho o más pronto de lo que necesita el cliente	*Se producen muchas partes o con anticipación *Las partes se acumulan en el inventario *Tiempos de ciclos y entregas extensos	*Se toma bastante tiempo en la adaptación del proceso *Gran tamaño de lotes *Poca programación de la producción o actividades *Desbalance en el flujo de materiales
Esperas Tiempo desperdiciado, pues no hubo actividades que le agregaran valor al producto	*Trabajadores en espera de materiales y recursos *Operadores quietos *Retrasos en la producción	*Lotes de producción grandes *Mala calidad o mal tiempo de entrega de los proveedores *Deficiente programas de mantenimiento *Poca programación
Transportación Movimientos innecesarios de materiales y gente	*Mucho manejo y movimiento de partes *Daños excesivos por manejo *Largas distancias recorridas por las partes	*Procesos secuenciales que están separados *Mala distribución de la planta *Inventarios altos
Reprocesamiento Esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor	*Ejecución de procesos no requeridos *Autorizaciones y aprobaciones redundantes *Costos directos altos	*Diseño del proceso y/o producto *Poca especificación en el producto *Pruebas excesivas *Procedimientos o políticas inadecuadas
Inventarios Mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos de los clientes	*Inventarios obsoletos *Problemas de flujo de efectivo *Incumplimiento en plazos de entrega *Retrabajos por calidad	*Sobreproducción *Poca programación *Mala política de compras *Proveedores no confiables
Movimientos Movimiento innecesario de gente y materiales dentro de un proceso	*Búsqueda de herramientas o partes *Excesivo desplazamiento de los operadores *Doble manejo de partes	*Pobre distribución de las celdas de trabajo, herramientas y materiales *Falta de controles visuales *Mal diseño del proceso
Retrabajo Repetición o corrección de un proceso	*Procesos dedicados al retrabajo *Alta tasa de defectos *Departamento de calidad o inspección grandes	*Mala calidad de los materiales *Máquinas en mala condición *Poca capacitación *Poca especificación del cliente

Fuente: Adaptado de (Gutierrez, 2010)

Herramienta Poka Yoke: Reduce al máximo los errores humanos que se generan en la organización, se identifica diferentes tipos de herramienta *Poka Yoke* (Serrano, 2020).

- Físicos: evita errores en un proceso concreto
- Secuenciales: evita fallas en cada una de las etapas del proceso de fabricación.
- De agrupamiento: lote de kit o herramientas para realizar correctamente la operación.
- De información: desempeño del trabajador con la información suministrada para realizar correctamente la operación.

Herramienta KPI'S: Indicador que representa el estado actual de un proceso que se requiere evaluar el desempeño, ayudando a tomar mejores decisiones y obtener una visión generalizada de las situaciones actuales de la organización. Los indicadores *kpi's* se emplean en diferentes áreas de la empresa (compras, producción, ventas, logística, servicio al cliente), monitorear los comportamientos *kpi's* en tiempo real permite evaluar actividades complejas en la organización (Porras, 2017)

Se pueden crear indicadores *kpi's* en diferentes actividades de la organización siempre y cuando sean medibles, se debe tener en cuenta definición, actividad a evaluar, unidades de medida, forma de medirlo y periodicidad.

- Indicadores económicos.
- Indicadores financieros.
- Indicadores de producción.
- Indicadores de calidad.
- Indicadores de logística.
- Indicadores de atención y servicio.

El plan de mejoramiento se debe apoyar en metodologías que permitan no solo desarrollar una solución sobre los problemas actuales sino también en los inconvenientes futuros, además de funcionar como control constante en las estaciones de trabajo.

2. Diagnóstico de los procesos productivos

En este capítulo se pretende evaluar el impacto de las reposiciones de vidrio crudo por defectos de fábrica a lo largo del proceso productivo y los desperdicios asociados a estas, mediante la recolección de datos y el uso de herramientas de análisis.

Para el diagnóstico del proceso productivo de la empresa Vitelsa S.A. en su planta en Mosquera, Cundinamarca se hizo necesario conocer las operaciones que intervienen en la transformación del vidrio crudo en vidrio de seguridad. Desde la recepción del vidrio hasta su finalización como producto terminado. Para este objetivo se realizó la visita a las instalaciones de la planta, donde se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Catálogo de productos
- Tipos de defectos
- Conocimiento del proceso
- Documentación específica
- Datos de producción

2.1. Catálogo de Productos

La compañía elabora diferentes tipos de vidrio con los cuales busca satisfacer las diferentes necesidades para el sector de la construcción:

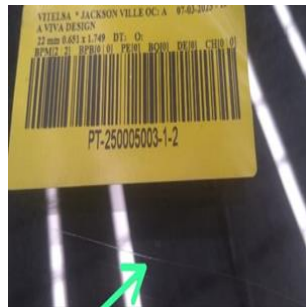
- **Vidrio Templado.** Es un vidrio de seguridad monolítico que obtiene su propiedad mediante un choque térmico entre aire y calor, este vidrio mitiga el riesgo de corte para sus usuarios ya que, en caso de un daño, este se desgrana en pequeñas partículas.
- **Vidrio Laminado.** Se compone de la unión entre 2 o más piezas de vidrio crudo o templado, mediante una película de polivinilo (PVB), en caso de un daño mantienen su estructura.
- **Vidrio DVH.** Es la unión de dos capas de vidrio que pueden ser laminados crudos, laminados templados, templados o la combinación entre alguno de ellos, también pueden llevar serigrafía, separadas por un perfil de aluminio, dejando entre si una cámara vacía intermedia donde se aplica gas argón garantizando la condensación y aislación térmica.
- **Vidrio con Serigrafía.** Es un vidrio templado que se le aplica pintura vitrificable según el diseño y color especificado por el cliente, este vidrio puede ser monolítico o se puede implementar en los productos DVH o laminado.

2.2. Tipos de defectos

En el proceso de fabricación del vidrio y transporte a la planta se pueden presentar defectos de fabricación o manipulación, los cuales son catalogados por Vitelsa S.A como defectos atribuidos a los proveedores, dentro de los diferentes tipos de defectos se muestra la *Tabla 4*.

Tabla 4. *Tipos de defectos*

Defecto	Descripción	Imagen
Burbuja	Hace referencia a un espacio de aire atrapado en la superficie del vidrio.	
Escalla	Corresponde a una astilla o fragmento que se desprende de la superficie del vidrio, dejando una hendidura.	
Fisura o rotura	Ocurre cuando se aplica una fuerza que supera la resistencia de la lámina de vidrio.	
Manchas	Es un área que representa una opacidad diferente a la del resto de la lámina.	

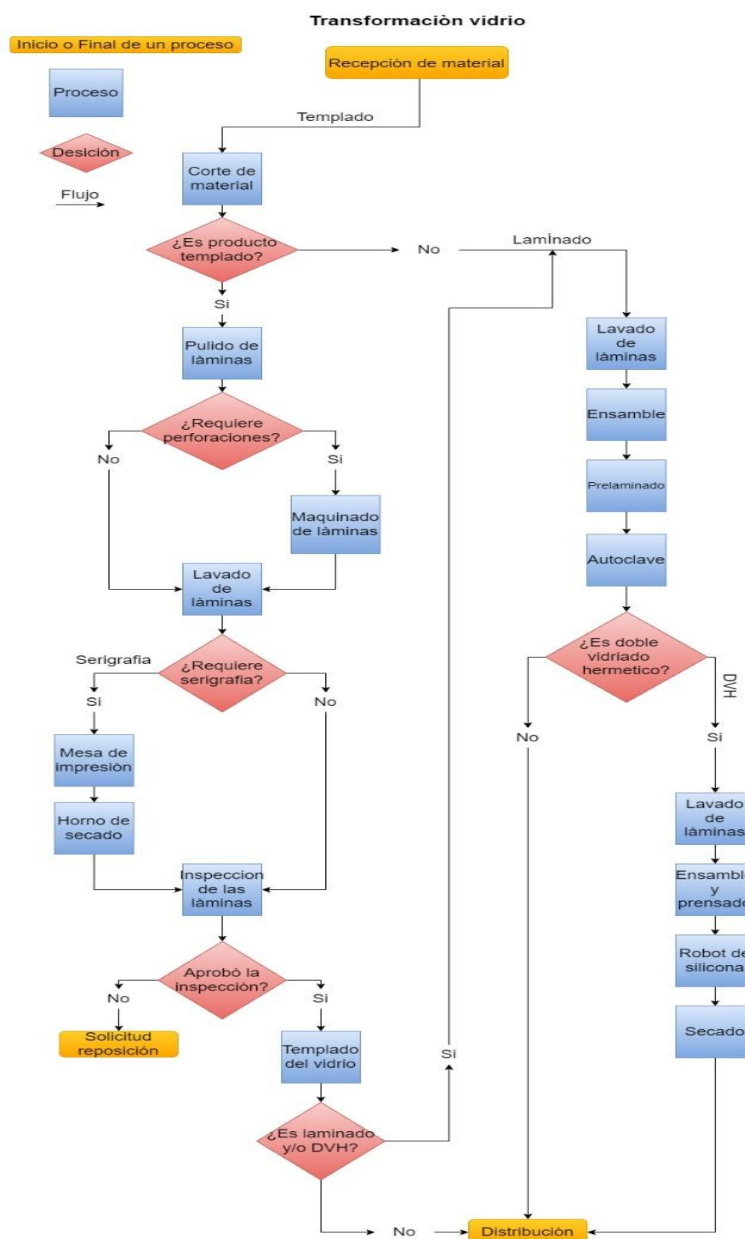
Defecto	Descripción	Imagen
Incrustación	Consiste en la inserción de material de vidrio sobre la superficie de la lámina, la diferencia entre la burbuja y la incrustación es que la incrustación se ve como una piedra blanca.	
Rayones	Es una línea que se presenta sobre la superficie del vidrio, producida por la manipulación o transporte de la lámina.	
Distorsión	Son deformaciones presentadas sobre la superficie del vidrio, las cuales presentan un cambio óptico.	

Fuente: Elaboración propia (2023).

2.3. Descripción del Proceso de Producción

En el proceso de transformación de vidrio de la empresa VITELSA S.A, hay procesos de producción; templado, laminado, serigrafía y DVH (Doble vidriado hermético). Los cuales se encuentran distribuidos como se puede ver en el siguiente flujograma Ver Figura 2.

Figura 2. Flujograma del proceso de producción



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Tomando en cuenta la figura anterior, se describen cada una de las etapas del proceso así:

Recepción de Materia Prima. Se recibe y se descarga en la planta con la ayuda de un puente grúa. Allí se clasifica por espesor, color y dimensiones. Se realiza una inspección rápida por parte del operario encargado del cargue y descargue del material, en donde se generan reclamaciones a los proveedores por defectos de fábrica muy visibles (fisuras o con roturas) de las láminas recibidas.

El operario no realiza una inspección a detalle de los materiales, por lo que no se detectan la cantidad total de defectos al momento de la recepción de la materia prima (burbujas, manchas y escallas (láminas golpeadas sobre el borde)). Debido a esto, la materia prima defectuosa ingresa al proceso de transformación del vidrio. La empresa realiza un estudio para elegir a los proveedores

de vidrio crudo, sin embargo, en Colombia solo existe un proveedor que fabrica vidrio en el territorio, los demás se encuentran fuera del país, por lo tanto, el proveedor nacional es el más idóneo para surtir los inventarios ya que puede cumplir con los tiempos de entrega y con un precio más asequible, pues realizar importaciones requeriría de más tiempo y costos más altos, solo en ciertas ocasiones se han utilizado proveedores extranjeros para el desarrollo de obras específicas y estos costos adicionales son asumidos por el cliente. En la Figura 3, se observa la bodega de materias primas de la empresa Vitelsa S.A. sede Mosquera.

Figura 3. Recepción y almacenamiento de materia prima

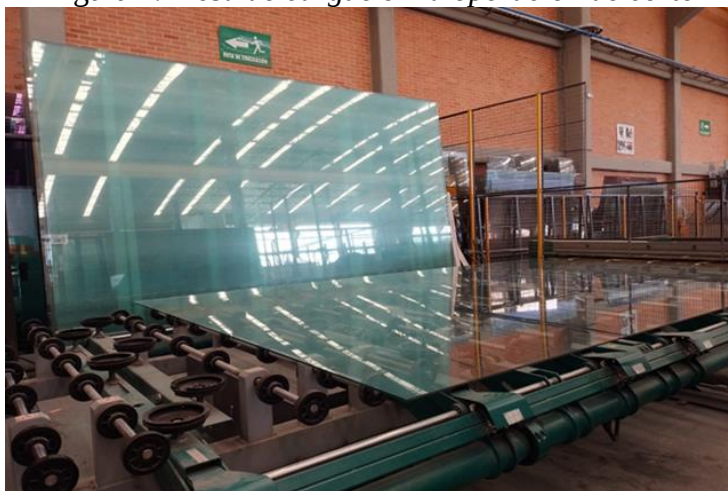


Fuente: Elaboración propia (2023).

Corte: El corte corresponde al proceso de templado, sin embargo, esta operación también abastece a los procesos de laminado, serigrafía y DVH. Esta etapa está definida por tres subetapas, en la primera se sitúa la lámina en la mesa de carga y de allí por medio de rodillos es transportada a la mesa de corte. En la segunda, utilizando el software ÓPTIMA se hace una optimización del corte del vidrio de acuerdo con las dimensiones de los pedidos ingresados mediante un rayado superficial del vidrio en la mesa de corte. En el caso en el que el vidrio presente fisuras que no hayan sido detectadas en la recepción la lámina sufre rotura en la mesa de carga. Finalmente, con la ayuda de tres operarios se despieza la lámina de vidrio, y se ubica en los caballetes de la operación de pulido o laminado. De acuerdo con la información que se carga al software AGNOS, a cada uno de los vidrios se le asigna una etiqueta con las características que se le deben dar según la solicitud del cliente. Estas características son: dimensiones, tipo de bordes, perforaciones, boquetes, despuntes, ángulos y el tipo de producto (laminado, templado, serigrafiado, DVH).

Un defecto propio de esta etapa es la rotura por fallas mecánicas o manipulación del vidrio, debido al olvido del operario en el cambio de la rulina, que es una herramienta para cortar el vidrio y varía de ángulo de acuerdo con el espesor del vidrio. Una de las dificultades en la identificación de burbujas en la zona de corte es el polvo separador que hay entre las láminas de vidrio. Este polvo tiene el objetivo de no permitir que se rayen los vidrios entre ellos por contacto. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.4** se observa el cargue del material en la mesa de corte.

Figura 4. *Mesa de cargue en la operación de corte*



Fuente: Elaboración propia (2023).

Pulido: Esta operación pertenece al proceso de templado. El pulido consiste en lijar los bordes del vidrio luego de haber sido cortado para que no quede con imperfecciones y esté listo para posteriores operaciones. En esta etapa se tienen cuatro máquinas, tres en disposición vertical y una en horizontal. Las primeras se usan cuando se requieren vidrios con ángulos de 45°, las segundas cuando se tienen vidrios en serie y con las mismas dimensiones, debido a que pule dos lados al mismo tiempo y no es necesario realizar un ajuste frecuente a la configuración de la máquina.

Uno de los servicios necesarios para el funcionamiento de las máquinas de pulido es el agua ya que se utiliza como refrigerante evitando que las piedras diamantadas o de brillo alcancen altas temperaturas y puedan generar daños en el sistema o en el producto, si la máquina no se gradúa adecuadamente puede ejercer una presión inadecuada y generar rotura del producto.

Una vez que el vidrio se encuentra pulido, el operario realiza el descargue de la lámina en las áreas de maquinado o lavado, según los requerimientos de los clientes ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.5.**

Figura 5. *Disposición vertical de una máquina de pulido*



Fuente: Elaboración propia (2023).

Maquinado: Esta operación pertenece al proceso de templado. Con el objetivo de instalar herrajes u otros accesorios según especificaciones del cliente, a algunas láminas se le realizan boquetes o perforaciones al vidrio, para este propósito Vitelsa S.A cuenta con cuatro taladros, en este proceso se pueden generar daños a las láminas por programación inadecuada del taladro, roturas por manipulación de la lámina y fallas mecánicas (problemas con la circulación del agua, defectos en la prensa). Nuevamente, el operario es el encargado de realizar el transporte manual de las piezas previamente maquinadas, esta vez al área de lavado ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.6.**

Figura 6. Taladro del área de maquinado



Fuente: Elaboración propia (2023).

Lavado: Esta operación pertenece al área de templado. La operación de lavado es importante, teniendo en cuenta que mediante el control sobre la temperatura del agua que se aplica al vidrio, esta debe estar en un rango de 30° a 50° Celsius para la correcta remoción de los residuos generados en el proceso de pulido y maquinado, pues si estos no son removidos, puede ocasionar que el vidrio se raye o manche por las partículas de polvo, para esto se utilizan cepillos especiales. De igual manera el lavado, ayuda a que se puedan realizar inspecciones a lo largo del proceso, identificando burbujas, rayas o manchas. En el lavado se pueden presentar roturas en las láminas por error en la manipulación de los operarios. De esta operación las piezas se pueden dirigir tanto a serigrafía o a inspección. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa la lavadora de la línea de templado.

Figura 7. Lavadora línea de templado



Fuente: Elaboración propia (2023).

Serigrafía: Esta operación pertenece a la etapa de impresión digital, donde se pinta el vidrio de acuerdo con el *Pantone* o ral (catálogo de colores) solicitado por el cliente, en la mesa de impresión se pueden generar retrasos por mala aplicación de la pintura con el *scream* (diseño de la malla), ya que los operarios tendrán que limpiar nuevamente la lámina de vidrio y reiniciar el proceso. En el horno de secado se ingresan los parámetros de entrada al equipo, tales como; la velocidad de oscilación de los rodillos y la temperatura dentro del horno, pues deben mantenerse en valores de 1 m/min y entre 50°C-70°C, respectivamente. Estos parámetros varían según el espesor y las dimensiones del vidrio en la operación. Cuando las oscilaciones son muy rápidas, la pintura no se seca y cuando son lentas la pintura se quema, por lo que se presentan inconvenientes en esta etapa. Antes de aplicar la impresión es posible identificar burbujas en las láminas, con lo que se solicita la reposición del material. Por último, el operario es el encargado de transportar el vidrio a la zona de inspección. En la *Figura 8* se observa la máquina de serigrafía.

Figura 8. Máquina de serigrafía



Fuente: Elaboración propia (2023).

