



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Rediseño del sistema de remoción de contaminantes, para la reducción de rechazo generado por defecto de gomas en producto semielaborado limpión industrial, en la línea de producción dos de Grupo Familia, planta Lasso, Ecuador.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Ismael Alexander Ortiz Cujano

TUTOR:

Ing. José Ezequiel Naranjo Robalino. MSc

Latacunga, Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Ortiz Cujano Ismael Alexander, con cédula de ciudadanía No. 1804794103 declaro ser autor del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "REDISEÑO DEL SISTEMA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES, PARA LA REDUCCIÓN DE RECHAZO GENERADO POR DEFECTO DE GOMAS EN PRODUCTO SEMIELABORADO LIMPIÓN INDUSTRIAL, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS DE GRUPO FAMILIA, PLANTA LASSO, ECUADOR"**, siendo el Ing. José Ezequiel Naranjo Robalino Mg., Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de febrero del 2025



Ismael Alexander Ortiz Cujano
C.C: 1804794103

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de tutor del proyecto de investigación sobre el título:

“REDISEÑO DEL SISTEMA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES, PARA LA REDUCCIÓN DE RECHAZO GENERADO POR DEFECTO DE GOMAS EN PRODUCTO SEMIELABORADO LIMPIÓN INDUSTRIAL, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS DE GRUPO FAMILIA, PLANTA LASSO, ECUADOR”., de Ismael Alexander Ortiz Cujano, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho informe investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 14 de febrero del 2025



Ing. José Ezequiel Naranjo Robaliño

CC: 1804302238


TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante Ortiz Cujano Ismael Alexander, con el título del proyecto de investigación: **"REDISEÑO DEL SISTEMA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES, PARA LA REDUCCIÓN DE RECHAZO GENERADO POR DEFECTO DE GOMAS EN PRODUCTO SEMIELABORADO LIMPIÓN INDUSTRIAL, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS DE GRUPO FAMILIA, PLANTA LASSO, ECUADOR"**, ha considerado recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

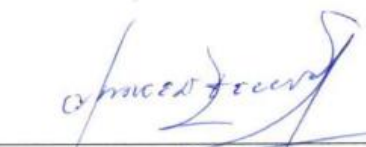
Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la norma institucional.

Latacunga, 14 de febrero del 2025



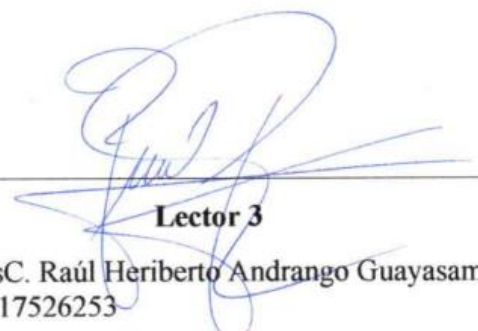
Lector 1 (Presidente)

Dr. Medardo Ángel Ulloa Enríquez
CC: 1000970325



Lector 2

Ing. MsC. Ángel Marcelo Tello Córdor
CC: 0501518829



Lector 3

Ing. MsC. Raúl Heriberto Andrango Guayasamin
CC: 1717526253

AVAL DE LA EMPRESA

Latacunga, 14 de febrero del 2025

Ing. Paúl Fernando Ramos Toledo

Jefe del área de Manufactura Molinos Grupo Familia S.A.

Presente.

En calidad de jefe del área de Manufactura Molinos, avalo que el proyecto de investigación con el título: **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES, PARA LA REDUCCIÓN DE RECHAZO GENERADO POR DEFECTO DE GOMAS EN PRODUCTO SEMIELABORADO LIMPIÓN INDUSTRIAL, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS DE GRUPO FAMILIA, PLANTA LASSO, ECUADOR”** de autoría del postulante de la Universidad técnica de Cotopaxi: Ortiz Cujano Ismael Alexander con cedula de ciudadanía N° 1804794103 de la carrera de Ingeniería Industrial, cumple con los requisitos metodológicos y aportes que requiere la empresa para ejecución del proyecto de investigación.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad técnica de Cotopaxi.

Atentamente.



Ing. Paúl Fernando Ramos Toledo

CC: 0602315392

Jefe del área de Manufactura Molinos Grupo Familia S.A.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida profesional, dándome sabiduría, fortaleza y salud para terminar la carrera y obtener mi más anhelado título de Ingeniero Industrial.

A mi madre Jaqueline por darme la vida y quien ha sido mi pilar fundamental y sobre todo en mis estudios, gracias por su amor infinito, su esfuerzo, sacrificio, por guiarme y por no permitir que me rinda en este camino.

A una persona muy especial, por ser mi mejor amiga, por su amor inmensurable, por siempre apoyarme incondicionalmente de inicio a fin en este proceso.

A mis hermanos y amigos por ser parte integral de mi trayectoria universitaria, brindándome aliento y motivación constante.

A mi tío/padrino que siempre fue mi mayor inspiración desde niño y que me brindó su apoyo personal y profesional para llegar hasta donde estoy ahora.

Al Ing. José Naranjo, por su apoyo incondicional durante la elaboración del presente trabajo y guiarme con su conocimiento y experiencia. Gracias por la confianza.

Finalmente, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y a todos mis profesores que contribuyeron en mi formación profesional.

Ismael O.

DEDICATORIA

Al concluir una de las etapas más significativas de mi vida, dedico mi Trabajo de Titulación a mi madre Jaqueline que desempeño el papel de padre y madre desde mi niñez.

A mi padre que hoy no está a mi lado, pero vive por siempre en mi memoria y en mis recuerdos. Sus enseñanzas me ayudan a enfrentar la vida y su ejemplo, me estimula a darles a mis hijos lo que él no pudo darme a mí.

Con todo mi amor y admiración, dedico a la mujer más hermosa e inteligente que supo comprender todo este tiempo que duró conseguir esta meta.

A mis hijos Oliver y Daniel quienes han sido mi inspiración para poder lograr esta meta.

Ismael O.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “REDISEÑO DEL SISTEMA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES, PARA LA REDUCCIÓN DE RECHAZO GENERADO POR DEFECTO DE GOMAS EN PRODUCTO SEMIELABORADO LIMPIÓN INDUSTRIAL, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS DE GRUPO FAMILIA, PLANTA LASSO, ECUADOR”.

Autor:

Ismael Alexander Ortiz Cujano

RESUMEN

La industria papelera desempeña un papel clave en la fabricación de productos esenciales para diversos sectores, desde el doméstico hasta el industrial. Este sector se caracteriza por la transformación de fibras naturales y recicladas en productos de alto valor agregado, como papel tisú y limpiones. En la planta Lasso de Grupo Familia SA, el limpión industrial representa el 10% de la producción de la línea dos, pero enfrenta un alto índice de rechazo debido a defectos de gomas en el semielaborado, generando pérdidas significativas. En 2023, de las 972.4 toneladas producidas, 134.2 toneladas fueron rechazadas, de las cuales 59 toneladas (6.06%) se atribuyen a este defecto. La causa principal radica en las características de las fibras de cartón reciclado y la configuración del proceso, que afecta la eficiencia del sistema de remoción de contaminantes y la calidad del producto. Por estas razones, el presente trabajo propone el rediseño del sistema de remoción de contaminantes en la planta de preparación de pasta para la reducción de rechazos por defecto de gomas mediante la aplicación de la metodología DMAIC. El proyecto realizado logró cumplir con los objetivos propuestos. Se obtuvo una reducción del 94.91% en los rechazos por defectos de gomas, lo que proyecta un ahorro anual de \$79,566.58, destacando los beneficios económicos directos por la reducción de rechazos y la disminución de pérdidas de fibra, optimizando así los costos en la línea de producción.

Palabras clave: Optimización, Industria del Papel, DMAIC, Rediseño.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY

THEME: “REDESIGN OF THE CONTAMINANT REMOVAL SYSTEM TO REDUCE REJECTIONS CAUSED BY RUBBER DEFECTS IN SEMI-FINISHED INDUSTRIAL WIPES ON PRODUCTION LINE TWO AT GRUPO FAMILIA, LASSO PLANT, ECUADOR.”