Inspección: Con ayuda de los operarios de turno se realizan procesos de inspección visual del estado en cuanto a fallas de materia prima por fisuras, burbujas, incrustaciones, manchas y otras derivadas del proceso productivo, y a la vez con el fin de garantizar que la lámina cumpla con los requerimientos de los cliente se debe realizar una verificación de las dimensiones, perforaciones y boquetes, en el caso en que no se cumplan con las especificaciones del cliente se solicita reposición del material o si al conciliar con el cliente el acepta las diferencias en cuanto a maquinado o dimensiones se llena un formato de liberaciones. En la inspección el operario se encarga de clasificar el vidrio de acuerdo por su espesor y dimensión para la operación de templado. Una parte de los vidrios a los que les solicita reposición se guarda y se utiliza como material para pruebas de calidad del proceso, el resto del vidrio es desechado en el contenedor destinado para ello. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.9** se muestra la etapa de inspección del vidrio.

Figura 9. Imagen del proceso de inspección del vidrio



Nota: Elaboración propia (2023).

Templado: Esta operación corresponde al final del proceso de templado, donde la pieza se calienta y se enfría rápidamente en un horno con capacidad para templar con unas dimensiones de 2,80 m x 4,80 m, y, entre 8 y 10 toneladas por turnos de 8 horas. Allí, se aumenta la resistencia del vidrio hasta cinco veces. La máquina trabaja bajo los siguientes parámetros; tiempo entre 4 y 9 minutos, velocidad de oscilación de los rodillos, presión de aire y temperatura entre 670° y 700° Celsius, estos varían según la referencia del vidrio a manejar. En el templado se pueden generar roturas, fallas de la máquina por acceso inestable de energía, un mal ingreso de los parámetros por parte de los operarios, rupturas de las resistencias que impiden el calentamiento homogéneo del vidrio causando defectos de calidad en el producto terminado. Luego del templado el vidrio puede dirigirse al área de distribución, al área de laminado o DVH. En la *Figura 10* se observa la máquina de templado de Vitelsa S.A.

Figura 10. Horno de templado



Fuente: Elaboración propia (2023).

Laminado: Esta operación pertenece a la fase de laminado. Se divide en cuatro subetapas; lavado, ensamblado, prelamado y autoclave. En la primera el vidrio pasa por la lavadora para limpiarlo de impurezas antes de llevarlo a la segunda subetapa, en la que se realiza la unión de

varias láminas de vidrio por una capa de PVB (polivinil) que se aplica entre ellas en el cuarto de ensamble. Posteriormente, se dirige a un horno de prelamado en el que la capa de polivinil se adhiere al vidrio por medio de calor, donde adquiere un tono opaco por el aire que queda atrapado entre las láminas. Finalmente, y con ayuda de una autoclave, el vidrio ya laminado se despresuriza, retomando su tonalidad transparente.

En esta etapa se pueden generar fallas mecánicas, y un ingreso incorrecto de los parámetros de operación; velocidad de oscilación de rodillos, temperatura y tiempo dentro de los equipos. Es importante que no haya burbujas en el vidrio antes de pasar por el autoclave, por lo que habría roturas en el mismo. Luego de la línea de laminado, el producto puede dirigirse a distribución o pasar por la línea de DVH.

A continuación, en la Figura 111 se encuentran la lavadora de laminado, en Figura 122 el cuarto de ensamble, en Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 133 el horno de prelamado y en la Fuente: Elaboración propia (2023).

4, el autoclave utilizado en el proceso de producción de vidrio laminado de la empresa.

Figura 11. Lavadora de laminado



Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 12. Cuarto de ensamble



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 13. Horno de prelaminado



Fuente: Elaboración propia (2023).

Figura 14. Autoclave



Fuente: Elaboración propia (2023).

DVH (Doble Vidriado Hermético). Son dos tapas de vidrio aisladas por un separador en aluminio, las tapas pueden ser en vidrio templado o laminado, en el centro se incorpora gas argón con el fin de evitar que se condense los vidrios. En esta etapa los vidrios se ingresan a la lavadora para eliminar impurezas y posteriormente ingresan al cuarto de ensamble de DVH, allí se aplica el butilo al perfil de aluminio para unir las dos tapas de vidrio, luego pasan por una prensa para presionar los dos vidrios al perfil, en este punto se aplica el gas argón. Finalmente, por medio de un robot, se aplica silicona por los bordes del vidrio garantizando así la hermeticidad del DVH.

En esta operación se pueden presentar imperfecciones en el producto terminado por manipulación de los operarios y mala aplicación de los sellos (butilo y silicona). Este producto pasa al área de distribución.

A continuación, en la **Figura 166 el cuarto de ensamble**, en la **Fuente: Elaboración propia (2023)**

Figura 166 el cuarto de ensamble, en la **Figura 17 la prensa de DVH** y en la **Fuente: Elaboración propia (2023)**

18 el Robot de aplicación de silicona para la misma línea.

Figura 15. Lavadora DVH



Fuente: Elaboración propia (2023)
Figura 16. Cuarto de ensamble DVH



Fuente: Elaboración propia (2023)

Figura 17. Prensa DVH



Fuente: Elaboración propia (2023)
Figura 18. Robot aplicacion de silicona



Fuente: Elaboración propia (2023).

Conforme al proceso productivo descrito anteriormente, se puede resaltar que en el proceso de recepción del vidrio el operario realiza una inspección superficial a la materia prima, por lo que parte del material que ingresa a la línea cuenta con imperfecciones de fábrica y no culmina el proceso como producto terminado, de lo cual se generan reclamaciones al proveedor para que realice la reposición del material. Debido a que las inspecciones del producto se realizan al finalizar el proceso, a las láminas de vidrio defectuosas se les agrega un valor adicional en cada etapa tras haber pasado por toda la línea de producción, lo cual hace que se generen reprocesos y estos a su vez ocasionen desperdicios tales como mantenimientos, mano de obra, repuestos de la maquinaria, servicios públicos, entre otros, los cuales son asumidos por la organización.

2.4. Documentación específica empleada en los procesos

Uno de los principales documentos utilizados en el seguimiento del proceso es el Formato de averías en transporte terrestre que es suministrado por el proveedor del vidrio crudo, que en este caso es Vidrio Andino ver Figura 19. En este formato se registra el vidrio que llega con defectos de fácil y rápida visualización a la planta de Vitelsa S.A. y se reporta al proveedor con el fin de realizar las respectivas reclamaciones. Estas láminas defectuosas no ingresan al inventario de la compañía.

Figura 19. Formato de reporte de averías

Vidrio Andino		REPORTE DE AVERIAS EN TRANSPORTE TERRESTRE		CODIGO: F004-S-04 VERSION: 02 PAG: 1/1 FECHA EMISION: 22/12/2014	
Fecha de Diligenciamiento		8/03/2023		Contenedores	
ORIGEN DE LA AVERIA		DIAGRAMAS DIBUJE EN LOS DIAGRAMAS LAS AVERIAS RELACIONADAS EN ESTE REPORTE			
Recordar:	Origen: <u>VAREZ</u> Destino: <u>MOQUEGUA</u> Fecha llegada cliente a destino: <u>8/03/2023</u> Fecha de Inspección: <u>8/03/2023</u> No. De la Remisión: <u>419140313</u> Documento de Transporte (DT): <u>170624</u> Empresa Transportadora: <u>EDUARDO SOTO SOTO</u> Nombre del Conductor: <u>JOSE MANUEL VILLAMAR</u> Placa del Vehículo: <u>L73381</u>				
REGISTRO					
LOTE No./CAJA No.	CODIGO MATERIAL	DESCRIPCION	No. LAMINAS FALTANTES	No. LAMINAS AVERIA MAYOR a 3.1 décimas	No. LAMINAS AVERIA MENOR a 2.1 décimas

Fuente: Vitelsa S.A (2023).

Este formato es diligenciado por la persona encargada de inventarios y es enviado a contabilidad para que se realicen las solicitudes a los proveedores de las de notas crédito.

En el área de almacenamiento y corte, con el fin de controlar el ingreso y el consumo del vidrio crudo se utiliza el Kardex, el cual es implementado por el jefe de inventarios para alimentar el sistema diariamente e identificar las referencias disponibles o faltantes en el inventario (Anexo A).

En el área de inspección se utiliza un formato de liberaciones, el cual se encarga de darle continuidad a las láminas de vidrio que no cumplen al 100% con los requisitos del cliente, siempre y cuando el cliente brinde su plena autorización sobre las tolerancias en cuanto a dimensiones y maquinado que se puedan presentar en el proceso de transformación, el formato debe especificar la persona que autoriza la liberación en caso de futuras reclamaciones ver *Figura 20*.

Figura 20. Formato de control de liberaciones en planta

VITELSA S.A.					CONTROL DE LIBERACIONES EN PLANTA					Vidrio de Seguridad VITELSA	
FO 183											
FECHA VIGENCIA: FEBRERO 15 2016 VER: 1											
FECHA	OP	ITEM	CANT	MOTIVO	LIBERO	FECHA	OP	ITEM	CANT	MOTIVO	LIBERO

Responsable

Fuente: Vitelsa S.A (2023).

En el horno de templado se utiliza un formato para especificar los resultados de la prueba de grana, la cual consiste en templar una muestra de vidrio para determinar si los parámetros configurados cumplen con las especificaciones del producto, estas pruebas son realizadas cada dos horas o cada cambio en las referencias del vidrio (Anexo B).

Mediante el análisis y la recolección de datos en el formato de pruebas de grana se realizan estadísticas sobre el comportamiento de la cantidad de las partículas de la grana, ya que si supera el rango estipulado para cada espesor puede afectar la calidad del proceso del vidrio templado.

Para determinar que la silicona utilizada para sellar los vidrios cuente con la composición correcta de material A (Silicona) y B (Catalizador), se utiliza el formato de “control de homogeneidad” en el cual se distribuye una muestra del producto y se depositan los datos del resultado, esta prueba se realiza con el fin de garantizar el buen sellado del producto y evitar reclamaciones futuras de los clientes (

Anexo C).

El formato de reposición interna es utilizado en cualquier parte del proceso donde se presente o identifique los defectos del vidrio, con el fin de solicitar el remplazo de la materia prima (Anexo D).

En la *Figura 21*, se muestra el formulario donde se especifican las características del vidrio en color, dimensiones y perforaciones o tipo de bordes, de acuerdo con lo solicitado por el cliente, esta información es importante con el fin de identificar los retrasos en los tiempos de entrega que podrían ocasionar las reposiciones de materia prima.

Figura 21. Parte 1 formato de reposición interna.

ITEM	COLOR	ESP.	CANT.	MEDIDAS		D.T.	MAQ			BORDES		CHAFLAN		OBSERVACION
				ANCHO(A)	ALTO(H)		PER	DES	BOQ	BPB	BPM	A	H	

Fuente: Vitelsa S.A. (2023).

Cuando la falla se presenta a causa de un proceso determinado, el formato cuenta con una serie de recuadros para marcar donde se presentó y una descripción que incluye la referencia de la máquina. En la *Figura 22* se muestra la segunda parte del (Anexo D), donde se señalan las causas en el formato de reposición interna.

Figura 22. Parte 2 formato de reposición interna

CAUSAS		
☐ 1. ROTURA HORNO PLANO	☐ 13. MATERIA PRIMA DEFECTUOSA	☐ 25. POLUCION EN ENSAMBLE
☐ 2. PERFORACION CORRIDA	☐ 14. PROVEEDOR TRANSPORTE	☐ 26. ERROR OP ENSAMBLE
☐ 3. ERROR OPERARIO CORTE	☐ 15. FALLA DE ENERGÍA HORNO	☐ 27. ROTURA PRELAMINADO / AUTOCLAVE
☐ 4. ERROR OPERARIO RECTILÍNEA	☐ 16. ERROR DE MEDIDAS	☐ 28. ERROR OPERARIO AUTOCLAVE
☐ 5. ERROR OPERARIO TALADRO	☐ 17. VIDRIO RAYADO	SERIGRAFIA E IMPRESIÓN DIGITAL
☐ 6. ERROR OPERARIO PULPO/ENCINTADO	☐ 18. VIDRIO EXTRAVIADO	☐ 30. CONTAMINACION SUPERFICIAL
☐ 7. ERROR INSPECTOR DE CALIDAD	☐ 19. ERROR SUPERVISOR/JEFE DE PLANTA	☐ 31. ESCOBELLIN DESAJUSTADO
☐ 8. ERROR OPERARIO LAVADORA	☐ 20. VIDRIO ESCALLADO	☐ 32. PINTURA CON GRUMOS
☐ 9. ERROR OPERARIO TEMPLE	☐ 21. VIDRIO MANCHADO	☐ 34. OTROS _____
☐ 10. ERROR OPERARIO DESPACHOS	☐ 22. FALLA MECÁNICA	DVH
☐ 11. ERROR GESTION DE PEDIDOS	☐ 23. ACCIDENTE	☐ 35. DEFECTOS INTERNOS
☐ 12. ERROR ASESOR COMERCIAL	☐ 24. OTROS _____	
DESCRIPCION DEL PROBLEMA:		MAQUINA:
		MODULADO:

Fuente: Vitelsa S.A. (2023).

Este formato les permite llevar un control sobre los metros de vidrio que son solicitados en reposición ya sea por defectos de la materia prima o daños en los procesos, adicionalmente es implementado como el soporte o la autorización para realizar nuevamente el procesamiento del pedido.

Sin embargo, cuando la causa es debido a un defecto en la materia prima, solo se marca la casilla número 13, sin especificar la etapa del proceso donde fue identificado.

La compañía dispone de otros formatos adicionales para el control de calidad de los productos los cuales serán enunciados dentro del (Anexo E).

2.5. Información de Producción

Algunas de las características que se tienen en cuenta en producción del vidrio de seguridad son las dimensiones, los espesores, los tonos y el tipo de vidrio crudo, según el producto que especifique el cliente. La combinación de dos de ellas es la más relevante en la producción; el espesor y el tipo de vidrio, debido a que la combinación de estas puede afectar directamente los tiempos y la configuración de la maquinaria en cada una de las etapas del proceso.

Los espesores y tipos de vidrio que la compañía utiliza y ofrece a sus clientes, en los diferentes productos se relacionan a continuación.

Espesor. Hace referencia a la profundidad de la lámina, “a mayor grosor más resistencia”, los vidrios más delgados usualmente son utilizados en ventanearía, los vidrios con mayor grosor son requeridos para arquitectura como divisiones, puertas, fachadas entre otros ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 5. *Espesores de vidrio.*

Espesor						
3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Tipos. Existen diferentes tipos de vidrio los cuales tienen muchas aplicaciones de acuerdo con su propósito en la construcción ver Tabla 6.

Tabla 6. *Tipos de vidrio*

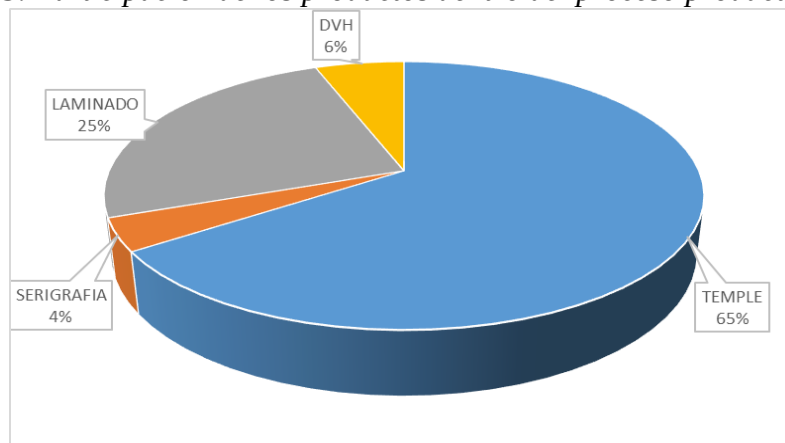
Tipo	Observación
Incoloro	Vidrio común
Control solar	Es aquel que no permite el ingreso de rayos UV utilizado para fachadas
Bajo emisivo	Este vidrio conserva la temperatura dentro de los espacios.

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Con el propósito de realizar los análisis estadísticos sobre las cantidades de materia prima que se transforman y culminan su proceso en producto terminado, y de igual manera, realizar un análisis de causas para los metros cuadrados de materia prima que no finalizan el proceso, se realizó la solicitud a la empresa Vitelsa S.A, donde se obtuvo la información depositada en sus bases de datos sobre la toda la producción de vidrio en cada uno de sus cuatro procesos. Se solicitaron también datos sobre el número de operarios que intervienen en cada una de las operaciones, para determinar relaciones entre el personal y la producción.

Es relevante el conocer la participación de cada una de las líneas del proceso, para ello se tomaron los datos de producción de cada una de ellas y se dividió en el total. Aquella línea que abarca en mayor medida la producción de Vitelsa es el templado, con un 65%. De este modo, se tienen datos de aquella línea en donde se presentan mayores reposiciones, desperdicios, entre otras variables, al igual que sucede con el laminado, DVH y serigrafía, con participaciones del 25%, 6% y 4%, respectivamente (ver Figura 23).