Author:

Ismael Alexander Ortiz Cujano

ABSTRACT

The paper industry plays a key role in manufacturing essential products for various sectors, from domestic to industrial. This sector is characterized by the transformation of natural and recycled fibers into high-value-added products such as tissue paper and industrial wipes. At Grupo Familia SA's Lasso plant, industrial wipes account for 10% of the production on line two but face a high rejection rate due to rubber defects in the semi-finished product, leading to significant losses. In 2023, out of 972.4 tons produced, 134.2 tons were rejected, with 59 tons (6.06%) attributed to this defect. The main cause lies in the characteristics of recycled cardboard fibers and process configuration, which impact the efficiency of the contaminant removal system and product quality. For these reasons, this study proposes redesigning the contaminant removal system in the pulp preparation plant to reduce rejections caused by rubber defects through the application of the DMAIC methodology. The project successfully achieved its objectives, reducing rubber defect rejections by 94.91%, projecting an annual savings of \$79,566.58. This highlights the direct economic benefits of rejection reduction and fiber loss minimization, optimizing costs in the production line.

Keywords: Optimization, Paper Industry, DMAIC, Redesign.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. PROBLEMA.....	3
2.1.1. Situación Problemática	3
2.1.2. Formulación del problema.....	3
2.2. BENEFICIARIOS.....	3
2.3. JUSTIFICACIÓN	4
2.4. HIPÓTESIS.....	4
2.5. OBJETIVOS	5
2.5.1. General.....	5
2.5.2. Específicos.....	5
2.6. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1. ANTECEDENTES	7
3.2. Marco referencial.....	8
3.3. Proceso de fabricación de papel.....	8
3.4. Materia Prima.....	9
3.5. Celulosa.....	9
3.6. Proceso general para la elaboración de papel	10
3.6.1. Pulpeado	10
3.6.2. Limpieza gruesa.....	10
3.6.3. Destintado.....	10
3.6.4. Espesado	10
3.6.5. Limpieza fina o cribado fino	11
3.6.6. Refinado.....	11
3.6.7. Formación.....	11
3.6.8. Prensado.....	11
3.6.9. Secado.....	11
3.6.10. Bobinado.....	11
3.6.11. Conversión.....	12
3.7. Materias primas utilizadas para la elaboración papel marrón.....	12
3.7.1. Fibras Vírgenes.....	12
3.7.2. Fibras Secundarias o papel reciclado.....	12
3.8. Aumento de consumo del papel reciclado en la producción de papel	12

3.9.	Pulpa mecánica	13
3.10.	Clasificación de fibras secundarias	14
3.10.1.	Cartón reciclado.....	14
3.10.2.	Periódico.....	14
3.10.3.	Dúplex	14
3.10.4.	Polyboard.....	15
3.10.5.	Etiquetas de cerveza	15
3.11.	Principales contaminantes en el papel reciclado	16
3.12.	Gomas en la industria papelera y los problemas que causan en el proceso	16
3.13.	Remoción de Gomas por proceso mecánico	17
3.14.	Descripción detallada del sistema de remoción de gomas o stickies	17
3.15.	La cuba	18
3.16.	El mecanismo	18
3.17.	Tamiz.....	19
3.18.	Funcionamiento.....	19
3.19.	Efectos de materias primas recicladas tratadas en equipos de cribado fino.....	20
3.20.	Consistencia de la pasta.....	21
3.21.	Reducción de consistencia de la pasta.....	21
4.	METODOLOGÍA	22
4.1.	Modalidad del Tipo de la investigación	22
4.2.	Técnicas de recolección de información.....	23
4.3.	Muestreo	24
4.4.	Equipos y materiales	24
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	26
5.1.	Descripción del proceso productivo de la planta de preparación de pasta dos.....	26
5.2.	Levantamiento de procesos.....	31
5.2.1.	Abastecimiento de materia prima	32
5.2.2.	Desfibrado	33
5.2.3.	Limpieza gruesa.....	34
5.2.4.	Limpieza centrífuga de pesados	35
5.2.5.	Tamizado grueso.....	36
5.2.6.	Destintado.....	37
5.2.7.	Limpieza centrífuga de livianos	38
5.2.8.	Espesado	39
5.2.9.	Tamizado fino	40

5.3.	Variables involucradas para la fabricación de limpión industrial	41
5.4.	Criterios Propuestos y Ponderaciones.....	44
5.5.	Interpretación de Resultados.....	44
5.6.	DEFINIR.....	46
5.6.1.	Definición del problema	46
5.6.2.	Alcance del proyecto	47
5.7.	MEDIR.....	48
5.7.1.	Costos de rechazo por gomas	48
5.7.2.	Pérdida de fibra en el sistema de remoción de gomas.....	48
5.7.3.	Cálculo de la consistencia de la pasta.....	51
5.7.4.	Costo por pérdida de fibra en el sistema de remoción de gomas estado actual..	52
5.7.5.	Monitoreo de consistencia en el proceso de preparación de pasta	53
5.8.	ANALIZAR.....	55
5.8.1.	Identificar la causa raíz.....	56
5.8.2.	Descripción del análisis 5 porqués	58
5.8.3.	Oportunidades de Mejoras identificadas	59
5.9.	MEJORAR.....	59
5.9.1.	Prueba piloto.....	59
5.9.2.	Diseño de la propuesta de solución	63
5.9.3.	Descripción de operación de las válvulas.....	70
5.9.4.	Pérdida de fibra en el sistema de remoción de gomas rediseñado.....	70
5.9.5.	Medición de flujo del sistema de remoción de gomas.....	72
5.9.6.	Evaluación de las mejoras implementadas	72
5.9.7.	Evaluación Financiera de la propuesta	77
5.9.8.	Inversión del proyecto	78
5.9.9.	Ahorros económicos.....	79
5.9.10.	Discusión de los resultados.....	80
5.10.	CONTROL	81
5.10.1.	Establecimiento de indicadores claves de desempeño (KPI)	81
5.10.2.	Cambio de estándares operativos	82
5.10.3.	Manual de usuario	83
5.10.4.	Capacitación al personal.....	83
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
6.1.	CONCLUSIONES	84
6.2.	RECOMENDACIONES.....	85

7. REFERENCIAS.....	86
8. ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Proceso general de elaboración de papel	9
Figura 3. 2. Estructura de celulosa	10
Figura 3. 3. Producción mundial de papel y cartón por región (millones de toneladas)	13
Figura 3. 4. Cartón reciclado	14
Figura 3. 5. Periódico reciclado.....	14
Figura 3. 6. Dúplex reciclado	15
Figura 3. 7. Polyboard	15
Figura 3. 8. Etiquetas de cerveza.....	16
Figura 3. 9. Equipo screen one	17
Figura 3. 10. Descripción del sistema de remoción mecánica.....	18
Figura 3. 11. Mecanismo del sistema de remoción mecánico	19
Figura3. 12. Tamiz.....	19
Figura3. 13. Funcionamiento interno del screen one.....	20
Figura 5.1. Abastecimiento de materia prima.....	26
Figura 5.2. Pasta de papel.....	27
Figura 5.3. Residuos ordinarios de la pera de vaciado	27
Figura 5.4. Residuos de la limpieza centrífuga	28
Figura 5.5. Screen horizontal.....	28
Figura 5.6. Zaranda.....	29
Figura 5.7. Celda de destintado	29
Figura 5.8. Rechazo de los Cleaning	30
Figura 5.9. Espesador	30
Figura 5.10. Screen One instalado en la planta	31
Figura 5.11. Diagrama de flujo: Abastecimiento de materia prima.....	32
Figura 5.12. Diagrama de flujo: Desfibrado.....	33
Figura 5.13. Diagrama de flujo: Limpieza gruesa	34
Figura 5.14. Diagrama de flujo: Limpieza centrífuga de pesados.....	35
Figura 5.15. Diagrama de flujo: Tamizado Grueso	36
Figura 5.16. Diagrama de flujo: Destintado	37
Figura 5.17. Diagrama de flujo: Limpieza centrífuga de livianos.....	38
Figura 5.18. Diagrama de flujo: Espesado	39
Figura 5.19. Diagrama de flujo: Tamizado Fino.....	40
Figura 5.20. Toneladas de desperdicio por SKU en el periodo Jun 2023-Jul 2024.....	47
Figura 5.21. Toneladas de desperdicio por defectos en el periodo Jun 2023-Jul 2024	47
Figura 5.22. Costos de desperdicio Jul 2023-Jun 2024	48
Figura 5.23. Consistencia de alimentación screen one.....	49
Figura 5.24. Consistencia de aceptado screen one	50
Figura 5.25. Consistencia de rechazo screen one	51
Figura 5.26. Monitoreo de consistencia del proceso	55
Figura 5.27. Análisis de causa raíz	57
Figura 5.28. Sistema de control de consistencia automático.....	60
Figura 5.29. Reducción de consistencia en el sistema de remoción.....	62
Figura 5.30. Diagrama de procesos de la planta de preparación de pasta 2 antes del rediseño.....	65
Figura 5.31. Diagrama de procesos de la planta de preparación de pasta 2 rediseñado.....	66
Figura 5.32. Screen One instalado en la planta de preparación de pasta 2.....	67