Figura 23. Participación de los productos dentro del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Luego de realizar una revisión al porcentaje de participación de cada una de las líneas, y con base en los archivos suministrados por la compañía, se agrupó la información mensual de los metros cuadrados totales de vidrio que se procesaron en el 2022, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Cantidad procesada de materia prima en producto terminado

Mes	Cantidad procesada de materia prima (m²)
Enero	22.411
Febrero	24.663
Marzo	28.665
Abril	27.092
Mayo	28.621
Junio	26.330
Julio	27.716
Agosto	29.473
Septiembre	25.070
Octubre	23.712
Noviembre	23.886
Diciembre	23.995
Total general	311.635

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

También se realizó el consolidado del número de las reposiciones internas de vidrio que se realizaron mensualmente para dirigirlos al proveedor y obtener nuevamente el material, datos que fueron discriminados por defectos de fábrica y daños presentados en el proceso los cuales

representan el 2% y el 2.4% respectivamente sobre el total de metros m² ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.8.**

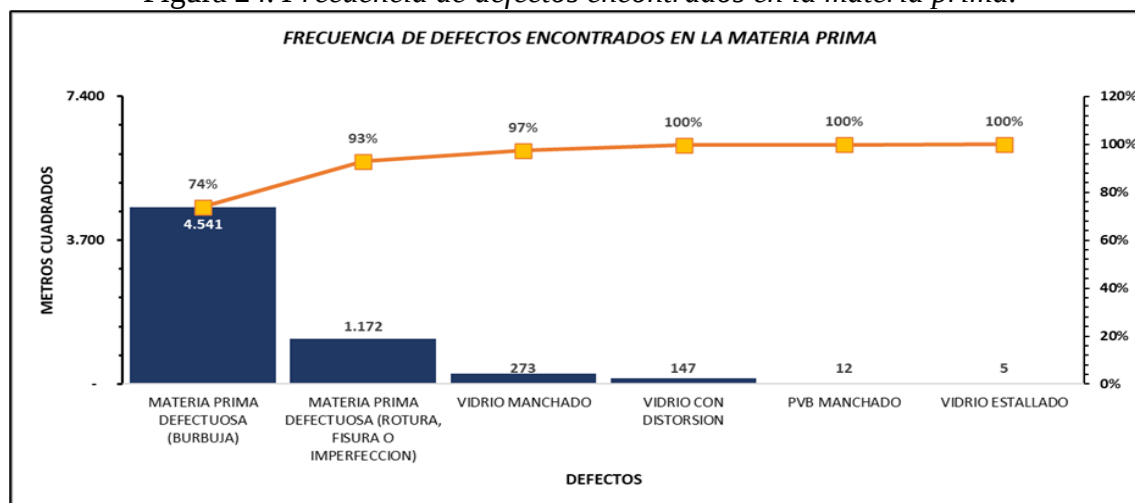
Tabla 8. *Cantidad de reposiciones de materia prima*

Mes	Defectos de fábrica	Defectos en el proceso	Cantidad de reposiciones materia prima (m ²)
Enero	289	504	793
Febrero	364	781	1.145
Marzo	537	644	1.181
Abril	396	596	992
Mayo	634	691	1.325
Junio	353	672	1.025
Julio	404	609	1.013
Agosto	601	616	1.217
Septiembre	660	677	1.337
Octubre	734	650	1.384
Noviembre	667	645	1.312
Diciembre	509	460	969
Total general	6.148	7.545	13.693

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Con base en el análisis de las reposiciones mensuales fue posible identificar las causas o defectos más frecuentes al realizar estas solicitudes, como se observa en la Figura 244 relacionada a defectos de fábrica del vidrio crudo y la Figura 255 daños presentados en el proceso.

Figura 24. *Frecuencia de defectos encontrados en la materia prima.*

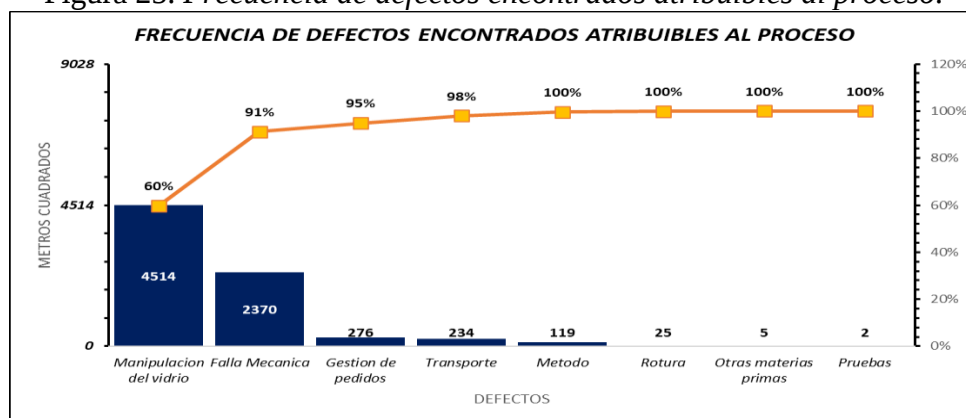


Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Como se observa en la figura anterior, los defectos de fábrica del vidrio crudo que cuentan con mayor frecuencia corresponden a burbujas, con una cantidad igual a 4741 m² de vidrio en reposición que equivalen al 74% de los defectos de fábrica. Seguido de roturas, fisuras o

imperfecciones, con un total de 1172 m², para un porcentaje sobre el total del 19%, que junto con el primer ítem representan un 93%. Cabe resaltar que estos defectos son encontrados durante la transformación del vidrio, pues no fueron identificados en la recepción del material.

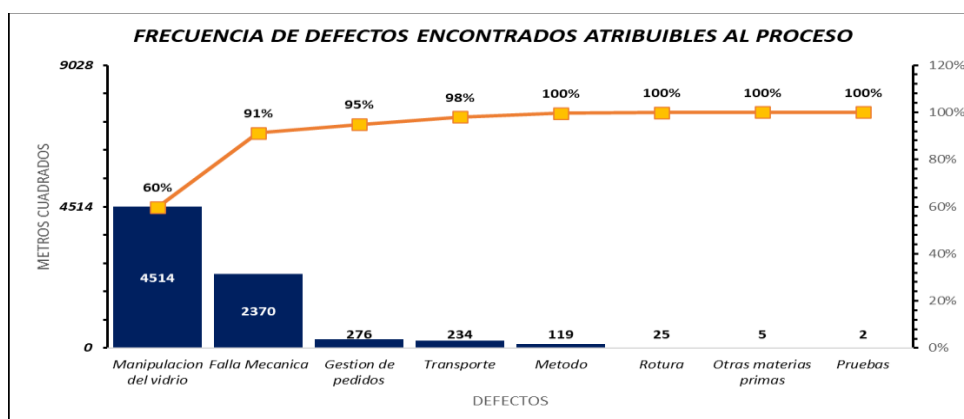
Figura 25. Frecuencia de defectos encontrados atribuibles al proceso.



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

En la

Figura 25. Frecuencia de defectos encontrados atribuibles al proceso.

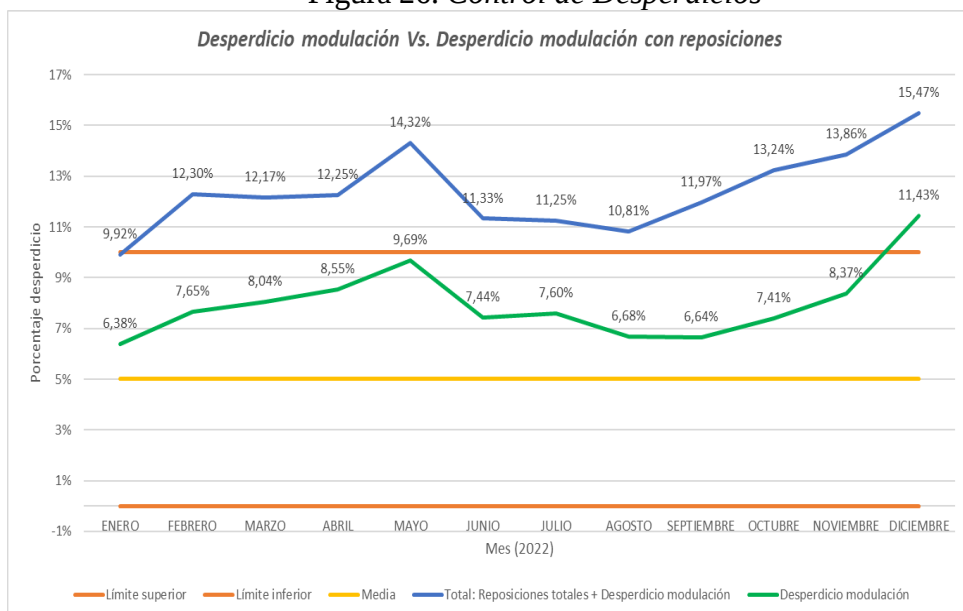


25, se observa un análisis de los daños presentados en la transformación del vidrio, identificando que la causa a la cual corresponde la mayoría de los daños es la manipulación del vidrio, pues se presentan daños de 4.514 m², que corresponden al 60% del total. Otras de las principales causas que se presentan son las fallas mecánicas dadas en los equipos, alcanzado valores de 2.370 m², con un porcentaje de 31%. Además de estas dos, se encuentran daños atribuidos a la gestión de los pedidos, transporte, método (configuración de máquina), rotura, entre otros.

La información anterior es recopilada mensualmente por medio del formato de reposiciones internas mencionado en los documentos que participan en el proceso. A continuación, se detallará el comportamiento en el año 2022 en forma porcentual de los desperdicios de materia prima generados en la producción, ya sea por la modulación de la lámina en el proceso de corte y las reposiciones, pues en la actualidad la gerencia ha establecido un porcentaje aceptable del 10% para el área de producción como un indicador de rendimiento considerando que el desperdicio de materia prima impacta considerablemente la productividad y rentabilidad del negocio.

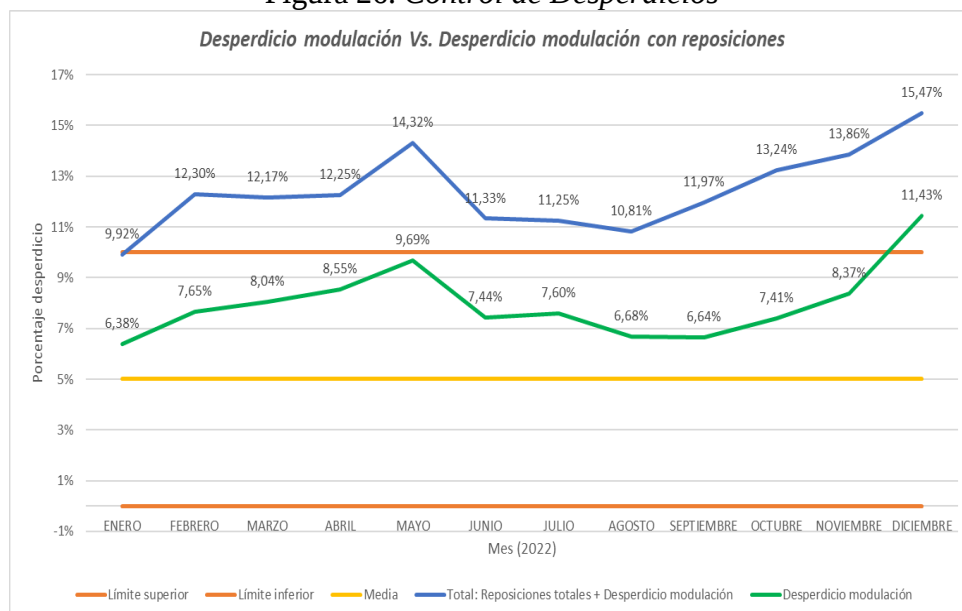
Para calcular la cantidad de desperdicios por corte de material que se dan dentro del proceso se realiza una actividad de modulación previa, con el objetivo de optimizar las dimensiones de las láminas de vidrio que ingresan a la mesa de corte para que el porcentaje del desperdicio no supere el 10%. Este porcentaje de desperdicio puede verse afectado por las reposiciones que se dan dentro del proceso, llegando a ser hasta del 15%, como se muestra en la

Figura 26. Control de Desperdicios



26.

Figura 26. Control de Desperdicios



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

En la figura anterior, se muestran dos líneas de datos que dan información sobre el comportamiento de desperdicios que se tuvieron en la planta durante el año 2022. En color verde se representa el porcentaje de desperdicio que se tuvo en la mesa de corte luego de la modulación de las láminas de vidrio crudo, durante los meses de enero a noviembre los valores se encuentran por debajo del límite superior del 10%, sin embargo, en el mes de diciembre se presentó una variación del 1,43% dicha variación fue causada por la rotura adicional de 7 láminas de vidrio especial y 12 láminas incoloras debido a malos posicionamientos en el almacén. En color azul se representa la totalidad del porcentaje de desperdicio por modulación en conjunto con el porcentaje de reposiciones.

Este análisis es utilizado por la gerencia en la actualidad para el control de los costos de no calidad, ya que desde la gerencia son conscientes que, si se realiza una reposición esto conlleva a unos costos adicionales que impactan la rentabilidad de la empresa, sin embargo, en la compañía no se tiene establecido un sistema de costos que permita identificar el valor exacto de cada reproceso dentro del proceso productivo.

La empresa cuenta con una capacidad de mano de obra de 83 colaboradores, distribuidos en dos turnos y asignados a un área determinada, estos colaboradores deben cumplir con unas metas de producción que se establecen de forma diaria teniendo en cuenta que para realizar el procesamiento de los pedidos deben cruzar por varias etapas y cada una de ellas cuenta con un tiempo promedio, el cual fue suministrado por la compañía ver

Tabla 9.

Tabla 9. *Tiempos promedios de los procesos.*

Proceso	Tiempo	Unidad
Corte Automático	9:03	Min
Rectilínea	2.5	m lineal/min
Bilateral	3	m lineal/min
Maquinado	3:15	m/min
Lavadora	2,40	min/lamina
Inspección	47 a 75	Segundos
Horno	420	Segundos
Serigrafía	17:34	min/vidrio
Laminado	11:40	min/vidrio
Lavadora	2,40	min /lamina
Ensamble	4	min/lamina
Prelaminado	3	min/lamina
Autoclave	6	h/3 ton
Dvh	3:50	min/lamina
Lavadora	1,20	min/lamina
Ensamble	2	min/lamina
Prensado	3	segundos/lamina
Silicona	30	segundos/lamina

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Para determinar los desperdicios generados en cada uno de los procesos por las reposiciones causadas por los defectos de materia prima atribuibles al proveedor durante el año 2022, se lleva a cabo un cálculo exhaustivo basado en los tiempos y la información de producción registrada. Este análisis se realiza tanto en términos de horas máquina como de horas de mano de obra empleadas en cada uno de los procesos productivos.

Para ello, se consideran diversos factores que puedan influir en la generación de desperdicios, tales como el tiempo de operación de las máquinas, el uso de herramientas y materiales, el desgaste de los equipos y los recursos energéticos para su operación. Una vez obtenidos los resultados del cálculo, se plasman en un informe detallado que incluye los datos de cada proceso.

En la Tabla 10, es posible visualizar los desperdicios de tiempo de cada uno de los procesos, por máquina, en los cuales fue posible determinar que el desperdicio corresponde a un 1,3%.

Tabla 10. *Desperdicios en tiempo.*

Proceso	Sub-Proceso	Tiempo Total (Horas)	Tiempo Reposiciones (Horas)	% de Desperdicio
Corte	Carga-Corte-Despiece	4.136	89	2,1%
Pulido	Rectilínea	4.433	62	1,4%
	Bilateral	823,73	12	1,4%
Maquinado	Boquetes	2.125,51	27,55	1,3%
	Perforaciones	12.766,85	165,34	1,3%
Lavadora	Lavado	3.690,32	47	1,3%
Temple	Inspección	2.821	36	1,3%
	Horno	2.469	1	0,0%
Serigrafía	Serigrafía	1.372	19	1,4%
	Inspección	79	1	1,4%
	Horno	69	0	0,0%
Laminado	Lavadora	1.100	14	1,3%
	Ensamble	1.833	23	1,3%
	Prelaminado	1.375	17	1,3%
	Autoclave	2.518	31	1,2%
DVH	Lavadora	134	2	1,3%
	Ensamble	224	3	1,3%
	Prensado	6	0	1,3%
	Silicona	56	1	1,3%
Total		42.029	551	1,3%

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa.

Con base a la cantidad de horas en la cuales funciona la compañía, y tomando en cuenta la cantidad de vidrios producidos en los diferentes procesos de templado, serigrafía, laminado y DVH se logra determinar que la productividad para el año 2022, corresponde a 3,14 láminas de vidrio por hora, al validar el aprovechamiento de las maquinas es posible identificar que ninguna supera el 86% de su capacidad de producción.

Posteriormente se realizó el cálculo de los tiempos relacionados al desperdicio por daños en la materia prima conforme a la mano de obra utilizada, confirmando que el 1,3% corresponde a los desperdicios como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. *Tiempo en mano de obra utilizada en los desperdicios*

Proceso	Sub-Proceso	Tiempo Total (Horas)	Tiempo Reposiciones (Horas)	%
Corte	Carga-Corte-Despiece	7.346	131	1,8%
Pulido	Rectilínea	6.624	90	1,4%
	Bilateral	1.842,58	25	1,4%
Maquinado	Boquetes	2.288,40	33,47	1,5%
	Perforaciones	13.747,71	200,77	1,5%
Lavadora	Lavado	5.227,95	67	1,3%

Proceso	Sub-Proceso	Tiempo Total (Horas)	Tiempo Reposiciones (Horas)	%
Temple	Inspección Horno	4.232	55	1,3%
		2.821	1	0,0%
Serigrafía	Serigrafía	1.451	20	1,4%
	Inspección	158	2	1,4%
	Horno	148	0	0,0%
Laminado	Lavadora	1.558	20	1,3%
	Ensamble	2.291	29	1,3%
	Prelaminado	1.833	23	1,3%
	Autoclave	2.976	37	1,2%
Dvh	Lavadora	246	3	1,3%
	Ensamble	336	4	1,3%
	Prensado	117	2	1,3%
	Silicona	168	2	1,3%
Total		55.411	745	1,3%

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Una vez se obtuvieron los tiempos relacionados a las máquinas y a la mano de obra, se realizó una evaluación económica trimestral, en la que se toman en cuenta los estados financieros de la compañía obteniendo los resultados que se presentan en Tabla 12, donde es posible visualizar los costos indirectos de fabricación de las reposiciones asociadas a defectos de materia prima.

Tabla 12. Análisis económico trimestral de costos

Ítem	1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	Total
Acueducto	\$ 6.132.730	\$ 26.800.270	\$ 5.108.290	\$ 26.811.490	\$ 84.852.780
Reposiciones	\$ 155.999	\$ 322.231	\$ 181.315	\$ 440.418	\$ 1.099.963
Energía Eléctrica	\$ 547.593.093	\$ 500.758.522	\$ 78.336.883	\$ 623.047.774	\$2.349.736.272
Reposiciones	\$ 6.095.332	\$ 5.692.780	\$ 8.904.201	\$ 10.587.458	\$ 31.279.771
Mantenimiento De M y E*	\$ 237.565.760	\$ 277.307.202	\$ 97.581.562	\$ 148.461.958	\$ 760.916.482
Reposiciones	\$ 2.699.676	\$ 2.942.942	\$ 1.275.874	\$ 2.166.511	\$ 9.085.003
Herramientas	\$ 131.115.799	\$ 233.584.082	\$ 138.700.046	\$ 238.390.874	\$ 741.790.800
Reposiciones	\$ 1.571.704	\$ 2.393.360	\$ 2.107.082	\$ 3.149.224	\$ 9.221.369
Total Por Producción	\$932.407.382	\$1.038.450.076	\$ 929.726.780	\$1.036.712.096	\$3.937.296.334
Total Desperdicio	\$ 10.522.711	\$ 11.351.313	\$ 12.468.472	\$ 16.343.611	\$ 50.686.107

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

*M y E: Maquinaria y equipos

Para evaluar económicamente los desperdicios asociados por mano de obra ver Tabla 13 se tomaron en cuenta los salarios y todas las prestaciones de ley del personal.