Figura 5.33. Flujómetro para medir rechazo	72
Figura 5.34. Reducción de rechazo por defecto de gomas	73
Figura 5.35. Reducción de rechazo por defecto de gomas	73
Figura 5.36. Toneladas de desperdicio por defecto en el periodo Jul 2024-Dic 2024.....	74
Figura 5.37. Toneladas de desperdicio por SKU en el periodo Jul 2024-Dic 2024	74
Figura 5.38. Reducción de pérdida de fibra.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Personal PPP2 área de Molinos	3
Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos	4
Tabla 2.3. Cuadro de variables	5
Tabla 2.4. Sistema de tareas en base a los objetivos planteados	6
Tabla 4.1. Equipos y materiales utilizados para los análisis desarrollados durante el estudio ..	24
Tabla 4.2. Metodologías utilizadas durante el desarrollo de la investigación	25
Tabla 5.1. Levantamiento de procesos: Abastecimiento de materia prima	32
Tabla 5.2. Levantamiento de procesos: Desfibrado	33
Tabla 5.3. Levantamiento de procesos: Limpieza gruesa	34
Tabla 5.4. Levantamiento de procesos: Limpieza centrífuga de pesados.....	35
Tabla 5.5. Levantamiento de procesos: Tamizado grueso	36
Tabla 5.6. Levantamiento de procesos: Destintado	37
Tabla 5.7. Levantamiento de procesos: Limpieza centrífuga de livianos.....	38
Tabla 5.8. Levantamiento de procesos: Espesado	39
Tabla 5.9. Levantamiento de procesos: Tamizado fino	40
Tabla 5.10. Variables de proceso de la planta de preparación de pasta dos.....	42
Tabla 5.11. Evaluación de metodologías de mejora de procesos.....	44
Tabla 5.12. Datos de consistencia de alimentación del Screen One	48
Tabla 5.13. Datos de consistencia de aceptado del Screen One	49
Tabla 5.14. Datos de consistencia de rechazo del Screen One	50
Tabla 5.15. Datos de consistencia del proceso de la planta de preparación de pasta	53
Tabla 5.16. Evaluación de herramientas para análisis de causa raíz	55
Tabla 5.17. Oportunidades de mejora	59
Tabla 5.18. Cambio de variables para prueba piloto	60
Tabla 5.19. Resultados de consistencia de la prueba piloto.....	61
Tabla 5.20. Resultados de reducción de consistencia	62
Tabla 5.21. Comparativo de fibras.....	64
Tabla 5.22. Evidencias del rediseño	68
Tabla 5.23. Evidencias del rediseño	69
Tabla 5.24. Función de las válvulas.....	70
Tabla 5.25. Datos, consistencia de alimentación después del rediseñado	70
Tabla 5.26. Datos, consistencia de aceptado después del rediseñado.....	71
Tabla 5.27. Datos, consistencia de rechazo después del rediseñado	71
Tabla 5.28. Reducción de consistencia en el rechazo del screen one	76
Tabla 5.29. Tiempo de operación del equipo	77
Tabla 5.30. Inversión del proyecto	79
Tabla 5.31. Nuevos estándares	82

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

“REDISEÑO DEL SISTEMA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES, PARA LA REDUCCIÓN DE RECHAZO GENERADO POR DEFECTO DE GOMAS EN PRODUCTO SEMIELABORADO LIMPIÓN INDUSTRIAL, EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DOS DE GRUPO FAMILIA, PLANTA LASSO, ECUADOR”.

Fecha de inicio:

Octubre 2024

Fecha de finalización:

Febrero 2025

Lugar de ejecución:

Cotopaxi, Lasso, Parroquia de Tanicuchi panamericana norte Km 20 Calle secundaria SN.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado:

Transformación Digital: El Impacto de las Tecnologías 4.0 en la Industria y la Academia.

Equipo de trabajo:

Tutor:

Ing. José Ezequiel Naranjo Robalino

Autor:

Ismael Alexander Ortiz Cujano

Área de Conocimiento:

- Campo Amplio: (07) Ingeniería e industria.
- Campo específico: (02) Industria y producción.
- Campo detallado: (05) Producción industrial, diseño industrial y de procesos.

Línea de Investigación:

Tecnología industrial, gestión de la producción riesgos y seguridad laboral.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sistemas integrados, de producción y operaciones para el desarrollo sostenible.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. PROBLEMA

2.1.1. Situación Problemática

En la planta Lasso de la empresa Grupo Familia S.A, dedicada a la fabricación de productos de higiene personal, se produce el limpión industrial, que constituye el 10% de la producción de su línea dos[1]. En el año 2023 la máquina MP2 produjo 972.4 toneladas de limpión industrial, de las cuales generó una pérdida considerable en cuanto al rechazo de este semielaborado, obteniendo una cantidad de 134,2 toneladas; de las cuales 59 toneladas fueron por el defecto de gomas (6.06%). Estos rechazos afectan directamente los costos operativos de la empresa[2].

El problema principal se debe al uso de cartón reciclado, la razón técnica detrás de esto radica en las características de las fibras de cartón utilizadas en el limpión industrial. Estas fibras son más gruesas que las utilizadas en otros códigos de producción, lo que dificulta su paso a través del tamiz de 0,12 mm a la consistencia actual del proceso, establecida en 3,5%.

Este diseño de flujo obliga a diluir la pasta con mayor cantidad de agua, lo que reduce su consistencia y dificulta el mantenimiento de los niveles de producción en la máquina papelera MP2, afectando además la calidad del papel. La situación actual resalta la necesidad de mejorar el proceso de eliminación de gomas y rediseñar el flujo de producción para reducir los rechazos y optimizar los costos en la línea de producción dos.

2.1.2. Formulación del problema

Actualmente, el sistema de remoción de contaminantes no puede usarse de forma óptima debido a la consistencia de la pasta, que debe reducirse del 3.5 % al 2 %. Esto afecta la calidad del producto y genera pérdidas en el proceso. ¿Es necesario rediseñar el sistema de remoción de gomas para asegurar la captura eficaz de contaminantes y reducir los niveles de rechazo?

2.2. BENEFICIARIOS

- **Beneficiarios directos:** A continuación, se detalla en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Personal PPP2 área de Molinos

Cargo	Nro. De personal
Gerente general	1 personas
Administrativo	4 personas

Operarios	16 personas
Total	21 personas

- **Beneficiarios indirectos:** A continuación, se detalla en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos

Beneficiarios indirectos	Nro. De personas
Cientes aproximados al mes	100
Proveedores de materia prima	3
Transportista	1
Total	104 personas

2.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación surge de la necesidad de la empresa Grupo Familia S.A. de optimizar su línea de producción número dos en el área de molinos. En 2023, la planta registró pérdidas significativas debido a rechazos en el limpión industrial, cuyo costo es de 751,47 USD por tonelada. Con una reducción efectiva de estos rechazos, se podría alcanzar un ahorro anual económico significativo, lo que contribuiría a mejorar la rentabilidad de la operación.

El rediseño del sistema de limpieza de gomas permitirá reducir estos costos y lograr una mayor estabilidad en la producción de limpión industrial, además se protegerá al personal operativo, minimizando los riesgos laborales y los tiempos de inactividad asociados al reproceso.

Utilizando herramientas de ingeniería industrial tradicionales y tecnológicas, como el levantamiento de procesos y el software Bizagi, el estudio se enfocará en identificar y eliminar actividades que no aporten valor. La optimización de cada etapa del proceso, desde la alimentación de materia prima hasta la limpieza de la fibra, esto no solo mejorará la calidad del producto final, sino que también incrementará la eficiencia general de la planta. De esta manera, Grupo Familia podrá fortalecer su competitividad en el mercado de productos de higiene personal.

2.4. HIPÓTESIS

El rediseño del sistema de remoción de contaminantes, en la planta de preparación de pasta dos permitirá reducir los defectos de gomas en el producto semielaborado de limpión industrial, disminuyendo así los niveles de rechazo y optimizar los costos de producción.

La variable independiente y dependiente se detalla a continuación en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Cuadro de variables

V. Independiente	V. Dependiente
El sistema de remoción de contaminantes	% de rechazo por defecto de gomas

- **Variable independiente:** Es la causa, ya que los cambios en el sistema de remoción de contaminantes impactarán en el resultado.
- **Variable dependiente:** Es el efecto o resultado medido en términos de reducción de los rechazos por defectos en el semielaborado.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. General

Rediseñar el sistema de remoción de contaminantes, para la reducción de rechazo generado por defecto de gomas en producto semielaborado limpión industrial, en la línea de producción dos de Grupo Familia, planta Lasso, Ecuador.

2.5.2. Específicos

- Realizar el levantamiento de los procesos de la planta de preparación de pasta de la línea de producción dos y variables involucradas en la fabricación de limpión industrial, para el establecimiento del estado actual.
- Identificar oportunidades de mejora en los procesos de la planta de preparación de pasta de la línea de producción dos, mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial, con el fin de optimizar costos y reducir defectos en el producto semielaborado.
- Implementar las mejoras propuestas en el sistema de remoción de contaminantes para reducir el rechazo por defecto de gomas entre un 60-80%, con el fin de evaluar y verificar el impacto de estas mejoras en las ganancias de la empresa.

2.6. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la tabla 2.4 se detallan en cumplimiento a los objetivos específicos planteados:

Tabla 2.4. Sistema de tareas en base a los objetivos planteados

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar el levantamiento de los procesos de la planta de preparación de pasta de la línea de producción dos y variables involucradas en la fabricación de limpión industrial, para el establecimiento del estado actual.	Observar directamente las actividades realizadas para comprender cómo se lleva a cabo el proceso en la práctica.	Estado actual del proceso y descripción detallada que aporte a la verificación de posibles problemas.	Técnica: Observación
			Instrumento: Cámara fotográfica
	Revisar cualquier documentación existente relacionada con la fabricación de limpión industrial, como registros.	Índice de temas que categoriza y documenta toda la información relevante por procesos.	Técnica: Observación
			Instrumento: Word, PDF y Power Point
	Analizar los procesos y variables existentes de la planta de preparación de pasta de la línea de producción dos para la fabricación de limpión industrial.	Detalle de los procesos, máquinas y sus variables empleadas en el proceso de la planta de preparación de pasta.	Técnica: Observación
			Instrumento: Bizagi, matrices de caracterización
Identificar oportunidades de mejora en los procesos del área de molinos en la planta de preparación de pasta dos.	Identificar posibles mejoras en el proceso de preparación de pasta.	Identificación de problemáticas del proceso.	Técnica: Observación
			Instrumento: Hoja de Excel
	Utilizar metodología de mejora continua para identificar actividades que agregan valor al proceso.	Proceso mejorado basado en datos que ayudará a la organización a medir y mejorar su rendimiento.	Técnica: DMAIC
			Instrumento: Word, Excel
	Aplicar técnicas de análisis de causa raíz.	Identificación de las causas subyacentes de los problemas del proceso.	Técnica: 5 Por Qué.
			Instrumento: Excel
Implementar las mejoras propuestas para reducir el rechazo generado por defecto de gomas entre 70-80% para verificar las ganancias para la empresa.	Cálculo del ahorro económico por rechazos de semielaborado.	Ahorros económicos	Técnica: Análisis de desperdicios evitados
			Instrumento: Diagrama de Pareto
	Cálculo del ahorro económico por pérdida de fibra.	Ahorros económicos	Técnica: Análisis de desperdicios evitados
			Instrumento: Excel
	Cálculo del retorno sobre la inversión.	Ahorros económicos	Técnica: ROI
			Instrumento: Hoja de Excel

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

En el trabajo realizado por Lizeth A. Vásquez Acevedo, Dayana Morales Fernández, Ítala S. Terán Pareja y William C. Algoner muestra los resultados obtenidos, los cuales evidencian que el método DMAIC es una herramienta eficaz para optimizar procesos y potenciar la productividad. Se ha conseguido reducir los tiempos de reparación, minimizar defectos en los productos, incrementar los niveles sigma y tomar decisiones estratégicas más fundamentadas. La implementación exitosa del método DMAIC en diferentes empresas ha confirmado su efectividad para mejorar procesos y lograr altos niveles de productividad[3].

En la investigación de Heriberto Felizzola Jiménez, Andres Hualpa Zuñiga, Carlos Arango Londoño, Johanna Rodríguez Rativa y Mayra Rodríguez Cortes mencionan que Seis Sigma es un enfoque que se emplea para impulsar la mejora continua en la calidad y el rendimiento de los procesos, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos operativos y financieros de una organización. Aunque esta metodología ha sido implementada con gran éxito en corporaciones de gran tamaño, su aplicación en pequeñas y medianas empresas enfrenta desafíos y obstáculos vinculados a la capacidad técnica necesaria para llevar a cabo proyectos de optimización[4].

En el trabajo realizado por Daniela Lucía García Toro y Carol Brenda Quispe Cornejo mencionan que el concepto de rediseño a menudo se confunde con reingeniería, pero son diferentes. Aunque existen varios autores que abordan este tema, uno de los que mejor define la metodología señala que, en el rediseño, todo comienza por comprender profundamente el problema para evitar soluciones que solo aborden el síntoma. Se trata de entender la causa raíz y luego explorar y evaluar diversas soluciones, evitando la dependencia de una única opción. Una vez elegida la solución, se plantea una estrategia, esta fase de investigación culmina con un análisis económico y un plan de proyecto[5].

Según los Ingenieros Davenport, Galloway y Harrington han definido el mejoramiento de procesos como el estudio sistemático de un conjunto de actividades interrelacionadas dentro de sus flujos, con la finalidad de transformarlas para que sean más eficaces, eficientes y adaptables. Esto facilita aumentar la capacidad de cumplir con las necesidades de los clientes, asegurando que durante la transformación de los insumos se analicen los procesos para perfeccionarlos y obtener resultados que contribuyan o añadan valor a la organización[6].

En el trabajo realizado por Andrés Alfonso Valenzuela Aguilera menciona que a través del análisis y la aplicación de la metodología DMAIC, se identifican las diferentes causas que

generan el desperdicio, transformando un problema general en uno específico para abordarlo y disminuirlo, lo que generó beneficios en varias áreas de la empresa. Se comprobó de manera analítica un ahorro significativo en costos de producción[7].