Tabla 13. *Costos de desperdicios asociados a mano de obra.*

Ítem	1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	Total
Salarios	\$1.036.708.810	\$1.115.704.191	\$1.030.948.384	\$1.135.127.704	\$4.318.489.089
Reposiciones	\$ 12.171.379	\$ 12.735.533	\$ 13.838.728	\$ 18.981.437	\$ 57.727.078

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

El total de desperdicios asociados a las reposiciones por defectos en la materia prima corresponde a \$108.413.184 para el año 2022, donde el 4to trimestre fue el más representativo ver Tabla 14.

Tabla 14. *Costos de desperdicios asociados a materia prima.*

	1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	Total
Total Desperdicio	\$22.694.091	\$24.086.846	\$ 26.307.199	\$35.325.048	\$ 108.413.184

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

2.6. Análisis de los Cinco Por Qué

Se hace uso de la técnica de los cinco por qué, con la cual es posible analizar la causa principal que da origen a las reposiciones de vidrio crudo con defectos de fábrica. Esta técnica sirve como herramienta para dar respuesta y brindar soluciones claves a la problemática existente. A continuación, se listan los resultados obtenidos:

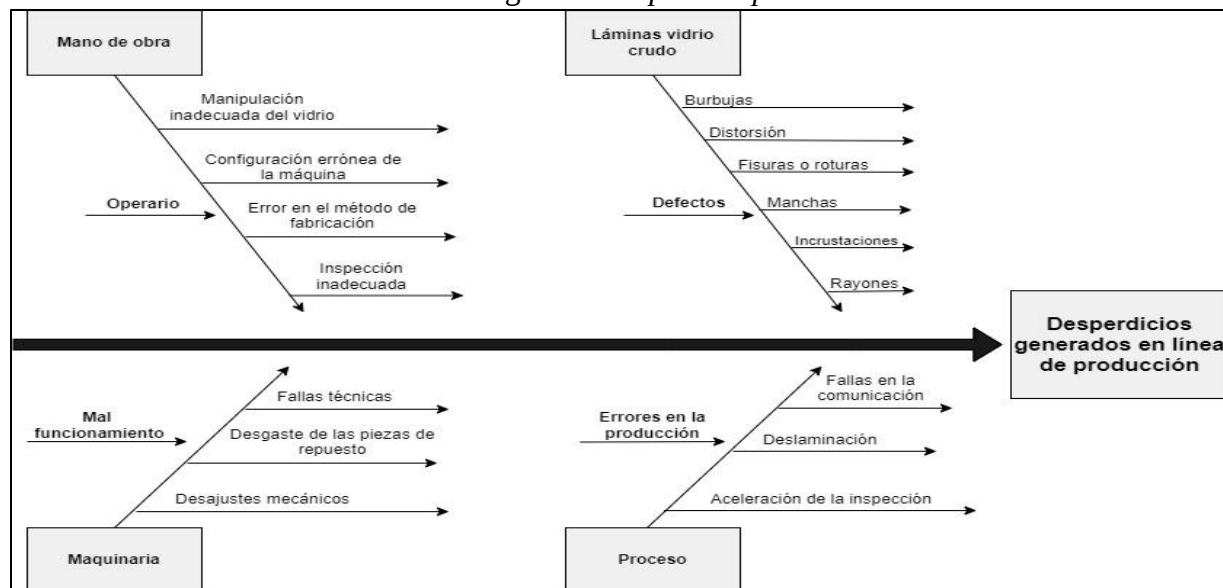
1. ¿Por qué existe un alto flujo de reposiciones de vidrio crudo? Porque durante el proceso se presentan fallas y se identifican defectos de fábrica.
2. ¿Por qué se presentan fallas y donde se visualizan los defectos? Porque las láminas de vidrio crudo son ingresadas con defectos a la línea de producción y la manipulación inadecuada de los operarios influye en las reposiciones, adicionalmente el 95% de los defectos son encontrados en la inspección antes del templado según el (Anexo F).
3. ¿Por qué los defectos de fábrica son identificados hasta la inspección final? Porque no existen controles preliminares al ingreso de las líneas de producción.
4. ¿Por qué no existen controles preliminares? Porque no se había identificado como una problemática relevante.
5. ¿Por qué no se había identificado como una problemática relevante? Porque no se había analizado a profundidad el impacto que genera en la eficiencia de la planta

2.7. Espina de Pescado

Para la elaboración de la espina de pescado se tomaron los datos del reporte consolidado de reposiciones de enero a diciembre del año 2022, esto con el propósito de analizar las diferentes causas que generan desperdicios en la línea de producción. En la Figura 277 y en la Tabla 15, se muestra la información que conforma el diagrama de Ishikawa. Se definieron cuatro categorías - mano de obra, láminas de vidrio crudo, maquinaria y proceso- debido a que son las que engloban las diferentes causas, base de las solicitudes por reposición de vidrio crudo. Es de notar que la categoría con más número de eventos es la de vidrio crudo esto por los diferentes defectos de fábrica con los que llegan las láminas o aquellos que puedan generarse en el proceso de transformación, por otro lado, la categoría de mano de obra influye en el número de eventos que

causan reposiciones debido a la manipulación del vidrio por parte de los operarios. Finalmente, la categoría de maquinaria representa un número importante de reposiciones, lo cual está dado por mal funcionamiento de las maquinas o desajustes mecánicos.

Figura 27. *Espina de pescado*



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

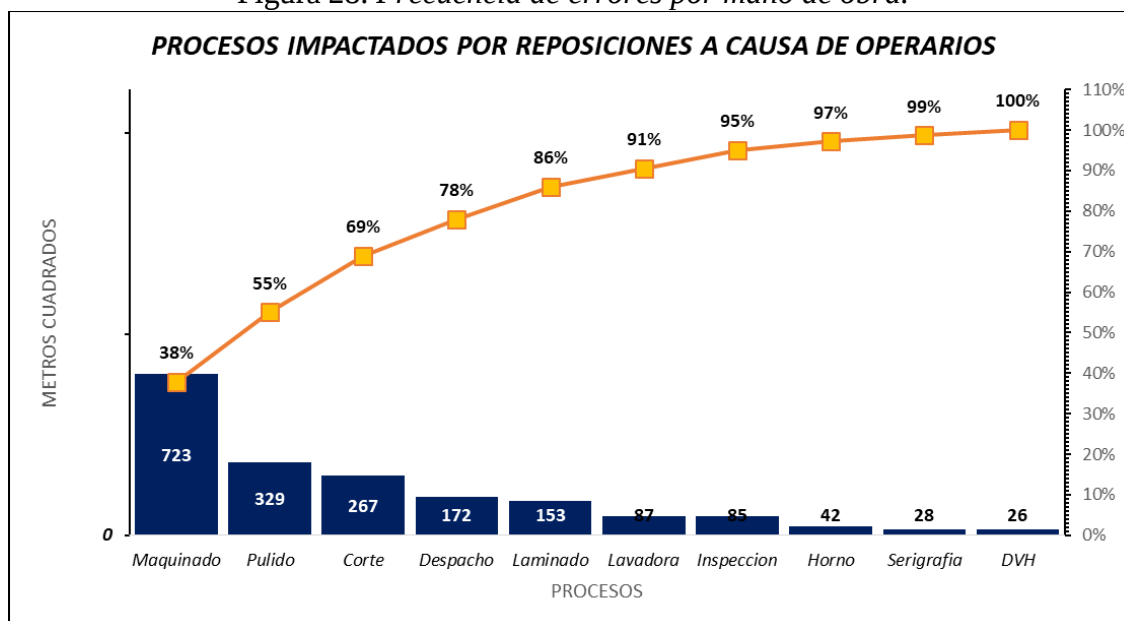
Tabla 15. *Categorías diagrama de ishikawa*

Categorías	Cantidad de eventos	Cantidad de m ²
Mano de obra	1.912	4.710
Mano de obra & Proceso	1	3
Maquinaria	912	2.394
Proceso	199	435
Vidrio crudo	2.156	6.151
Total	5.180	13.693

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

La segunda causa más frecuente dentro del diagrama de Ishikawa es la que está determinada por los errores que se presentan por mano de obra, por lo cual se hace preciso realizar un análisis detallado sobre los eventos que se dan en esta categoría; error en el método de fabricación, manipulación inadecuada del vidrio y configuración errónea de la máquina. Para ello, se utilizaron los datos que hacen referencia a la línea de producción, información que se presenta y se resume en la Figura 28.

Figura 28. Frecuencia de errores por mano de obra.



Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

En la Figura 28 se muestra la frecuencia de errores que se presentan debido a la mano de obra, en cada una de las etapas, por medio del Pareto podemos identificar que el 69% de las causas se encuentran en las operaciones de maquinado, pulido y corte, con porcentajes de 38%, 17% y 14%, respectivamente. Algunos de los eventos con mayor recurrencia en estas tres operaciones son los de vidrio mal maquinado, vidrio roto y vidrio escallado. De esta manera se evidencia que existen malas prácticas en la aplicación de las metodologías empleadas por parte de los operarios encargados de estas áreas, por lo que se deberían considerar estrategias para disminuir el número de reposiciones a causa de la mano de obra.

La empresa Vitelsa dentro de los indicadores de resultados que maneja como seguimiento al rendimiento de las operaciones maneja uno denominado “Reposiciones por proceso” que se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{m^2 \text{ de reposición de vidrio crudo semanal}}{m^2 \text{ de vidrio procesados semanales}} \leq 2.5\%$$

Este indicador actualmente se ve afectado principalmente en algunas áreas, y se pretende mejorarlo con el objetivo de reducir las reposiciones.

Con el fin de identificar mediante un análisis de eventos las causas principales por las cuales se presentan mayor número de reposiciones por mano de obra en la etapa de maquinado, se realiza un análisis de cinco por qué.

Análisis de los Cinco Por Qué – Mano de Obra

1. ¿Por qué la mayoría de las reposiciones causadas por manipulación de los operarios se encuentran en la etapa de maquinado? Debido a que es una etapa mixta donde el operario interfiere con la máquina, realizando la configuración de los parámetros en base a las dimensiones para la perforación de las láminas, cometiendo errores frecuentes de configuración.
2. ¿Por qué los operarios se equivocan en la parametrización de la maquina? Mal entendimiento del funcionamiento del proceso y de la maquinaria. Además, los operarios asumen las medidas de forma incorrecta. Por otro lado, el personal se distrae durante la ejecución de sus labores.
3. ¿Por qué el operario no comprende del todo el funcionamiento del proceso y se distrae durante el proceso de maquinado? Porque presenta dudas del proceso y decide no consultar con el supervisor a cargo quien le puede brindar una ampliación de las características requeridas por el cliente. En tanto a las distracciones, pueden ser causadas por elementos tecnológicos personales o conversaciones con otro colaborador.
4. ¿Por qué los operarios no consultan con su supervisor las dudas presentadas sobre los planos y por qué hacen uso de elementos tecnológicos personales en el horario laboral? En ocasiones los encargados del maquinado toman como referencia otros planos con características similares sin tener en cuenta el detalle o especificación que se requiere para cada lámina en particular, lo que genera una reposición. En cuanto al uso de elementos tecnológicos en horario laboral, los operarios no siguen las políticas de la empresa en cuanto al manejo del celular en el área de producción.
5. ¿Por qué los operarios asumen las medidas del área del maquinado y por qué no siguen las políticas de la empresa en cuanto al manejo del celular? Porque así agilizan el número de perforaciones que deben realizar en el área, sin tener en cuenta los detalles. Además, los operarios no siguen las políticas de la empresa por varias razones. Primero, no tienen una cultura del no uso de dispositivos electrónicos en el área de producción. Segundo, carecen de sentido de pertenencia a la empresa. Por último, no son conscientes del riesgo que presentan al manipular estos dispositivos en su lugar de trabajo.

Teniendo en cuenta que los daños causados en el proceso por los operarios representan una gran parte de las reposiciones y por ende de los costos de no calidad (CIF y Mano de obra), se realiza un cálculo en base a los estados financieros. Tabla 16 - *Tabla 17*

Tabla 16 Análisis económico trimestral de costos

Ítem	1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	Total
Acueducto	\$16.132.730	\$26.800.270	\$15.108.290	\$26.811.490	\$84.852.780
Reposiciones	\$287.620	\$447.951	\$244.535	\$460.072	\$1.440.177
Energía Eléctrica	\$547.593.093	\$500.758.522	\$678.336.883	\$623.047.774	\$2.349.736.272
Reposiciones	\$9.762.671	\$8.369.881	\$10.979.197	\$10.691.188	\$39.802.936
Mantenimiento De MyE	\$237.565.760	\$277.307.202	\$97.581.562	\$148.461.958	\$760.916.482
Reposiciones	\$4.235.401	\$4.635.025	\$1.579.403	\$2.547.533	\$12.997.362
Herramientas	\$131.115.799	\$233.584.082	\$138.700.046	\$238.390.874	\$741.790.800
Reposiciones	\$2.337.576	\$3.904.219	\$2.244.924	\$4.090.668	\$12.577.387
Total Por Producción	\$932.407.382	\$1.038.450.076	\$929.726.780	\$1.036.712.096	\$3.937.296.334
Total Desperdicio	\$16.623.268	\$17.357.076	\$15.048.058	\$17.789.460	\$66.817.862

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

*M y E: Maquinaria y equipos.

Tabla 17. Costos de desperdicios asociados a mano de obra

Ítem	1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	Total
Salarios	\$1.036.708.810	\$1.115.704.191	\$1.030.948.384	\$1.135.127.704	\$4.318.489.089
Reposiciones	\$18.482.788	\$18.648.333	\$16.686.377	\$19.478.223	\$73.295.720

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

2.8. Resumen y hallazgos

En el diagnóstico realizado se validaron diversos aspectos de vital importancia para el proceso de producción:

- En la evaluación de la empresa fue posible ver que el proceso principal es el de templado y de allí se derivan los demás procesos de producción; serigrafía, laminado y DVH. Con el apoyo de la técnica de los 5 por qué fue posible identificar que no existen controles preliminares para el ingreso del vidrio crudo con defectos de fábrica a la línea de producción y de esta forma se generan costos de no calidad, ya que la inspección que se realiza durante la recepción del vidrio crudo es superficial, lo cual impide dar un diagnóstico detallado sobre el estado de este.
- Cada una de las etapas del proceso cuenta con formatos de acuerdo con la actividad realizada, donde se relacionan inconvenientes, cantidades o tareas de cada proceso y las reposiciones internas. Durante el estudio fue posible evidenciar que al realizar una reposición de material ocasionado por un proceso se puede identificar la máquina o etapa, tipo de error, descripción y el responsable. Sin embargo, cuando se trata de una reposición debido a un defecto de fábrica atribuible al proveedor se identifica como materia prima defectuosa, describiendo el tipo de defecto y el responsable, sin realizar

un registro de la etapa donde se encontró lo que impide determinar la cantidad del desperdicio asociado a los reprocesos de cada reposición de manera exacta.

- Uno de los factores más influyente en las reposiciones de material atribuible a los procesos, tiene que ver con la manipulación de las láminas de vidrio por parte de los operarios, especialmente en el área de maquinado, donde se presentan mayor número de errores por mano de obra. Por otro lado, la calidad del vidrio puede verse afectada por las distracciones y malas prácticas de manipulación.
- En el transcurso del año 2022, se procesó un total de 311.335 m², de los cuales 13.693 m² fueron solicitados en reposición, que representan el 4% del total. Las reposiciones están conformadas por un 41% daños en materia prima y el 59% corresponde a daños presentados durante el proceso. Mediante el diagrama de Ishikawa se logra identificar que las categorías con mayor cantidad de eventos presentados y metros cuadrados solicitados por reposiciones son las de materia prima y la de mano de obra.
- Sobre el análisis realizado a los desperdicios se observa que al sumar los desperdicios por la mesa de corte con las reposiciones, superan el límite del 10% establecido en los indicadores de calidad.
- Uno de los principales obstáculos encontrados en el diagnóstico, fue la evidente falta de un sistema de costos que permita una correcta distribución y asignación de estos, de tal manera que esta información le permita a la gerencia tomar de decisiones enfocadas a una mejora continua.

3. Acciones y estrategias para el mejoramiento del proceso

3.1. Control de calidad del vidrio crudo.

En el diagnóstico realizado fue posible identificar que no existe un proceso de inspección previo al ingreso de las láminas a la línea de producción, en busca de disminuir los sobrecostos generados por las reposiciones de vidrio crudo por defectos de fábrica, razón por la cual se propone realizar la contratación de 2 auxiliares de calidad que formen parte de un nuevo proceso de inspección, ubicado entre la etapa de carga y corte de las mismas, cumpliendo así con una validación previa al proceso de transformación. Dicha inspección será implementada en cada uno de los dos turnos de producción determinados por la compañía.

Las láminas que serán inspeccionadas cuentan con un peso entre 200 y 450 kg y áreas hasta de 17,09 m², las cuales son entregadas por parte del proveedor en paquetes entre 4 y 7 láminas, dependiendo de su espesor y el tipo de vidrio. Debido a su gran tamaño, el operario encargado de la inspección visual no puede realizar la actividad desde la zona de almacenamiento, por lo tanto, se considera que la opción más viable es aprovechar la etapa donde se sitúa la lámina en la mesa de carga, debido a que esta máquina cuenta con diferentes brazos mecánicos que con la ayuda de ventosas, carga automáticamente las láminas de vidrio en los bastidores sobre la mesa, lo que permite que el operario tenga acceso visual a toda el área de la lámina y brinda la oportunidad de realizar su inspección. Cabe resaltar que quien opera la mesa de carga es el encargado de la mesa de corte, por ende, el operario encargado de la inspección no intervendrá en este proceso y la única actividad a su cargo será la identificación de los defectos en las láminas.

Teniendo en cuenta que el proceso de corte y despiece de las láminas requiere tiempos superiores al de la mesa de carga, es posible emplear esta última para verificar que la lámina esté en óptimas condiciones antes de ser cortada, es decir, que la lámina se encuentre libre de defectos de fábrica tales como burbujas, manchones, rayones, fisuras, escallas entre otros defectos, que puedan influir en la calidad del producto final. Así mismo, se propone que el empleado que revisa el vidrio lleve el registro de las láminas evaluadas el cual será diseñado y puesto a disposición de la compañía. y si encuentra daños, realice el reporte mediante el diligenciamiento del formato interno de reposición de materia prima, con el fin de que las láminas pasen a ser evaluadas por el área de modulación y sea posible determinar que parte de la materia prima es aprovechable. Adicionalmente también debe realizar el diligenciamiento de la planilla de registro y certificación de lotes, sin importar si la lámina presenta defectos o no, con el fin de liberar el vidrio crudo para que continúe su proceso de transformación o para realizar su respectiva reposición.