Según la investigación de Darwin Antonio Lalangui Delgado menciona que el rediseño de procesos se refiere a una revisión integral orientada a optimizar el rendimiento del sistema actual. Este enfoque implica un análisis detallado de cada fase del sistema productivo, identificando ineficiencias, puntos críticos y áreas con potencial de mejora. Durante esta evaluación, se consideran aspectos como el flujo operativo, la utilización de recursos, las tecnologías disponibles y los requisitos establecidos. En última instancia, el propósito del rediseño no es solo maximizar el desempeño operativo, sino también elevar la calidad del producto[8].

3.2. Marco referencial

La empresa Grupo Familia está situada en la vía Panamericana Norte, en el kilómetro 20, en dirección a Quito, dentro de la localidad de Lasso, que forma parte de la parroquia de Tanicuchi, perteneciente al cantón Latacunga, en la provincia de Cotopaxi. La planta se encuentra a una altitud de 3.048 metros sobre el nivel del mar y tiene una población aproximada de 13.517 habitantes [9].

El Grupo Familia se especializa en la fabricación, transformación y comercialización de productos para el cuidado del hogar. En la actualidad, dispone de dos máquinas papeleras y dos plantas de preparación de pasta, donde se produce el material semielaborado tanto para productos higiénicos, servilletas, toallas de mano y limpiadores industriales. En el proceso de fabricación de la pasta se utilizan como materias primas celulosa y papel reciclado, provenientes de la madera de árboles, con una composición general de 90 % de papel reciclado y 10 % de celulosa. La celulosa no contiene tintas, mientras que el papel reciclado pasa por una serie de tratamientos y procesos, incluidos los de limpieza de gomas [10].

3.3. Proceso de fabricación de papel

El proceso de fabricación de papel incluye varias etapas: manipulación de materia prima, generación de pasta, tamizado, destintado, fabricación y conversión de rollos.

La pasta reciclada o virgen se genera en un pulper de alta consistencia, seguido del tamizado de materiales gruesos como piedras y alambres. Luego, el destintado se realiza en celdas

abiertas o cerradas. Para limpiar contaminantes pequeños (arenas, tintas, gomas, carbonatos), se usan equipos centrífugos que separan materiales por presión y movimiento.

Finalmente, la pulpa se lleva a la máquina papelera, donde se inyecta en una malla para formar la hoja, que pasa por procesos de prensado (para drenar agua) y secado (en cilindros calentados con vapor)[11].

En la figura 3.1 se presenta un diagrama general del proceso de elaboración de papel.

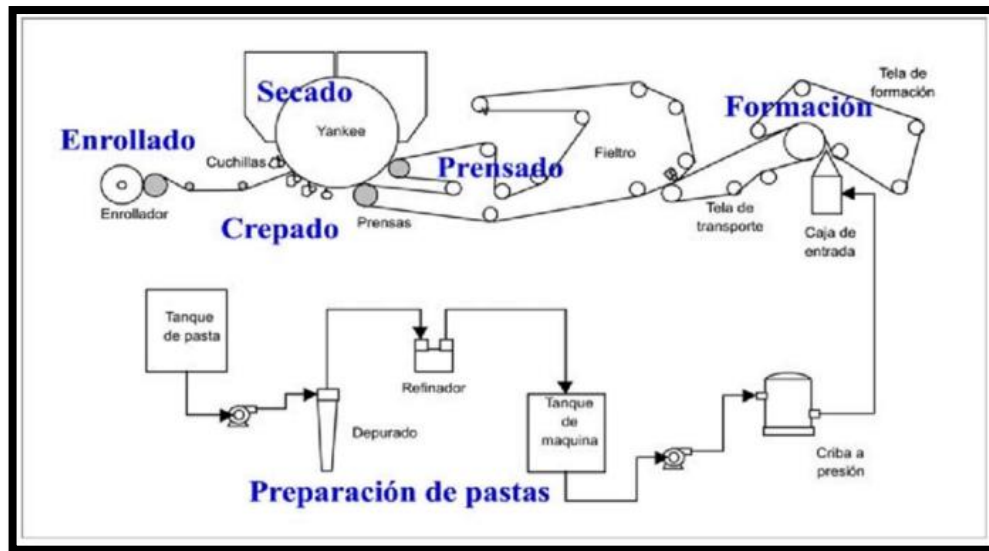


Figura 3.1. Proceso general de elaboración de papel[11]

3.4. Materia Prima

Existe dos tipos de materia prima para la fabricación de papel: materia prima virgen y materia prima reciclada. La fibra virgen se extrae de madera de árboles de eucalipto (fibra corta) y de pino (fibra larga). Según la referencia que se vaya a producir se utiliza 92% se papel reciclado y 8% de pulpa virgen [12].

La materia prima reciclada procede principalmente de centros de recolección, la cual es previamente clasificada antes de su transporte hacia las plantas manufactureras. En recepción, se inspecciona manual y visualmente cada uno de los lotes que ingresan a la planta, para detectar contaminantes que pueden afectar al proceso productivo. Además, en el laboratorio se realiza análisis de: humedad, porcentaje de contaminantes y brillantez.

3.5. Celulosa

La celulosa es un polímero lineal compuesto por unidades de glucosa. Las cadenas de celulosa se acoplan en haces unidos por puentes de hidrógeno. La figura 3.2 muestra la estructura química de la celulosa [13].

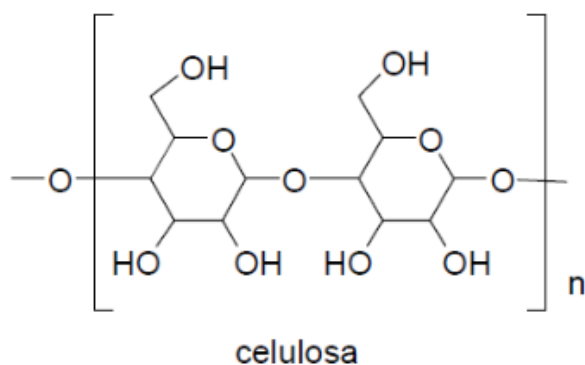


Figura 3. 2. Estructura de celulosa[13]

3.6. Proceso general para la elaboración de papel

3.6.1. Pulpeado

Esta operación se la lleva a cabo en un equipo denominado pulper, el cual se encarga de desfibrar el material reciclado o virgen para liberar las fibras de celulosa, separar las partículas de tinta y otros contaminantes que no aportan al proceso y mantenerlos en suspensión para su posterior eliminación.

3.6.2. Limpieza gruesa

Operación en la cual se eliminan contaminantes de tamaño grande y mediano como: plásticos, madera, trapos, grapas, clips, vinchas de capetas, piedras medianas, etc. Para esto se utiliza equipos como: limpiadores centrífugos de alta densidad y tamices de agujeros entre 1,6 y 6 mm de diámetro.

3.6.3. Destintado

El destintado es el proceso en el cual se elimina la tinta y otros contaminantes de tamaños 10 a 250 μ , por medio de flotación y se realiza en una celda abierta o presurizada.

3.6.4. Espesado

Todos los procesos de limpieza de la fibra de celulosa se realizan a bajas concentraciones de fibra y con grandes volúmenes de agua, una vez limpia la fibra es necesario quitar cierta cantidad de agua para subir la concentración de fibras, esto se consigue con equipos cilíndricos giratorios cubiertos de malla con medidas mesh 100 o equipos estacionarios con tamices de 100 μ .

3.6.5. Limpieza fina o cribado fino

Esta operación se realiza con limpiadores centrífugos de baja densidad y tamices de ranuras entre 0,12 a 0,15 mm, en donde se elimina gomas, carbonatos, arena y puntos de tinta esmaltados que no alcanzaron a flotar en el proceso de destintado.

3.6.6. Refinado

Es la acción de las fuerzas mecánicas que se lleva a cabo sobre las fibras de celulosa, mediante un equipo llamado refinador que está compuesto por discos estacionarios y giratorios, los discos externos giran mediante un rotor y los discos internos se mantienen fijos para que posteriormente las fibras se entrelacen entre sí para alcanzar el desarrollo óptimo de las resistencias del papel formado.

3.6.7. Formación

La pasta se inyecta al rodillo formador entre la malla y el fieltro en donde se forma la hoja este es uno de los procesos más importantes, ya que la pasta en suspensión se convierte en hoja de papel. El flujo en régimen laminar uniforme se deposita en todo lo ancho de las telas formadoras.

3.6.8. Prensado

La hoja se transporta hacia la prensa, donde en contacto con el cilindro secador y el vacío que genera internamente el rodillo prensa se extrae el agua de la hoja ya que tiene un alto contenido de agua.

3.6.9. Secado

La hoja de papel que sale de la zona de prensado contiene un 60% de humedad, la cual tiene que llegar al 5% de humedad, para ello se utiliza un cilindro (Yankee) presurizado con vapor que alcanza los 120 °C en la superficie externa que está en contacto con la hoja de papel, mientras la cara externa del papel es secada con aire caliente.

3.6.10. Bobinado

Es la operación final del proceso de fabricación de papel, este es bobinado en grandes rollos a velocidades según la tecnología de la máquina de papel y cumpliendo con el diámetro establecido de acuerdo a las especificaciones de cada SKU de la planta.

3.6.11. Conversión

Es la etapa final de la producción de papel, donde se transforma los grandes rollos producidos en los molinos en rollos pequeños como los conocemos en el mercado[14].

3.7. Materias primas utilizadas para la elaboración papel marrón

EL proceso papelero inicia con el reciclado de papel donde lleva una serie de pasos para reutilizar y transformar el papel usado en nuevo papel. Para la fabricación se lo puede hacer con papel reciclado o virgen y se clasifica en: Fibras vírgenes y fibras secundarias[15].

3.7.1. Fibras Vírgenes

Son fibras de celulosa que se obtienen directamente de fuentes naturales como bosques y son aquellas que no han sido utilizadas anteriormente por lo cual sus propiedades físicas y químicas se mantienen intactas por lo cual se utilizan en la fabricación de papel para obtener una mayor calidad y resistencia[16].

3.7.2. Fibras Secundarias o papel reciclado

Las fibras recicladas provienen de papel usado que puede ser recolectado en las oficinas, escuelas, hogares y plantas de reciclaje permitiendo reducir la demanda de recursos naturales y reducir el impacto medioambiental[17].

3.8. Aumento de consumo del papel reciclado en la producción de papel

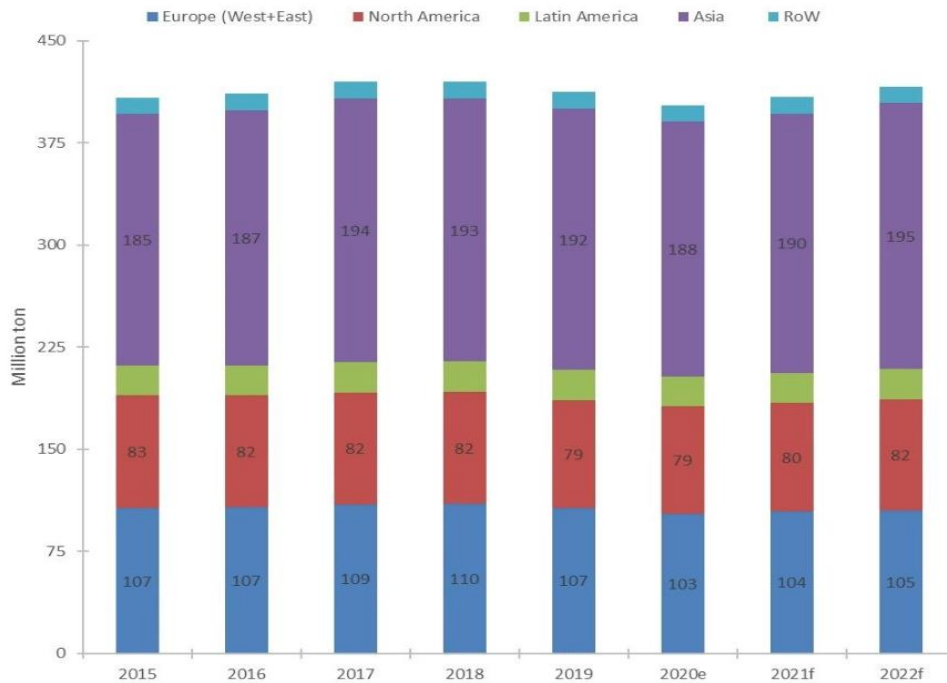
La producción mundial de papel y cartón ha alcanzado aproximadamente 415 millones de toneladas desde 2015. En los últimos años, el papel recuperado, que se convierte nuevamente en pulpa para producir papel nuevo, se ha vuelto un recurso clave para muchos fabricantes.

Cada vez más, el papel se produce con una mezcla de fibra virgen y fibra reciclada o, incluso, solo con fibra secundaria para reducir costos. Nuevas máquinas en Asia y Europa incorporan fibra reciclada en su producción. Los avances en tecnología de reciclaje han mejorado la calidad de esta fibra, haciéndola más económica y apta para fabricar papeles como tissue, cartón y papel para periódicos[18].

La cantidad de papel recolectado y devuelto a las fábricas para su repulpado y transformación en papel reciclado ha aumentado considerablemente en muchos países. En Estados Unidos, el volumen de papel recuperado casi se ha triplicado en los últimos 20 años, pasando de 17,4 millones de toneladas métricas a 49,3 millones de toneladas métricas. Las tasas de reciclaje

también son altas en Canadá, Europa y Japón. En Canadá, el quinto mayor productor de papel a nivel mundial, la cantidad de papel recuperado se ha duplicado en las últimas dos décadas.

Se proyecta que la producción mundial de papel continuará recuperándose en 2022 y llegará a ser equivalente a 416 millones de toneladas; sin embargo, esta cifra aún es 4 millones de toneladas por debajo del último pico que tuvo esta industria en el 2018 como se muestra en la figura 3.3[19].



Fuentes: Copacel, Cepi, Bloomberg, Allianz Research, estimaciones de Euler Hermes

Figura 3. 3. Producción mundial de papel y cartón por región (millones de toneladas)[19]

3.9. Pulpa mecánica

La pulpa mecánica se produce mediante atrición mecánica sin productos químicos, excepto agua o vapor. Aunque ha sido reemplazada en gran parte por la pulpa química, todavía se usa para papeles de baja calidad como el papel de periódico. La electricidad es la principal fuente de energía en su producción. Las pulpas mecánicas se caracterizan por su bajo costo, gran volumen y alta rigidez, pero tienen baja resistencia debido a la lignina, lo que hace que el papel se amarillee y se vuelva quebradizo.

Las pulpas mecánicas son populares en la industria debido a su alta absorción de tinta y opacidad, lo que da como resultado un papel suave y adecuado para impresión. Las pulpas mecánicas representan entre el 20% y 25% de la producción mundial, una cifra que sigue

creciendo debido a los altos rendimientos del proceso y la competencia por los recursos de fibra[20].

3.10. Clasificación de fibras secundarias

3.10.1. Cartón reciclado

La figura 3.4 muestra las pacas de cartón reciclado que compran las empresas productoras de papel tissue y limpión.



Figura 3. 4. Cartón reciclado

3.10.2. Periódico

La figura 3.5 muestra el papel periódico reciclado que contienen diarios, revistas de papel periódico, directorios telefónicos, cuadernos de papel periódico y libros.



Figura 3. 5. Periódico reciclado

3.10.3. Dúplex

La figura 3.6 muestra el papel dúplex reciclado que son las cajas o recortes de cajas que no han tenido ningún tipo de uso para las que fueron fabricadas, siendo los recortes generados en el troquelado o son cajas o láminas de cartón que no han salido al mercado.



Figura 3. 6. Dúplex reciclado

3.10.4. Polyboard

La figura 3.7 muestra el material Polyboard reciclado que generalmente son cajas plastificadas para alimentos, recortes de papel simple o esmaltado que se encuentran cubiertas por una fina capa de plástico.