La propuesta para el control de calidad del vidrio crudo consiste en iluminar las láminas con la ayuda de luces, desde el inicio del proceso, para detectar los defectos que puedan presentarse por parte del proveedor. Dicha iluminación debe estar posicionada desde diferentes ángulos para poder abarcar la totalidad de la lámina, por tal razón los integrantes del proyecto se reunieron con el ingeniero Herman Andrade - jefe de mantenimiento de la empresa-, con el fin de definir los requerimientos técnicos y las adecuaciones que deben realizarse a la mesa de carga, obteniendo lo siguiente:

- Para facilitar la búsqueda de los defectos, se recomienda pintar el piso y la mesa de cargue de color negro para que pueda realizar un contraste con las luces a través de un fondo oscuro.
- Para la sección de traslado de la lámina entre la mesa de carga y corte se incorpora la instalación de luces desde diferentes ángulos con el propósito de identificar los defectos de materia prima, esta actividad será ejecutada por parte de un inspector de calidad – nuevo operario-, quien realizará la inspección aprovechando el tiempo que transcurre desde la

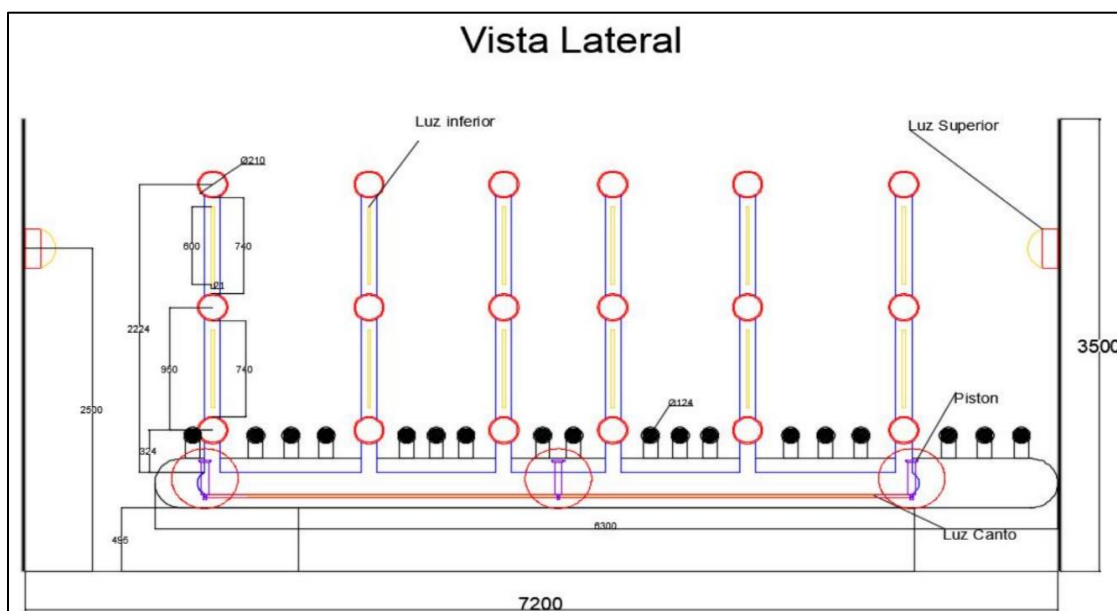
mesa de carga y la mesa de corte donde la lámina es cortada en varias piezas según la modulación.

- Es necesaria la instalación de diferentes tipos de luz: Luz difusa, luz de fondo y luz rasante.

La luz difusa estará compuesta por paneles de luz ubicados en los laterales de las láminas; con esta técnica será posible resaltar aquellos defectos internos del vidrio como lo son burbujas o incrustaciones. Esta técnica requiere la iluminación sobre el canto del vidrio, para lo cual se debe instalar un mecanismo a la mesa de carga que permita que, cuando la lámina quede en forma horizontal, active el mecanismo para que la luz se posicione en el canto en los dos basculantes. Ver *Figura 29*.

Nota: Los brazos basculantes se abren y desplazan hacia adelante tomando el vidrio con las ventosas, luego regresan y se cierran.

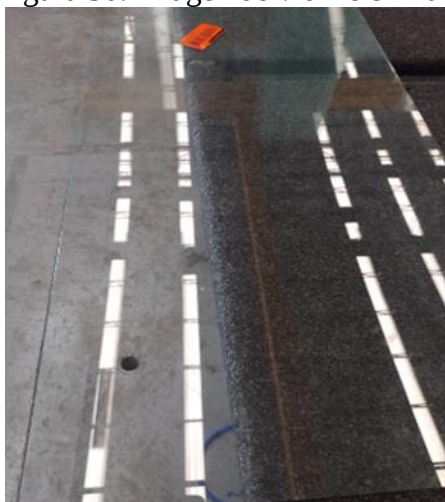
Figura 29. Mecanismo de accion luz difusa sobre la mesa de carga con los brazos basculantes abiertos



Fuente: Elaborado propia (2023).

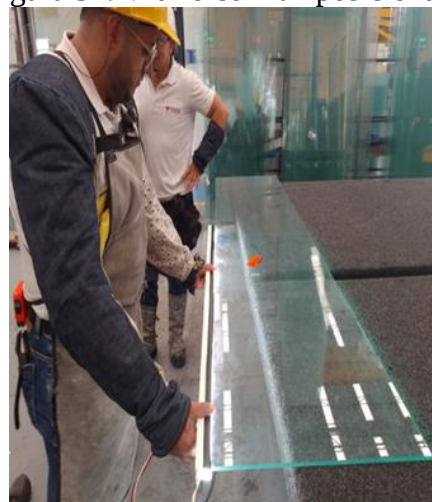
Para dar claridad, se realizó un ejemplo de forma manual que ilustra la funcionalidad de la luz ver *Figura 30* y *Figura 31*.

Figura 30. Imagen de vidrio sin luz



Fuente: Elaborado propia (2023).

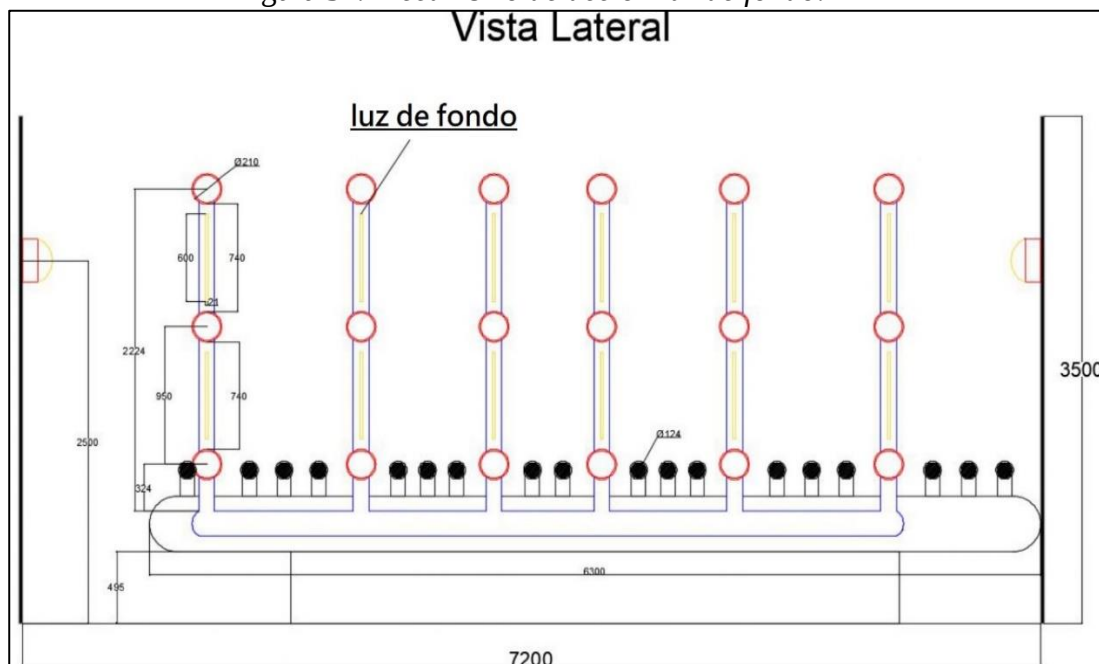
Figura 31. Vidrio con luz posicionada



Fuente: Elaborado propia (2023).

Sobre la estructura de la mesa se incorpora las luces led en la parte inferior de los brazos basculantes (luz de fondo), sin interrumpir el movimiento de la máquina y poder inspeccionar la materia prima cuando se está posicionando en la mesa de carga. Cada basculante debe tener su interruptor de encendido en forma independiente, por lo que se requieren 20 lámparas led referencia T5 9vatios – luz blanca (6500k) – 600 lumen para resaltar siluetas o formas, manchas o ausencia de capas Ver *Figura 32*.

Figura 32. Mecanismo de acción luz de fondo.

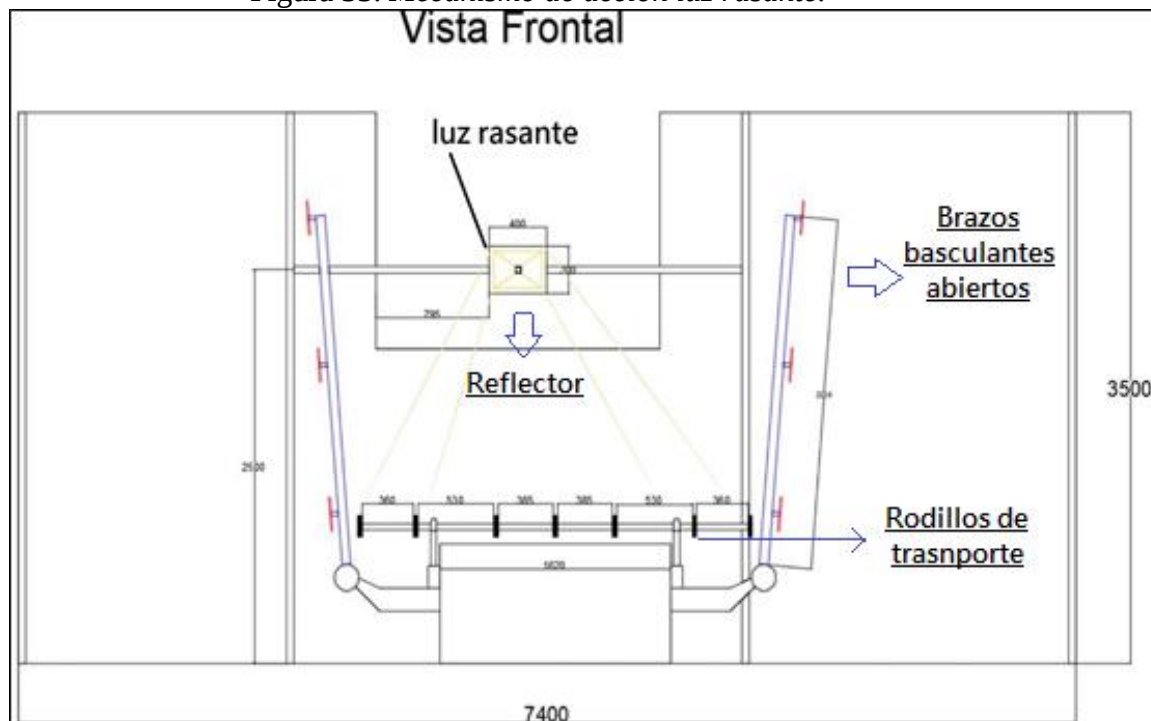


Fuente: Elaborado propia (2023).

Y finalmente la luz rasante permitirá resaltar rayas o escallas sobre la superficie del vidrio. En esta sección se requiere un reflector led para iluminar de manera inclinada hacia

la superficie del vidrio, para detectar los defectos y evitar un deslumbramiento y fatiga a la vista del operario. El reflector debe tener una visión de 160°, debe estar posicionado en la estructura que divide la mesa de carga y la mesa de corte fijado con un ángulo de aluminio para que ilumine el ancho de la lámina (3300 mm); si esto no ocurre, se dispondrá de 2 reflectores de luz led que estarán posicionados al otro lado de la malla, debido a que hay láminas más grandes (> 5,18 metros de altura) Ver *Figura 33*.

Figura 33. *Mecanismo de acción luz rasante.*



Fuente: Elaborado propia (2023).

Para llevar a cabo las adecuaciones a la mesa de carga se requiere de materiales y mano de obra, cuya descripción y cantidades se detallan en la Tabla 18. Materiales necesarios para adecuar la mesa de carga Tabla 18 y Tabla 19, respectivamente.

Tabla 18. *Materiales necesarios para adecuar la mesa de carga.*

Cantidad	Descripción
20	Lámparas led referencia T5 9vatios – luz blanca (6500k) – 600 lumen
100	Metros de cable encauchetado 2*18
2	Interruptores doble 110v
2	Reflectores 50v – luz blanca (6500k) – 3500 lumen
1	Angulo ” y media por 1/8 por 6mts en aluminio
1	Paquete de amarres de 20 cm
100	Remaches de 1/8 *3/4
2	Galones de pintura negra esmalte industrial negro mate
2	Botellas de thinner
2	Tubos mueble cuadrado CR 40*40
6	Cilindro doble efecto de 32mm de diámetro*40mm de carrera.

Cantidad	Descripción
1	Unidad de mantenimiento FRL de ¼ con manómetro
1	Electroválvula de 5/2 con bobina de 24 VDC
6	Racor prestolock de ¼ *8mm
15	Metros de manguera pu de 8mm
10	Metros de cable señal awg 18
8	Lámparas T5 18 vatios de 1,20 cm
3	Platinas soporte 150*300*1/4

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por proveedor (2023).

Tabla 19. *Mano de obra necesaria para adecuar la mesa de carga.*

Cantidad	Descripción
3	Un jefe de mantenimiento y 2 técnicos. 2 domingos con turnos de 8 horas, horario donde no hay turno productivo

Fuente: Elaboración propia (2023).

Vitelsa S.A. cuenta con el personal adecuado y profesional para poder realizar las adecuaciones necesarias en la mesa de corte, es decir, instalando las luces led que permitan visualizar los defectos de la materia prima, efectuando así el control de calidad.

Adicionalmente como ya se había mencionado anteriormente, para la puesta en marcha del proceso se requiere la contratación de nuevo personal – auxiliares de calidad- para que trabaje en cada turno (uno por turno).

Para la ejecución de las actividades del operario se propone un manual de procedimiento ver (Anexo G), con el fin de instruir al encargado de cómo, cuándo y dónde se debe llevar a cabo la actividad. El manual está conformado por un objetivo, delimitación del alcance, la definición del responsable, un glosario de términos, requisitos o condiciones generales para el desarrollo de la actividad, descripción de la actividades a realizar, el diseño de un diagrama de flujo donde se describen las diferentes tareas que integran el procedimiento y el nivel de intervención por parte del operario, así como la utilización de formatos que deberán ser diligenciados durante el proceso aun cuando la lámina presente o no defectos.

También se desarrolla una planilla de registro y certificación de lotes ver Figura 344, como herramienta de control y seguimiento de las reposiciones de materia prima identificadas en este nuevo proceso de control de calidad.

Figura 34. Planilla de registro y certificación de lotes.

El formulario es una planilla de registro y certificación de lotes de Vitelsa S.A. Incluye el logo de la empresa y el título "PLANILLA DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN DE LOTES".

Encabezado:

- CODIGO:**
- FECHA DE VIGENCIA: ABRIL 2024 VER:1**

Campos de registro:

	Fecha/Hora	Lote	Dimensiones (Alto-Ancho)	Color	Tipo	Liberación (Si-No)	Responsable
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							

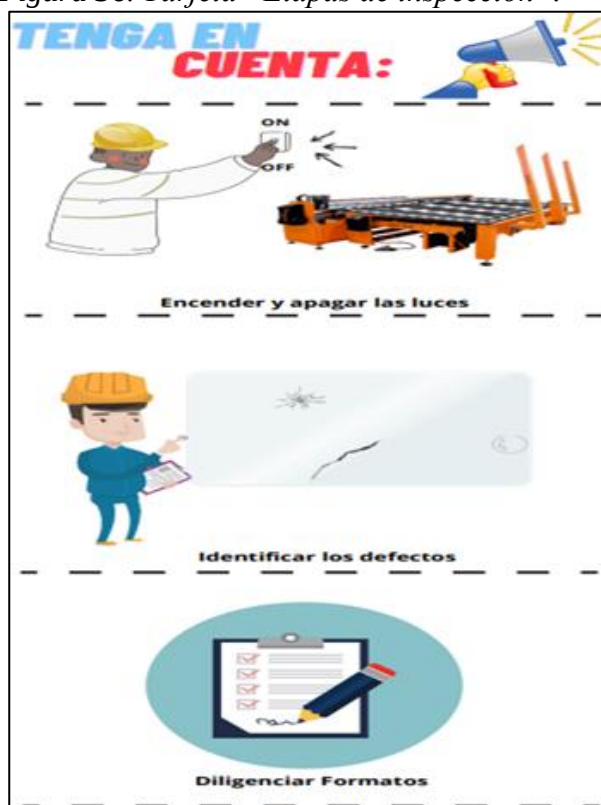
Instrucciones de diligenciar:

- Diligenciar # Lote de la lámina de vidrio inspeccionada.** (Puntero al campo Lote)
- Diligenciar Fecha/ hora de la inspección.** (Puntero al campo Fecha/Hora)
- Diligenciar las dimensiones de la lámina, color y tipo de vidrio.** (Puntero a los campos Dimensiones, Color y Tipo)
- Firmar el documento para llevar control de quien inspecciona las láminas.** (Puntero al campo Responsable)
- Diligenciar el campo de liberación, con el fin de dar continuidad o no al proceso.** (Puntero al campo Liberación)

Fuente: Elaboración propia (2023).

Cada una de las fases del proceso de transformación del vidrio está acompañada de distintos formatos, los cuales están diseñados para capturar información relevante acerca de las actividades realizadas, problemas encontrados, cantidades involucradas y especificaciones de cada proceso. Entre todos estos formatos, el que tiene una mayor relación con el proyecto es el de las reposiciones de vidrio crudo. A través de este formato, se puede identificar fácilmente la máquina involucrada, el tipo de error cometido, la descripción del problema y el responsable del mismo. Sin embargo, cuando se trata de una reposición debida a un defecto de fábrica atribuible al proveedor, se utiliza la categoría de "materia prima defectuosa" para describir el problema, sin que se haga un registro específico de la etapa del proceso en la que se encontró el defecto. Este hecho impide que se pueda determinar con precisión el sobre costo exacto de cada reposición, razón por la cual se propone una nueva versión, en el que se incluya el reporte de la etapa o proceso en la que se identifica el defecto o la falla, con el propósito de lograr una información más acertada de las reposiciones de vidrio crudo en cada proceso. Esta nueva versión se presenta en la Figura 355.

Figura 36. Tarjeta “Etapas de inspección”.



Fuente: Elaboración propia (2023).

En este nuevo proceso, se requiere adecuar la mesa de inspección. En la Figura 377, es posible evidenciar que la mesa hace falta de iluminación, lo que genera zonas oscuras en las cuales se dificulta la identificación de defectos de fábrica en las láminas de vidrio.

Figura 37. Adecuaciones mesa de carga.



Fuente: Elaboración propia (2023).

3.2. Adquisición de tecnología.

Una propuesta adicional se presenta tomando en cuenta que hoy en día existen diferentes alternativas tecnológicas en la industria del vidrio que permiten realizar una inspección de calidad incluyendo láminas individuales, vidrio aislante, vidrio para automóviles, vidrio procesado, policarbonato o película. Esta consiste en adquirir una máquina *LineScanner* horizontal, a través de la cual se pueda realizar una inspección exhaustiva a las láminas de

vidrio, en busca de una variedad de defectos, tales como rayones, incrustaciones, astillas en los bordes, burbujas, entre otros Ver

Figura 388.

Figura 38. Defectos que pueden ser detectados por la máquina LineScanner horizontal

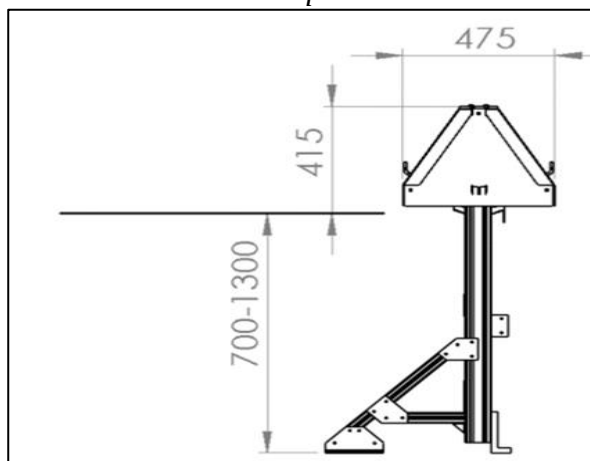
Tipo de defecto	Ejemplo	Descripción
Rayones		ASTM 3 o superior; medida de longitud en mm
Incrustaciones, Burbujas		$\geq 0,1\text{mm}$; diámetro medido en mm
Otros defectos - imperfecciones		suciedad; huellas dactilares; distorsión visible en el revestimiento; medido en mm ²
Escallas		Detección de escallas
Fisuras		Detección de fisuras

Fuente: Tomado de (Softsolution Glass, 2020).

La técnica de la maquina es la isotropía/ anisotropía el cual es basado en una fuente de luz telecéntrica, debido a la transparencia y capacidad para refractar la luz, el vidrio puede considerarse un material isotrópico, lo que significa que no varía sus propiedades ópticas dependiendo de la dirección en la que se mire. No obstante, cuando se trata de su resistencia a la rotura, el vidrio puede mostrar anisotropía, lo que significa que esta propiedad puede variar según la dirección en la que se aplique la fuerza sobre él. (Softsolution Glass, 2020)

En la Figura 39, se observan las dimensiones de la máquina, en la Figura 40 se detallan sus partes o componentes principales y en la *Tabla 20*, se presenta la información técnica relevante.

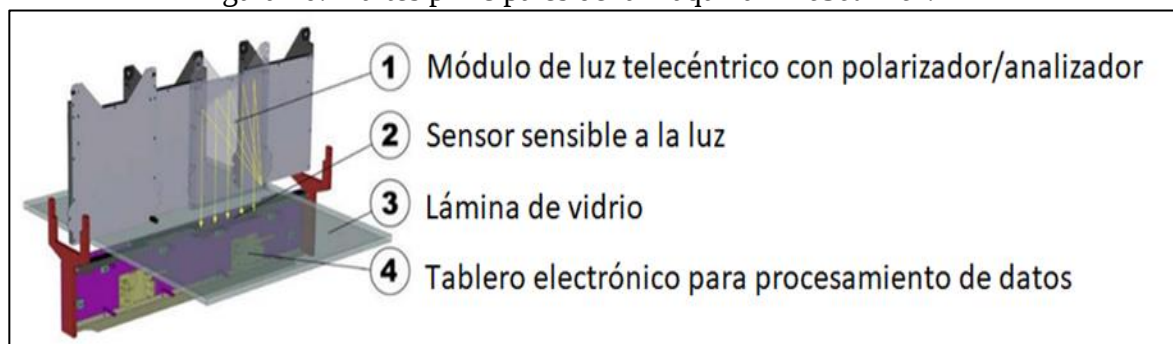
Figura 39. Dimensiones de la máquina LineScanner horizontal



Fuente: Tomado de (Softsolution Glass, 2020).

Las partes más importantes que conforman la maquina se pueden identificar en la Figura 40 adicional es posible ver como se ubica la lámina de vidrio sobre el escáner.

Figura 40. Partes principales de la maquina LineScanner.



Fuente: Tomado de (Softsolution Glass, 2020).

Para la toma de una decisión de compra es importante conocer las características y capacidades de una máquina, el escáner cuenta con las siguientes especificaciones, ver *Tabla 20*.

Tabla 20. Información técnica de la máquina.

Tipo	Descripción
Tamaño Máximo Lamina de vidrio	3400x9000mm (más de 9000mm bajo pedido)
Tamaño Mínimo Lamina de vidrio	350 x 250 mm: borde corto delantero (vidrios más pequeños a pedido)
Velocidad máxima de transporte durante el proceso de escaneo	48 m/minuto para control de calidad del vidrio 20m/minuto para control de dimensiones 20 m/minuto para control de anisotropía y tensión de borde (mayor velocidad bajo pedido)

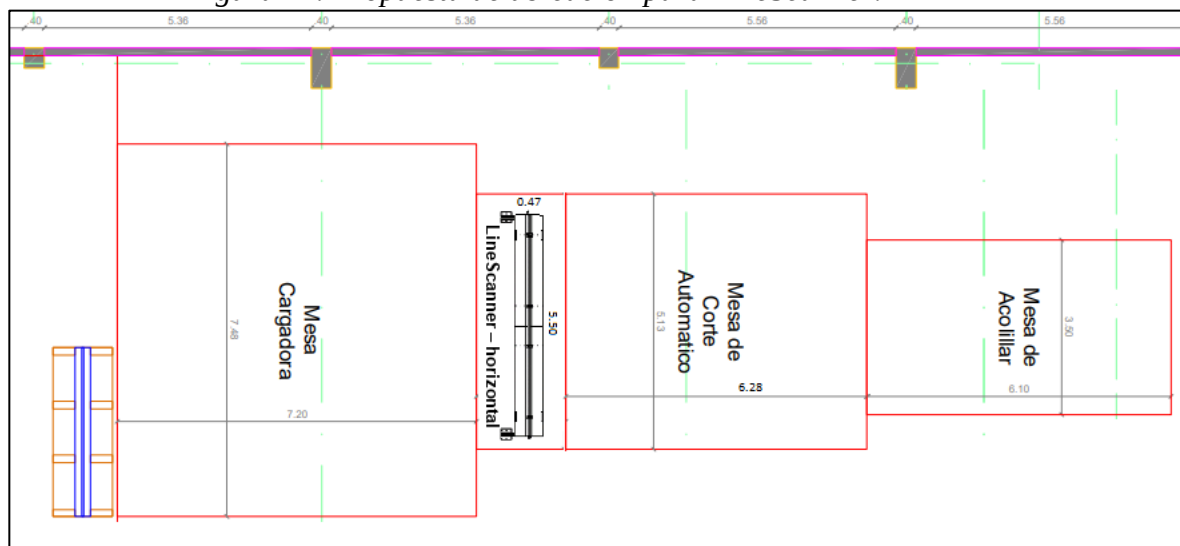
Tipo	Descripción
Espesor de vidrio	Hasta 100 mm Vidrio flotado claro
Requerimientos de instalación	Espacio de 70 mm entre los rodillos de transporte/correas de transporte/en la pared trasera de la línea de producción => debe ser preparada por el cliente según los dibujos de <i>Softsolution</i> antes de la instalación
Red y conexión a internet	El cliente es responsable de proporcionar la red y la conexión a Internet (sin módem)
Sistema operativo	Windows10
Tamaño mínimo del defecto	0,1 mm y más grandes en el 98% de todos los casos

Fuente: Adaptado de (Softsolution Glass, 2020).

El *LineScanner* – horizontal, se ubicará en medio de la mesa de carga y corte, con el fin de realizar la inspección de los defectos de fábrica al inicio de la etapa productiva. La máquina será operada por el responsable del proceso de corte.

Para la ubicación del *LineScanner* – horizontal, se reubicarán las mesas de carga y corte de tal forma que se cree un espacio de 0.47 m de largo y 5.50 m de ancho, con el objetivo de que la lámina pase a través de la mesa de carga y posterior a ello el scanner realice la identificación de los defectos ver Figura 41. El encargado de manipular el Scanner será el operario del proceso de corte, pues una vez la máquina descarte las láminas con defectos el operario puede realizar el rayado sobre la lámina en la mesa de corte aprovechando el área del vidrio que está en óptimas condiciones para su procesamiento. A manera de comparación, también se presenta la ubicación actual de las máquinas ver Figura 42.

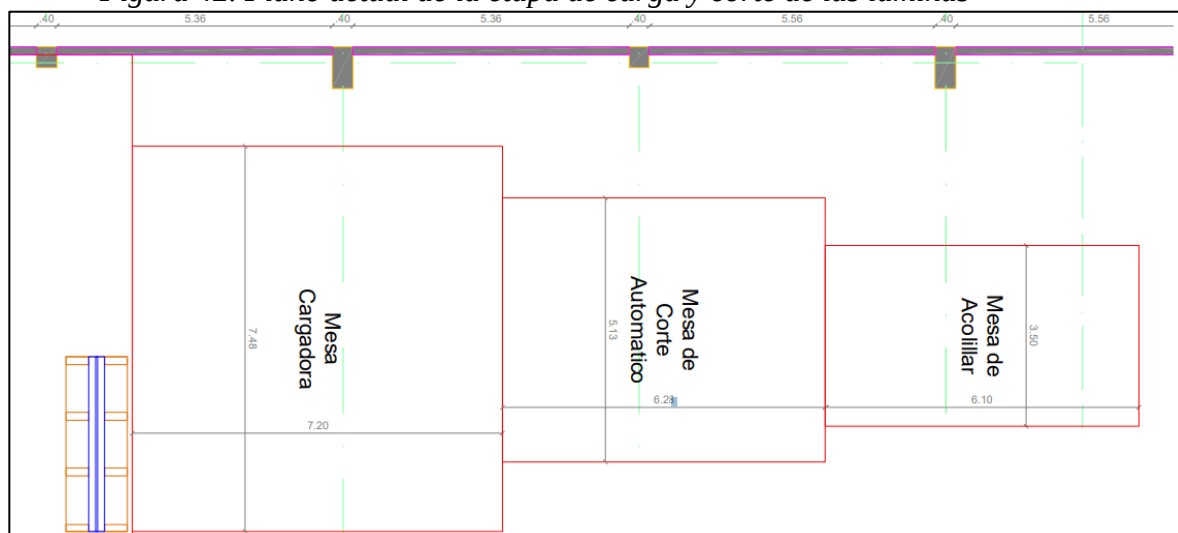
Figura 41. Propuesta de ubicación para LineScanner.



Fuente: Elaboración propia (2023).

La distribución del proceso de corte en el cual sería ubicado el escáner actualmente se encuentra de la siguiente forma, ver Figura 42.

Figura 42. Plano actual de la etapa de carga y corte de las láminas



Fuente: Elaboración propia (2023).

3.3. Capacitaciones al personal

De parte del coordinador de calidad, jefe de planta y jefe de mantenimiento, realizar la ejecución de un cronograma de capacitaciones y retroalimentación al personal operativo por cada uno de los procesos, el uso y conocimiento de la maquinaria, y estrategias de calidad. Se propone realizar las siguientes actividades teniendo en cuenta la prioridad de las mismas para su implementación a corto o mediano plazo. Cabe aclarar que estas actividades no representarán un tiempo considerable en el transcurso del mes, ya que serán desarrolladas con una periodicidad semanal, quincenal y mensual sin afectar la producción, Ver Tabla 21.

Tabla 21. Cronograma de actividades.

Actividad	Descripción	Responsable	Periodicidad	Tiempo estimado	Prioridad
Socialización de reposición	Se realiza la socialización del informe de la cantidad de reposiciones y los procesos involucrados	Coordinador de calidad	Semanal	10 (Min)	Alta
Retroalimentación operación maquinado	Detalle sobre el funcionamiento adecuado de la operación y solución de dudas.	Coordinador de calidad Jefe de planta	Semanal	10(Min)	Alta
Retroalimentación operaciones pulido y corte	Detalle sobre el funcionamiento adecuado de las operaciones de pulido y corte y solución de dudas.	Coordinador de calidad Jefe de planta	Semanal	10(Min)	Alta

Actividad	Descripción	Responsable	Periodicidad	Tiempo estimado	Prioridad
Retroalimentación operaciones de despacho, laminado y lavadora	Detalle sobre el funcionamiento adecuado de las operaciones de despacho, laminado y lavado, adicional solución de dudas.	Coordinador de calidad Jefe de planta	Quincenal	10(Min)	Media
Retroalimentación de reposiciones personalizada	Se cita al personal que tuvo un índice de reposiciones superior al de los demás, con el fin de identificar la causa y como mitigarla.	Coordinador de calidad Jefe de planta	Quincenal	10(Min)	Media
Capacitación sobre la maquinaria	Instruir a los operarios sobre el funcionamiento técnico de la maquinaria, para que aprendan e identifiquen posibles fallas que puedan afectar el proceso productivo.	Jefe de mantenimiento	Quincenal	30(Min)	Media
Retroalimentación operaciones inspección, horno, serigrafía, DVH	Detalle sobre el funcionamiento adecuado de las operaciones de inspección, horno, serigrafía y DVH, adicional solución de dudas.	Coordinador de calidad Jefe de planta	Mensual	10(Min)	Baja
Incentivo sobre los resultados	Se identificarán aquellos procesos que demuestran una disminución considerable de reposiciones teniendo en cuenta el indicador "reducción de reposiciones"	Jefe de planta	Mensual	10	Baja

Fuente: Elaboración propia (2023).

En cuanto a la capacitación sobre el manejo de maquinaria, es fundamental destacar que actualmente se lleva a cabo un proceso de mantenimiento mensual, el cual requiere de 5 a 8 horas, dependiendo del tipo de máquina. Durante este período, los operarios encargados brindan apoyo al jefe de mantenimiento mediante actividades de limpieza general y la higienización de tanques o tuberías.

Durante este mantenimiento, el encargado tendrá la oportunidad de brindar a los operarios consejos prácticos sobre cómo identificar posibles daños en las máquinas o cómo

optimizar su uso. Esto permite que los operarios adquieran conocimientos adicionales y aprendan a detectar posibles problemas o a utilizar las máquinas de manera más eficiente.

En cuanto a la asignación de los beneficios, estos serán asignados en base a los resultados obtenidos por cada uno de los procesos, se otorgarán incentivos a los equipos que logren reducir el promedio de reposiciones actuales. Estos incentivos pueden incluir bonos de canasta y tiempo libre, y se alternarán a lo largo del año para evitar otorgar el mismo beneficio durante cada mes.

Con esto se motivaría al personal a trabajar de una manera más rigurosa y consciente sobre los procesos. Pues como lo dice Idalberto Chiavenato en su libro *Gestión del talento humano*, las recompensas organizacionales de diferente índole sean pagos, beneficios, entre otras, funcionan como incentivos para la satisfacción de los empleados y su desempeño. Por esta razón, existe una creciente demanda en el interés de las empresas en la implementación de estos sistemas, tal como recomiendan los expertos en Desarrollo Organizacional (Chiavenato, 2009).

4. Estimación de los costos y los beneficios asociados al plan de mejora en la empresa Vitelsa S.A

4.1. Costos y beneficios asociados a la propuesta control de calidad del vidrio crudo

Para la ejecución de las propuestas es necesario destinar un presupuesto de recursos tales como mano de obra del nuevo personal que integrara la etapa de inspección, materiales para las adecuaciones de la mesa de carga y la mano de obra técnica para la correcta instalación de los diferentes materiales, como se muestra a continuación:

- Cotización de materiales:

Según materiales necesarios para poner en marcha la propuesta se realizó la cotización con un proveedor especialista en materiales de construcción y adecuación de espacios con precios del año 2023, en la *Tabla 22* se muestra el detalle de los materiales.

Tabla 22. *Costos de los materiales. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.*

Materiales			
Cantidad	Descripción	Vr. Unitario	Precio
20	Lámparas led referencia T5 9vatos – luz blanca (6500k) – 600 lumen	\$ 12.500	\$ 250.000
100	Metros de cable encauchado 2*18	\$ 2.900	\$ 290.000
2	Interruptores doble 110v	\$ 7.000	\$ 14.000
2	Reflectores 50v – luz blanca (6500k) – 3500 lumen	\$ 37.500	\$ 75.000
1	Angulo ” y media por 1/8 por 6mts en aluminio	\$ 87.500	\$ 87.500
1	Paquete de amarres de 20 cm	\$ 8.500	\$ 8.500
100	Remaches de 1/8 *3/4	\$ 190	\$ 19.000
2	Galones de pintura negra esmalte industrial negro mate	\$ 85.500	\$ 171.000
2	Botellas de thinner	\$ 7.900	\$ 15.800
2	Tubos mueble cuadrado CR 40*40	\$ 73.200	\$ 146.400
6	Cilindro doble efecto de 32mm de diámetro*40mm de carrera.	\$ 145.236	\$ 871.416
1	Unidad de mantenimiento FRL de ¼ con manómetro	\$ 99.800	\$ 99.800
1	Electroválvula de 5/2 con bobina de 24 VDC	\$ 75.900	\$ 75.900
6	Racor prestolock de ¼ *8mm	\$ 5.800	\$ 34.800
15	Metros de manguera pu de 8mm	\$ 5.500	\$ 82.500
10	Metros de cable señal awg 18	\$ 1.000	\$ 10.000
8	Lámparas T5 18 vatos de 1,20 cm	\$ 15.500	\$ 124.000
3	Platinas soporte 150*300*1/4	\$ 58.274	\$ 174.822
	Subtotal		\$ 2.550.438
	Iva		\$ 484.583
	Total		\$ 3.035.021

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por Ferrealizados (2023).