Figura 3. 7. Polyboard

3.10.5. Etiquetas de cerveza

La figura 3.8 muestra las etiquetas de cerveza recicladas que fueron extraídas de las botellas de cerveza nacional, generalmente de la marca Pilsener y Club.



Figura 3. 8. Etiquetas de cerveza

3.11. Principales contaminantes en el papel reciclado

Sin embargo, dentro del papel reciclado se encuentran un gran número de materiales no celulósicos, considerándose a la tinta como el principal contaminante. Entre los contaminantes más comunes tenemos:

- Gomas
- Resinas naturales y sintéticas, ceras.
- Alúmina.
- Materiales recubiertos: rellenos, almidón, caseína, látex, estearatos.
- Arcilla, dióxido de titanio, carbonatos y demás rellenos.
- Tintas, los cuales están compuestos de vehículos, pigmentos secadores, resinas y otros[21].

3.12. Gomas en la industria papelera y los problemas que causan en el proceso

Las gomas son los principales contaminantes que deben ser eliminados durante el proceso de cribado. Los stickies o gomas son contaminantes que, si llegan mezclados a la zona de formación de la máquina de papel, pueden generar grandes pérdidas para los fabricantes.

La presencia de stickies durante la fabricación de papel se evidencia en el taponamiento de la tela de formación, proceso que comienza con depósitos en los filamentos de la tela hasta provocar un bloqueo total. En la industria del papel, el término “stickies” se usa comúnmente para referirse a una mezcla de compuestos orgánicos que se utilizan para unir sustratos de papel.

Uno de los principales problemas en la producción de papel es la contaminación por ceras y gomas (stickies) en fieltros, telas y rodillos, lo que genera problemas de corribilidad en las máquinas. Estos depósitos pueden causar agujeros, roturas en la hoja, manchas o afectar el funcionamiento de la sección húmeda de la máquina. Cuando los stickies entran al proceso, afectan la eficiencia de la máquina, la calidad del producto y aumentan los costos por rechazos. Los stickies impactan varias zonas de la máquina, desde la zona húmeda hasta la conversión de los grandes rollos. Las vestiduras de las máquinas, como fieltros y telas, tienen una vida útil limitada, que se reduce significativamente por la presencia de estos contaminantes[22].

3.13. Remoción de Gomas por proceso mecánico

La remoción mecánica de gomas o stickies se realiza por medio de equipos llamados SCREEN ONE. Sin embargo, para que la remoción de este tipo de contaminantes tenga la efectividad esperada, primero se tiene que reducir la consistencia de la pasta de (2- 2.5%).

En este punto del proceso se pierde gran cantidad de fibra por medio de una purga constante del equipo que a su vez contiene gran cantidad de contaminantes mayores a 0.10-0.12 mm de espesor.

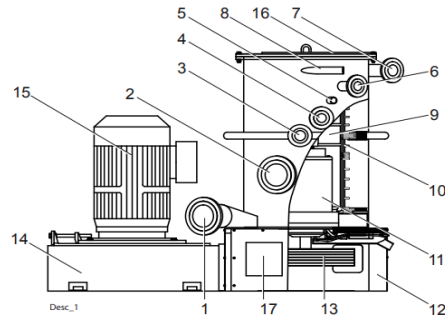
En la figura 3.9 se muestra un equipo llamado screen one en su vista externa.



Figura 3. 9. Equipo screen one

3.14. Descripción detallada del sistema de remoción de gomas o stickies

En la figura 3.10 se muestra un sistema de remoción que consta de un cuerpo estanco vertical en el interior del cual se filtra la pasta a través de un tamiz. Un rotor con paletas limpia permanentemente el tamiz. Un mecanismo accionado por una transmisión de correas, cuya energía es suministrada por un motor eléctrico, soporta y acciona el rotor.



1. Tubería de entrada de la pasta	2. Tubería de aceptados	3. Tubería de dilución
4. Tubería de aceptados	5. Tubería de dilución	6. Tubería de aceptados
7. Tubería de desechos	8. Tubería de dilución	9. Rotor
10. Tamiz	11. Mecanismo (Figura 2-2)	12. Estructura
13. Transmisión por correas	14. Soporte del motor	15. Motor eléctrico
16. Tapa con pernos	17. Cáter	

Figura 3. 10. Descripción del sistema de remoción mecánica

3.15. La cuba

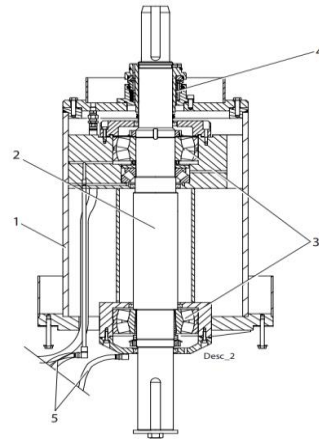
La cuba cuenta con:

- Una tubería de entrada de pasta
- Tres tuberías de salida de pasta aceptadas
- Tres tuberías de agua de dilución
- Una tubería de rechazos
- Una tubería de desagüe

3.16. El mecanismo

El mecanismo se compone de varios elementos como se muestra en la figura 3.11.

- Un árbol vertical montado sobre dos cojinetes de rodamientos lubricados con grasa
- Un dispositivo de estanqueidad del árbol por empaquetadura
- Un sistema de lubricación



- | | | |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Soporte de mecanismo | 2. Árbol | 3. Dos cojinetes de rodamiento |
| 4. Empaquetadura mecánica de estanqueidad | 5. Circuito de lubricación | |

Figura 3. 11. Mecanismo del sistema de remoción mecánico

3.17. Tamiz

Los tamices (Ver figura 3.12) son los encargados de realizar la correcta separación de los elementos contaminantes de la fibra útil, el proceso de separación se da por el área abierta del tamiz, el cual permite retener los contaminantes que poseen mayor volumen que el establecido por las ranuras; las fuerzas hidrodinámicas se encargan de llevar los flujos de pulpa hacia las ranuras, allí los sólidos de mayor tamaño son retenidos y llevados a las corrientes de rechazo; por otro lado, los contaminantes flexibles pueden pasar a través del tamiz deformándose.

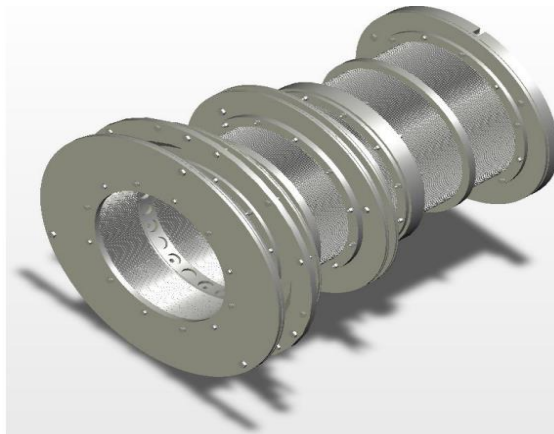


Figura3. 12. Tamiz

3.18. Funcionamiento

El equipo Screen One es un depurador de pasta para papel vertical a presión y con flujo centrífugo. Equivale a un sistema de depuración en 3 etapas con diluciones intermedias. Se utiliza para eliminar las impurezas contenidas en la pasta para papel. Un rotor adaptado a la aplicación asegura el descolmatado del tamiz.

Uno de los mayores fabricantes de equipos para la industria papelera es la francesa Kadant Lamort, los sistemas de cribado fino principalmente están compuestos por un bloque motor y de un depurador destinados especialmente para separar los contaminantes como las gomas o stickies de la solución de pasta.

Durante la operación de la unidad el rotor gira a gran velocidad (1600 rpm) en medio de una canastilla que se encuentra estacionaria. El espacio entre el rotor y la canastilla o tamiz es de 2 a 3 mm de distancia lo que permite evitar cualquier corte perjudicial de los contaminantes hacer removidos y cualquier atasco del equipo.

La pasta es introducida al interior de la unidad por medio de una bomba y una tubería de alimentación. El desarrollo de la fuerza centrífuga, generada por la presión de la bomba de alimentación hace que la pasta vaya subiendo en forma de un ciclón en manera ascendente y al mismo tiempo la fibra va pasando por el tamiz y los contaminantes continúan el flujo hasta una salida de rechazo constante[23].