- Mano de obra para las adecuaciones:

Para la determinación de la mano de obra necesaria, se dividió el salario en 30 días, se multiplico por 2 turnos, y se adiciono el recargo dominical, ya que la actividad se ejecutará en 2 domingos horario donde no hay turno productivo y por ley colombiana al ser un día

festivo cuenta con una remuneración especial, los resultados pueden ser visualizados en la *Tabla 23*.

Tabla 23. Costo mano de obra para adecuaciones.. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.

Descripción	Salario	Valor Mano de obra
Jefe de mantenimiento	\$ 2.015.059	\$ 235.090
Auxiliar	\$ 1.965.040	\$ 229.255
Auxiliar	\$ 1.797.035	\$ 209.654
Total		\$ 673.999

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

- Mano de obra personal nuevo de la etapa de inspección:

Para realizar el cálculo sobre el costo de la mano de obra de los auxiliares de calidad, que en adelante se encargaran de la etapa de inspección de las láminas de vidrio, se tomó en cuenta el salario 2023 y todas sus prestaciones de ley, adicional y según el trabajo del alto riesgo y considerando el nivel general que la compañía usa en ARL para sus empleados es el nivel 5 como se detalla en la *Tabla 24*.

Tabla 24. Costo personal nuevo de la etapa de inspección. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.

Ítem	No. de empleados	Individual	Total
Salario	2	\$ 1.300.000	\$ 2.600.000
auxilio de transporte	2	\$ 140.606	\$ 281.212
Aportes seguridad social			
salud 12,5%	2	\$ 162.500	\$ 325.000
Pensión 12%	2	\$ 156.000	\$ 312.000
Arl nivel V 6,96%	2	\$ 90.480	\$ 180.960
Parafiscales			
Caja de compensación familiar 4%	2	\$ 52.000	\$ 104.000
Icbf 3%	2	\$ 39.000	\$ 78.000
Sena 2%	2	\$ 26.000	\$ 52.000
Aportes a la seguridad social			
Prima	2	\$ 120.051	\$ 240.101
Cesantías	2	\$ 120.051	\$ 240.101
Intereses de cesantías	2	\$ 14.406	\$ 28.812
Vacaciones	2	\$ 54.167	\$ 108.333

Ítem	No. de empleados	Individual	Total
Total mes	2	\$ 2.275.260	\$ 4.550.519
Total año	2	\$ 27.303.117	\$ 54.606.233

Fuente: Elaboración propia (2023).

Al agrupar los distintos recursos necesarios para la implementación de la propuesta y diferirlos mes a mes durante un año, se logra evidenciar cual sería el costo total de su ejecución, dicha distribución se puede observar en la *Tabla 25*.

Tabla 25. Costo para la etapa de inspeccion. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.

Mes	Mano de obra adecuaciones	Materiales	Mano de obra personal a cargo de la inspección	Costo Total
Enero	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Febrero	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Marzo	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Abril	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Mayo	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Junio	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Julio	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Agosto	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Septiembre	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Octubre	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Noviembre	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Diciembre	\$ 56.167	\$ 252.918	\$ 4.550.519	\$ 4.859.604
Costo Total de la implementación	\$ 673.999	\$ 3.035.021	\$ 54.606.233	\$ 58.315.254

Fuente: Elaboración propia (2023).

Para realizar la comparación entre el costo de implementación y el promedio de los desperdicios con base al 2022, primero es necesario realizar el cálculo de los aumentos porcentuales que se dan en cada cambio de año, para el cierre del año 2022 se reportó una inflación del 13,12% el cual afecta los costos indirectos de fabricación, como los recursos de energía o hídricos, mantenimientos, entre otros, en cuanto a la carga salarial se utiliza el alza general ordenada por el gobierno nacional de un 16%, (dane, 2023) estos resultados se pueden visualizar en la *Tabla 26*.

Tabla 26. Costo desperdicios. Propuesta control de calidad del vidrio crudo

Desperdicios	Totales 2022	% de aumento 2023	Total 2023
CIF	\$ 50.686.107	13,12%	\$ 57.336.124
Salarios	\$ 57.727.078	16%	\$ 66.963.410
Total Desperdicios	\$ 108.413.184		\$ 124.299.534

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Una vez que se actualizan los posibles desperdicios del 2023 y se multiplican por un 90%, ya que el 10% restante se maneja como un margen de error de parte de los operarios al inspeccionar la lámina, luego se realiza la comparación con los costos de implementación de la propuesta con el fin de identificar el ahorro que puede representar para la compañía, los resultados de este cálculo se observan en la *Tabla 27*.

Tabla 27. Ahorro. Propuesta control de calidad del vidrio crudo.

Costo Total de la implementación	Imprevisto de la implementación	Desperdicios 2023	Ahorro
\$ 58.315.254	\$ 1.000.000	\$ 111.869.580	\$52.554.327

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Se identifica que la compañía puede ahorrar un monto de hasta \$52.544.327 en el transcurso de un año, adicional disminuirán reprocesos a causa de defectos en la materia prima disminuyendo así los costos de no calidad, y posibles disgustos de los clientes al presentar retrasos o al recibir un producto que no cumple las con los estándares de calidad deseados, el ahorro en tiempo puede ser superior a 450 horas máquina y más de 650 horas hombre.

4.2. Costos y beneficios asociados a la propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada

Con el fin de brindar una alternativa tecnológica se realiza la cotización del *LineScanner horizontal*, dentro de la que se incluyen el precio de la máquina y sus accesorios, el costo del envío internacional, mano de obra de la instalación y capacitación sobre el uso adecuado de la máquina. Los términos comerciales de la negociación son EXW conocido como entrega en fábrica, un pago del 50% inicial y el restante después de la instalación y prueba de la máquina, la *Tabla 28* muestra los productos, servicios y el precio correspondiente a cada uno.

Tabla 28. Costos asociados a la propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada.

Productos y servicios	Cantidad	Total	Valor COP
El LineScanner horizontal se instala sobre el transportador de descarga de una línea de tratamiento térmico de vidrio plano, midiendo y reportando anisotropía, distorsión óptica, planitud y espesor del vidrio tratado térmicamente.	1	USD 197.978	\$ 895.581.200
Opcional y no incluido en el precio codificador, PE081, cantidad 1 conjunto de LED, PE1189, cantidad 2 Relé, PE1166, cantidad 1 Dispositivo de E/ S Labjack, PE802, cantidad 1 Difusor, DA679, cantidad 1	1	USD 2.600	\$ 11.761.464

Productos y servicios	Cantidad	Total		Valor COP
Embalaje certificado ISPM15 para envío Internacional Estándar para fitosanitario Medidas, publicación número 15 - Regulación del material de embalaje de madera (WPM) en el comercio internacional	1	USD	1.650	\$ 7.464.006
Estimado Ingeniería, Mano de obra Días de mano de obra, instalación y capacitación de cliente planta	7	USD	9.296	\$ 42.051.757
Viajes y reembolsables gastos Viajes reales costos y los gastos se basan en reales costos Gastos de viaje y los gastos se cobrarán adicionalmente en función de los costos reales y gastos reembolsables más 10% tasa de administración	1	USD	10.000	\$ 45.236.400
Total		USD	221.524	\$ 1.002.094.827

Fuente: Adaptado de (Softsolution Glass, 2020).

Con el fin de determinar la viabilidad de adquirir el escáner, se llevó a cabo un análisis de flujo de efectivo basado en los informes contables proporcionados por la empresa correspondiente al año 2022. Se aplicó un descuento del 90% al ahorro que se obtendría en los costos indirectos de fabricación por la implementación de la etapa de inspección de la de las láminas de vidrio crudo con el apoyo del *LineScanner horizontal*, dejando un margen de error del 10%. A continuación, se presentan los resultados en la *Tabla 29*.

Tabla 29. *Flujo de caja proyectado. Propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada*

FLUJO DE CAJA PROYECTADO												
PERIODO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	TOTAL
AHORROS												
EN:												
Acueducto	\$ 989.967	\$1.282.566	\$1.661.646	\$2.152.769	\$2.789.050	\$3.613.393	\$4.681.381	\$6.065.029	\$7.857.634	\$10.180.068	\$13.188.930	\$54.462.433
Energía eléctrica	\$ 28.151.794	\$36.472.452	\$47.252.398	\$61.218.508	\$79.312.498	\$102.754.420	\$133.124.933	\$172.471.877	\$223.448.363	\$289.491.666	\$375.054.995	\$1.548.753.905
Mantenimiento De Maquinaria Y Equipo	\$8.176.503	\$10.593.183	\$13.724.147	\$17.780.512	\$23.035.792	\$29.844.344	\$38.665.259	\$50.093.319	\$64.899.103	\$84.080.945	\$108.932.250	\$ 449.825.356
Herramientas	\$8.299.232	\$10.752.187	\$13.930.147	\$18.047.398	\$23.381.560	\$30.292.308	\$39.245.625	\$50.845.221	\$65.873.240	\$85.343.002	\$110.567.325	\$456.577.244
Salarios	\$51.954.370	\$67.310.214	\$87.204.693	\$112.979.265	\$146.371.874	\$189.634.138	\$245.683.171	\$318.298.284	\$412.375.813	\$534.259.278	\$692.167.113	\$2.858.238.210
TOTAL AHORROS	\$97.571.866	\$126.410.602	\$163.773.031	\$212.178.451	\$274.890.773	\$356.138.602	\$461.400.369	\$597.773.730	\$774.454.154	\$1.003.354.959	\$1.299.910.613	\$5.367.857.149
LEASING												
Intereses		\$66.875.665	\$53.996.382	\$40.133.789	\$25.212.812	\$9.152.645	-	-	-	-	-	\$195.371.292
Amortización del crédito		\$168.691.440	\$181.570.724	\$195.433.317	210.354.294	\$246.045.052	-	-	-	-	-	\$1.002.094.827
Saldo de caja		\$97.571.866	\$(11.584.638)	\$(83.378.713)	\$(106.767.368)	\$(67.443.701)	\$33.497.204	\$494.897.573	\$1.092.671.303	\$1.867.125.457	\$2.870.480.416	\$6.187.069.399
TOTAL FLUJO DE CAJA	\$ 97.571.866	\$(11.584.638)	\$(83.378.713)	\$(106.767.368)	\$(67.443.701)	\$33.497.204	\$494.897.573	\$1.092.671.303	\$1.867.125.457	\$2.870.480.416	\$4.170.391.029	¹

Fuente: Elaboración propia (2023).

¹ Se toma información histórica de la inflación y los aumentos salariales de los últimos 5 años. (Sintraprevi, n.d.)

Para adquirir el escáner se propone como medio de financiamiento la opción de un leasing financiero a 5 años como se observa en el flujo de caja, ya que en muchos casos el arrendatario no tiene que asumir los costos de mantenimiento y reparación del bien, pues esto queda a cargo del propietario del contrato. Teniendo en cuenta los desperdicios del año 2022 y considerando que estos pueden ser reducidos en un 90% con la inspección de la máquina, se toman como base para pronosticar el posible ahorro en los años siguientes a la inversión, para el cálculo de los servicios públicos, mantenimientos y herramientas se utilizó un promedio de la inflación histórica de los últimos 5 años dando como resultado un aumento anual del 5%, para los salarios se utilizó un promedio de los 5 años anteriores decretados por el gobierno dando como resultado 8%, adicional a ello la compañía espera tener un crecimiento en las ventas del 23% lo cual influye significativamente en el ahorro proyectado en el flujo de caja a través del tiempo, considerando que los primeros 5 años del flujo de caja son los más críticos debido al pago del leasing se proyecta la inversión a 10 años, con el fin visualizar la rentabilidad a un mediano y largo plazo.

Para verificar la viabilidad financiera de la inversión, se ha calculado la tasa interna de retorno (TIR) para el período comprendido entre el año 5 y el año 10. El objetivo de este análisis fue determinar en qué momento se produciría el retorno de la inversión. Los resultados obtenidos indican que la inversión comienza a generar un retorno a partir del séptimo año.

Al evaluar el costo-beneficio de la inversión, se ha observado que, en el séptimo año, se genera un beneficio de 1.75 pesos por cada peso invertido en la compra de la máquina. Estos datos se encuentran detallados en la *Tabla 30*.

Tabla 30. TIR y Costo/beneficio. Propuesta control de calidad del vidrio crudo mediante la adquisición de tecnología especializada.

Años	TIR	Costo / Beneficio
5	-	\$ 1,02
6	-16%	\$ 1,35
7	4%	\$ 1,75
8	16%	\$ 2,24
9	24%	\$ 2,85
10	29%	\$ 3,60

Fuente: Elaboración propia (2023).

La evaluación financiera realizada indica que la inversión en la compra de la máquina es viable y rentable a largo plazo, ya que el retorno comienza a partir del séptimo año y se observa un beneficio significativo en ese mismo período.

En la *Tabla 31* se analizan las propuestas de mejora identificando los beneficios de cada una de ellas para la disminución de desperdicios en la línea de producción de la empresa Vitelsa S.A.

Tabla 31. *Paralelo de los beneficios identificados para las propuestas de mejora.*

N°	Beneficios propuesta #1	Beneficios propuesta #2
1	Disminuir los desperdicios por defectos de materia prima	Disminuir los desperdicios por defectos de materia prima
2	Bajo costo de implementación	Adquisición de tecnología especializada
3	Aprovecha tiempo de espera en la mesa de carga	Menor dependencia del personal
4	Uso de tecnologías simples y accesibles	Automatización de la línea de producción
5	Mejorar la calidad del producto terminado	Mejorar la calidad del producto terminado
6	Mitigar los reprocesos	Mitigar los reprocesos

Fuente: Elaboración propia (2023).

Para evaluar el éxito y el beneficio de las propuestas la empresa podrá emplear diferentes indicadores KPIS, tales como:

- ✚ Tasa de reducción de desperdicios = $((\text{Desperdicios antes de la implementación} - \text{Desperdicios después de la implementación}) / \text{Desperdicios antes de la implementación}) \times 100\%$
- ✚ Tasa de automatización de la línea de producción = $(\text{procesos automatizados} / \text{procesos totales}) \times 100\%$
- ✚ Tasa de rechazo de productos = $(\text{Cantidad de productos rechazados después de la implementación} / \text{Cantidad total de productos producidos}) \times 100\%$
- ✚ Tasa de reproceso por defectos de la materia prima = $(\text{Cantidad de productos reprocesados después de la implementación} / \text{Cantidad total de productos producidos}) \times 100\%$

4.3. Costos y beneficios asociados a la propuesta de incentivos

Con el objetivo de reducir las reposiciones generadas en los procesos debido a la manipulación de las láminas por parte de los operarios, se sugiere realizar algunas actividades enfocadas en motivar el personal, las cuales requieren de una inversión la cual se detalla en la Tabla 32.

Tabla 32 *Costos de Incentivos para el personal operativo.*

Incentivo	Descripción	Periodicidad	Costo total
Bonificaciones	Por cumplimiento del indicador "reducción de reposiciones" se otorgará un bono de canasta a los operarios del proceso que logre cumplir con éxito dicho indicador	Cada dos meses	\$17.430.000
Tiempo libre	Por cumplimiento del indicador "reducción de reposiciones" se otorgará media día libre a los operarios del proceso que logre cumplir con éxito dicho indicador	Cada dos meses	\$7.553.000
Total			\$24.983.000

Fuente: Elaboración propia (2023).

Se estima que al realizar la inversión mencionada se puede obtener un ahorro considerable sobre los costos de no calidad que se presentan en la actualidad como se puede evidenciar en la Tabla 33.

Tabla 33. Ahorro propuesta incentivos

	Cantidad de reposiciones	Costos
Actual (2022)	3024	\$ 140.113.583
Esperado	2056	\$ 95.257.776
Ahorro	968	\$ 44.855.807
Inversión		\$ 24.983.000
Ahorro total		\$ 19.872.807

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

El ahorro se estima a partir de la siguiente distribución ver Tabla 34.

Tabla 34. Distribución del porcentaje a mejorar

	Cantidad Reposiciones (2022)	% a mejorar	Esperado	Ahorro
Mano de obra	1.913	40%	1.148	765
Maquinaria	912	20%	730	182
Proceso	199	10%	179	20
Total	3.024		2.057	968

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por la empresa (2023).

Los incentivos para el personal operativo influyen en el desempeño de las actividades, para que se realicen las tareas con mayor dedicación, atención al detalle, y evitar la mayor cantidad de daños posibles dentro del proceso. Para realizar una evaluación de los incentivos a otorgar, se propone llevar un control mediante la aplicación de los siguientes indicadores en cada uno de los procesos:

- ✚ Porcentaje de reducción = $((\text{Reposiciones antes de la implementación} - \text{Reposiciones después del incentivo}) / \text{Reposiciones iniciales}) * 100\%$
- ✚ Ahorro de costos = Costo de reposiciones antes del incentivo - Costo de reposiciones después del incentivo.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se ha determinado que dentro del proceso productivo se identifican dos tipos de reposiciones de vidrio crudo: aquellos causados por defectos de fábrica y los ocasionados por daños en el proceso. Para abordar los defectos de fábrica, se recomienda implementar un control más riguroso en el ingreso de la línea de producción, ya que se logra identificar que no existe en la actualidad. Por otro lado, se observa que la mayoría de los daños en el proceso son responsabilidad de los operarios. La identificación de estos factores causantes de reposiciones permitió planear acciones específicas para optimizar el proceso productivo, reducir costos y mejorar la calidad del producto final.

Se plantea una propuesta a corto plazo con tecnologías de fácil implementación, de acuerdo con las necesidades de la empresa de encontrar una solución rápida y sostenible para la identificación oportuna de los defectos de fábrica en las láminas de vidrio, mediante la utilización de diferentes luces en la mesa de cargue, que permitan visualizar y reflejar fácilmente defectos; burbujas, escallas, rayones, fisuras, entre otros. La implementación de esta propuesta tendría una inversión en el primer año de \$ 59.315.254 COP y un ahorro del 42% sobre el total de desperdicios anuales.

Se sugiere adquirir tecnología especializada, como un escáner, para identificar los defectos de fábrica. Sin embargo, al realizar una evaluación financiera de la compra de la máquina, se observó que el retorno de inversión tardaría más de 5 años y el presupuesto necesario para su adquisición es elevado. Por lo tanto, si la empresa decide considerar esta propuesta, deberá tener en cuenta que se trata de una inversión con retorno a largo plazo.

De manera paralela a la ejecución de alguna de las propuestas basadas en la incorporación tecnológica, se propuso una serie de actividades que involucran al personal de la planta para mejorar los indicadores por reposiciones causadas en el proceso. Las actividades propuestas son: capacitaciones, retroalimentaciones de los procesos y del desempeño en sus operaciones, entre otras. También se propuso el incentivar a los operarios mediante beneficios como bonos canasta y medios días libres, esperando que se logre un ahorro del 14% sobre los desperdicios anuales por daños en el proceso.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a la empresa Vitelsa S.A trabajar oportunamente en una de las propuestas que le permita disminuir las reposiciones y sus costos de no calidad asociados, ya que esto no solo impacta en términos monetarios, sino que también requiere detener toda la línea de producción para cumplir con los plazos de entrega de los clientes.

La implementación de un sistema de costos es imprescindible para analizar la rentabilidad de los productos que se transforman dentro de una empresa, ya que permite la toma de decisiones estratégicas por parte de la gerencia, la identificación de oportunidades de mejora, la comprensión de si los precios de venta establecidos cubren los costos asociados a la producción y, por ende, la verificación de la rentabilidad por producto.

Realizar la medición de los costos de no calidad asociados a la materia prima por defectos de calidad y no solo a los generados en los procesos, pues si bien el proveedor de la materia prima repone el valor de las láminas que son solicitadas en reposición, los costos asociados a su transformación como lo son la mano de obra, mantenimientos de la maquinaria y el tiempo de la producción invertido en cada uno de ellas, no está siendo cuantificado y si está generando un impacto en los costos de la producción.

6. Referencias

- Alban, Arguello & Molina (2020). *Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)*. Editorial Recimundo. Dialnet-MetodologiasDeInvestigacionEducativaDescriptivasEx-7591592.pdf
- Bustos, A. R., Calderón, M. A., & Sierra, N. L. (2019). *Propuesta de reducción de costos de No calidad generados por rechazos internos en la línea de Termoformado de empaques rígidos en Empresa de Empaques Industriales* [Universidad El Bosque]. [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/8837/Propuesta de reducción de costos de No calidad generados por rechazos internos en la línea de Ter.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/8837/Propuesta_de_reduccion_de_costos_de_No_calidad_generados_por_rechazos_internos_en_la_linea_de_Ter.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cardona, E. (2021). *Que es Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta* - Munkys. <https://www.munkys.com.co/lean-manufacturing/>
- Chiavenato, I. (2009). *Gestión del Talento Humano* (Tercera Edición). McGraw-Hill/Interamericana editores S.A. [http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1143/1/Chiavenato-Talento humano 3ra ed.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1143/1/Chiavenato-Talento%20humano%203ra%20ed.pdf)
- DANE. (2022). *Indicadores económicos alrededor de la construcción*. Indicadores Económicos Alrededor de La Construcción. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicadores-economicos-alrededor-de-la-construccion>
- Garro, E. (2017). *7 herramientas de la calidad*. <https://blog.pxsglobal.com/wp-content/uploads/2017/06/Siete-herramientas-de-la-Calidad.pdf>
- Gonzalez, N. del P., Trujillo, H. A., & Garcia, R. H. (2019). *Elaboración de propuesta que permita aumentar el volumen de producción de puertas y reducir los desperdicios en la línea de tableros laminados para la planta maderformas* [Universidad el Bosque]. [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/8520/ELABORACION PROPUESTA QUE PERMITA AUMENTAR EL VOLUMEN DE PRODUCCION DE PUERTAS Y REDUCIR LOS DESPERDICIOS EN LA LINEA DE ~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/8520/ELABORACION_PROPOSTA_QUE_PERMITA_AUMENTAR_EL_VOLUMEN_DE_PRODUCCION_DE_PUERTAS_Y_REDUCIR_LOS_DESPERDICIOS_EN_LA_LINEA_DE~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gutierrez, H. (2010). *Calidad total y productividad* (P. Roig (ed.); Tercera ed). McGraw-Hill/Interamericana.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación 5ta Edición.pdf* - Google Drive (Quinta Edición, Vol. 1). McGrawHill. https://drive.google.com/file/d/1OzAyRwb_hGWHFOuhs6iWpFv8bstIXLfs/view
- Informe de expertos EMR, (2022). *Perspectiva del Mercado Latinoamericano de Vidrio Plano*. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-vidrio-plano>.
- Martínez, J. D., & Arboleda, J. (2021). *Propuesta para la reducción de tiempos y productos no conformes en el área de confecciones de la empresa Suramericana de Guantes S. A. S. mediante herramientas de lean manufacturing. Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO*, 16, 40–53. <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/2638/2198>
- Moreno Urián, J. L., Reina González, A. G., Suarez Huertas, I. D., & Zuluaga Corrales, A. (2020). *Plan de Mejoramiento para la minimización de mudas en el proceso de manufactura de Inarplas* [Universidad el Bosque]. [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/9014/Moreno_Urian_Jo se_Leonardo_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/9014/Moreno_Urian_Jose_Leonardo_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

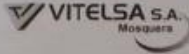
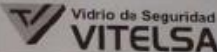
- Porras, M. (2017, September 29). *KPI's ¿Qué son, para qué sirven y por qué y cómo utilizarlos?* <https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qué-son-para-qué-sirven-y-por-qué-y-cómo-utilizarlos>
- Ramírez, F. E. (2017). *Identificación y reducción de los niveles de desperdicio, desde la perspectiva de lean manufacturing en la empresa Flowserve Colombia S.A.S* [Universidad de la Sabana]. https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/33108/Tesis_Fabio_Ramirez.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Serrano, J. (2020, March 26). *¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing?* - Sixphere. Sixphere. <https://sixphere.com/blog/herramientas-lean-manufacturing/>
- Sintraprevi. (n.d.). *Resumen histórico I.P.C. índice de precios al consumidor* . Retrieved May 3, 2023, from <https://www.sintraprevi.org/pdf/indicadores/ipc.pdf>
- Softsolution Glass. (2020). *Linescanner Product Description*. 15–25.

Anexo C. Control de homogenidad

		CONTROL DE HOMOGENIDAD FO 180 FECHA VIGENCIA: FEBRERO 15 2016 VER: 1						
COMPONENTE A		COMPONENTE B						
FECHA	LOTE	FECHA	LOTE	FECHA	TURNO	ELABORO	REVISO	CONCEPTO

Fuente: Vitelsa S.A. (2023).

Anexo D. Formato orden de reposición interna

		ORDEN DE REPOSICION INTERNA					
		FO 021					
		FECHA DE VIGENCIA:		Agosto 22 DE 2016		VERSION: 4	

FECHA:					REPOSICION No.	SJ 29910	
CLIENTE:					O.P. No.		HORA:

ITEM	COLOR	ESP.	CANT.	MEDIDAS		D.T.	MAQ			BORDES		CHAFLAN		OBSERVACION
				ANCHO(A)	ALTO(H)		PER	DES	BOQ	BPB	BPM	A	H	

CAUSAS			
☐ 1. ROTURA HORNO PLANO ☐ 2. PERFORACION CORRIDA ☐ 3. ERROR OPERARIO CORTE ☐ 4. ERROR OPERARIO RECTILINEA ☐ 5. ERROR OPERARIO TALADRO ☐ 6. ERROR OPERARIO PULPOENCENTADO ☐ 7. ERROR INSPECTOR DE CALIDAD ☐ 8. ERROR OPERARIO LAVADORA ☐ 9. ERROR OPERARIO TEMPLER ☐ 10. ERROR OPERARIO DESPACHOS ☐ 11. ERROR GESTION DE PEDIDOS ☐ 12. ERROR ASesor COMERCIAL	☐ 13. MATERIA PRIMA DEFECTUOSA ☐ 14. PROVEEDOR TRANSPORTES ☐ 15. FALTA DE ENERGÍA HORNO ☐ 16. ERROR DE MEDIDAS ☐ 17. VIDRIO RAYADO ☐ 18. VIDRIO EXTRAVIADO ☐ 19. ERROR SUPERVISOR JEFE DE PLANTA ☐ 20. VIDRIO ESCALLADO ☐ 21. VIDRIO MANCHADO ☐ 22. FALTA MECÁNICA ☐ 23. ACCIDENTE ☐ 24. OTROS		

LAMINADO	
☐ 25 POLUCION EN ENSAMBLE ☐ 26. ERROR OP ENSAMBLE ☐ 27. ROTURA PRELAMINADO / AUTOCLEAVE ☐ 28. ERROR OPERARIO AUTOCLEAVE	SERIGRAFIA - PRIZMA GLASS ☐ 29 DIFERENCIA DE TONALIDAD ☐ 30 CONTAMINACION SUPERFICIAL ☐ 31. PINTURA CON GRUMOS ☐ 32. OTROS _____ ☐ DVH ☐ 34 DEFECTOS INTERNOS

DESCRIPCION DEL PROBLEMA:	MAQUINA:	MODULADO:

RECUPERABLE	SI ☐ NO ☐	%	DESCONTABLE	SI ☐ NO ☐	%	ANCHO UTIL:	ALTO UTIL:
RESPONSABLE	NOMBRE			AUTORIZACION DE LA REPOSICION		FIRMA	

Fuente: Vitelsa S.A, 2023

Anexo E Consolidado de otros formatos de calidad

[illegible]

Fuente: Vitelsa S.A. (2023).

Anexo F Recolección de datos sobre reposiciones octubre a Diciembre

Recolección de datos reposiciones de materia prima Oct-Dic									
Fecha	Cantidad M2	Etap / Proceso	Responsable	Autorizo		Proceso	cantidad	Cantidad	%
1-12-22	1	1,755	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Mesa de corte	4	11	0,56%
1-12-22	1	1,102	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Lavadora	4	4	0,20%
1-12-22	1	1,148	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Horno de templado	6	11	0,57%
1-12-22	1	1,651	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Maquinado	1	0	0,01%
1-12-22	1	1,756	Pulido	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	LUIS ALVARO RODRIGUEZ	Pulido	7	10	0,54%
1-12-22	2	6,334	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	LUIS ALVARO RODRIGUEZ	Inspeccion	729	1828	95,71%
2-12-22	1	1,781	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Autoclave	4	13	0,67%
2-12-22	1	1,259	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Cuarto de ensable	7	23	1,21%
2-12-22	1	1,996	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	LUIS ALVARO RODRIGUEZ	Robot de silicona	2	5	0,28%
3-12-22	1	9,331	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS	Serigrafia	3	5	0,24%
3-12-22	1	5,833	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS			1910	
3-12-22	1	3,562	Inspeccion	VIDRIO ANDINO COLOMBIANO	ANDRES CASTELLANOS				

Fuente: Vitelsa S.A. (2023).

Anexo G Manual control de calidad

	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A		CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL		VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE		VIGENCIA: 1 Año
			PAGINA: 1 de 9

OBJETIVO:	Realizar una inspección inicial a las láminas de vidrio crudo de manera oportuna antes del ingreso a la línea de producción.
ALCANCE:	Inicia cuando la lámina se encuentra sobre la mesa de carga y finaliza con el traslado de la lámina a la mesa de corte.
LÍDER DE PROCEDIMIENTO:	Operario auxiliar.

DEFINICIONES
Vidrio crudo: son las láminas que se reciben de la fábrica y que no han sido sometidas a otro tipo de transformación. Inspección: proceso indispensable para garantizar la calidad del producto final, se revisan aspectos como burbujas, rayas, manchones, fisuras, grietas o deformaciones en las láminas de vidrio crudo. Liberación: Es la acción mediante el cual el operario determina que las láminas cumplen con los estándares de calidad necesarios para continuar el proceso productivo. Luz difusa: luz que incide sobre los objetos desde múltiples ángulos, este tipo de luz crea una iluminación más homogénea, uniforme y suave Luz rasante: Consiste en iluminar tangencialmente (ángulo entre 5° y 20°) la superficie de un objeto para poner en evidencia las irregularidades, deformaciones, textura, incisiones, pinceladas o levantamientos de la capa pictórica. Luz de fondo: es aquella que está colocada de modo que ilumina solamente el fondo, sin tocar al personaje u objeto principal.

	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A	CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL	VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE	VIGENCIA: 1 Año PAGINA: 2 de 9

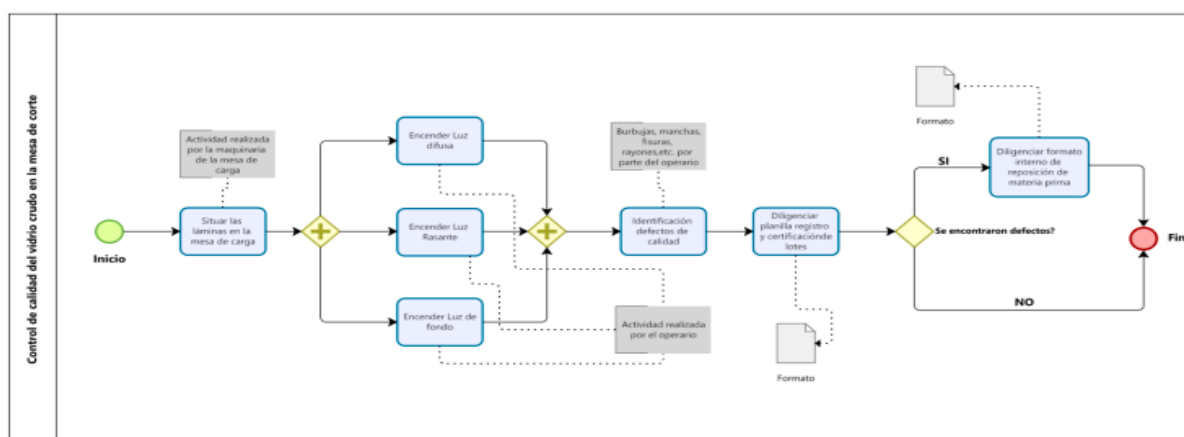
REQUISITOS Y CONDICIONES GENERALES PARA EL DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

- Capacitación del personal sobre identificación de defectos en las láminas del vidrio crudo.
- Capacidad visual necesaria para la inspección de las láminas.
- Equipamiento adecuado: luces Led de buena intensidad ubicadas de forma estratégica para la identificación de defectos, brazos mecánicos para levantamiento de láminas con ventosas en buenas condiciones y mesa de carga en óptimas condiciones.

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOCUMENTO DE REFERENCIA	REGISTRO RESULTANTE
Encender luz difusa	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	
Identificar defectos con luz difusa	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Identificación de defectos (Burbujas, incrustaciones, fisuras, escallas).
Resaltar los defectos sobre el vidrio	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Marcación de los defectos con la ayuda de un marcador para vidrio.
Encender luz rasante	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	
Identificar defectos con luz rasante	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Identificación de defectos (Rayones, fisuras).
Resaltar los defectos sobre el vidrio	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Marcación de los defectos con la ayuda de un marcador para vidrio.
Encender luz de fondo	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	
Identificar defectos con luz de fondo	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Identificación de defectos (Manchas, distorsión).
Resaltar los defectos sobre el vidrio	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Marcación de los defectos con la ayuda de un marcador para vidrio.
Diligenciar planilla registro y certificación de lotes	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Formato planilla registro y certificación.
Diligenciar formato interno de reposición de materia prima cuando se encuentren defectos	Operario Auxiliar.	Manual de procedimiento PROMCINP1.	Formato interno de reposición materia prima.

	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A	CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL	VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE	VIGENCIA: 1 Año PAGINA: 3 de 9

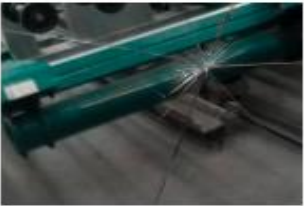
DIAGRAMA DE FLUJO



	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A	CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL	VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE	VIGENCIA: 1 Año PAGINA: 4 de 9

TIPOS DE DEFECTOS DE FABRICACIÓN EN LAS LÁMINAS DE VIDRIO		
Defecto	Descripción	Imagen
Burbuja	Hace referencia a un espacio de aire atrapado en la superficie del vidrio.	
Escalla	Corresponde a un astilla o fragmento que se desprende de la superficie del vidrio, dejando una hendidura.	

	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A	CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL	VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE	VIGENCIA: 1 Año PAGINA: 5 de 9

Fisura o rotura	Ocurre cuando se aplica una fuerza que supera la resistencia de la lámina de vidrio.	
Manchas	Es un área que representa una opacidad diferente a la del resto de la lámina.	
Incrustación	Consiste en la inserción de material de vidrio sobre la superficie de la lámina, la diferencia entre la burbuja y la incrustación es que la incrustación se ve como una piedra blanca.	

	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A	CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL	VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE	VIGENCIA: 1 Año PAGINA: 6 de 9

Rayones	Es una línea que se presenta sobre la superficie del vidrio, producida por la manipulación o transporte de la lámina.	
Distorsión	Son deformaciones presentadas sobre la superficie del vidrio, las cuales presentan un cambio óptico.	

	MANUAL CONTROL DE CALIDAD PARA LA EMPRESA VITELSA S.A	CÓDIGO: PROMCINP1
	INSPECCIÓN INICIAL	VERSIÓN: 1
	CONTROL DE CALIDAD DEL VIDRIO CRUDO EN LA MESA DE CORTE	VIGENCIA: 1 Año PAGINA: 7 de 9

FORMATO PLANILLA REGISTRO Y CERTIFICACIÓN DE LOTES

		PLANILLA DE REGISTRO Y CERTIFICACIÓN DE LOTES				
CÓDIGO		FECHA DE VIGENCIA : ABRIL 2024 VER:1				
Fecha/Hora	Lote	Dimensiones (Alto-Ancho)	Color	Tipo	Liberación (Si-No)	Responsable
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						

Diligenciar # Lote de la lámina de vidrio inspeccionada.

Diligenciar Fecha/ hora de la inspección.

Diligenciar las dimensiones de la lámina, color y tipo de vidrio.

Firmar el documento para llevar control de quien inspecciona las láminas.

Diligenciar el campo de liberación, con el fin de dar continuidad o no al proceso.