En la figura 3.13 se muestra el funcionamiento interno de un screen one.

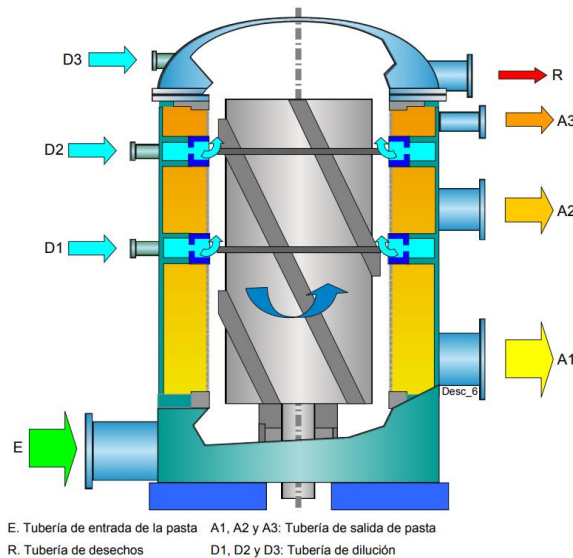


Figura3. 13. Funcionamiento interno del screen one[23]

3.19. Efectos de materias primas recicladas tratadas en equipos de cribado fino

La eficiencia en la separación de contaminantes y fibras útiles depende del tipo de fibra alimentada al proceso. Las fibras de longitud, rigidez y espesor variados afectan la remoción de contaminantes. Las fibras largas y rígidas generalmente no pasan por la ranura del tamiz, y son dirigidas a los flujos de rechazo junto con los contaminantes.

El incremento del flujo de rechazo es clave para controlar la eficiencia; cuando es bajo, el flujo pulsante de los rotores genera presiones altas, permitiendo el paso de fibra útil y contaminantes que cumplen con las dimensiones del tamiz. Si el flujo de rechazo aumenta, los contaminantes continúan en la sección de rechazos, mejorando la eficiencia de remoción. Las condiciones del proceso deben optimizarse para retirar contaminantes mayores que la ranura del tamiz, minimizando la pérdida de fibra útil y reduciendo costos[24].

3.20. Consistencia de la pasta

El método TAPPI T-240, relacionado con la consistencia de pulpa, detalla la determinación de la concentración de pulpas en suspensiones acuosas de fibras. Este procedimiento es aplicable a la mayoría de las pulpas obtenidas en diversos puntos del proceso dentro de una planta de producción de pulpa o papel. Además, se puede utilizar para evaluar pulpas con consistencias de hasta el 25 %[25].

La consistencia es uno de los factores fundamentales para la eficiencia de cribado, ya que el efecto en la zona cercana de la cara del tamiz depende de la concentración de fibras (consistencia). A medida que la consistencia aumenta fuera del rango óptimo de operación en la capa límite del fluido, la pulpa comienza a acumularse en forma de esferas, lo que provoca la obstrucción de las ranuras del tamiz, reduciendo la eficiencia de cribado.

Por otro lado, una baja consistencia en el proceso afecta negativamente la eficiencia, ya que el rotor no genera la presión suficiente para separar correctamente los contaminantes de la fibra.

3.21. Reducción de consistencia de la pasta

Con el avance de la tecnología se logra fabricar tamices con espacio entre ranuras de 0.15 a 0.2 mm, los cuales eran utilizados en las secciones de cribado grueso con consistencias medianas 1.5% a 2.5%.

Actualmente los tamices fabricados cuentan con espacio entre las ranuras de 0.1 mm a 0.15 mm, que son utilizados en las secciones finales de procesos luego de realizarse los procesos de blanqueo, la consistencia de operación de estos equipos se encuentre entre 0.8% y 1.5%[26].

4. METODOLOGÍA

4.1. Modalidad del Tipo de la investigación

Investigación aplicada y cuasiexperimental

El presente proyecto, enfocado en el rediseño del sistema de remoción de contaminantes para la reducción de rechazos por defectos de gomas en el limpión industrial, se clasifica como una investigación aplicada debido a que tiene como objetivo resolver un problema práctico específico en la línea de producción dos de la planta Lasso de Grupo Familia. Este problema afecta directamente los costos operativos y la eficiencia del proceso de fabricación, lo que requiere un enfoque orientado a generar soluciones técnicas y factibles que se implementen en el contexto industrial. La investigación aplicada busca no solo generar conocimiento, sino traducirlo en acciones concretas que optimicen el sistema de producción y reduzcan desperdicios, aportando un beneficio tangible a la empresa.

Asimismo, el estudio puede considerarse cuasiexperimental, cuando hay bases para deducir causalidad y se necesita un mínimo de control y análisis estadísticos para relaciones causales ya que involucra la manipulación de variables controladas dentro del entorno de la línea de producción para evaluar el impacto de las mejoras implementadas. En este tipo de investigación, aunque no es posible asignar aleatoriamente los elementos del experimento debido a las limitaciones del entorno industrial, se comparan los resultados antes y después de la intervención. Por ejemplo, se analizarán indicadores clave como la cantidad de rechazos generados por defectos de gomas y la consistencia de la pasta antes y después de aplicar las mejoras en el sistema de remoción de contaminantes.

Este enfoque permite evaluar el efecto de las variables manipuladas como la consistencia de la pasta y las características del equipo sobre el rechazo del producto semielaborado, asegurando que las soluciones propuestas se fundamenten en evidencia empírica. Además, el diseño cuasiexperimental es adecuado para estudios en entornos reales donde no es posible alterar completamente las condiciones operativas, garantizando que las soluciones sean directamente aplicables al contexto industrial y relevantes para los objetivos de la empresa.

Aplicada:

Realizar un levantamiento detallado del proceso actual de remoción de contaminantes en la planta donde se produce limpión industrial en Grupo Familia S.A., identificando las causas de los rechazos del limpión industrial debido al defecto de gomas. Este mapeo permitirá

comprender las variables y condiciones actuales que afectan el desempeño del equipo Screen One y el flujo de producción en la línea dos, para establecer el estado actual de los procesos. Este análisis inicial permitirá proponer mejoras concretas para optimizar el sistema.

Cuasiexperimental:

Probar la propuesta en el proceso de remoción de gomas. Mediante intervenciones controladas en el diseño del flujo de producción y en la ubicación del equipo, con el fin de evaluar su impacto en la reducción de rechazos y la mejora de la calidad del limpión industrial. Se llevarán a cabo pruebas para medir variables como el volumen y consistencia de rechazo del screen one y el impacto económico de las modificaciones. Los resultados obtenidos se compararán con los datos previos para determinar la efectividad de las mejoras.

Cuantitativo:

Cuantificar la cantidad de rechazos generados por defectos de gomas, el impacto económico asociado a estos rechazos, así como la eficiencia operativa del equipo Screen One mediante la recolección y análisis de datos numéricos, tales como toneladas de rechazo y los costos asociados a estos. Este análisis permitirá medir con precisión el impacto de las mejoras en la reducción de rechazos, costos operativos y mejora en la calidad del limpión industrial.

4.2. Técnicas de recolección de información

Observación: Se considera una herramienta clave dentro de la recolección de datos para esta investigación, la observación directa y sistemática permitió captar información detallada sobre el proceso de producción. A través de este método, se pudo identificar si el equipo está siendo operado de manera óptima, observar si existen problemas recurrentes de obstrucción o ineficiencias, y analizar cómo las prácticas operativas y el flujo de trabajo afectan la calidad del producto y la eficiencia general del proceso.

Instrumentos mecánicos y eléctricos: Es fundamental para esta investigación debido a su capacidad para proporcionar mediciones precisas, consistentes y objetivas de los parámetros operativos. El uso de sensores de flujo de agua y medidores de consistencia fue crucial para determinar cómo la variación de consistencia afecta a la calidad del limpión y a la remoción de gomas.

Datos secundarios: Es una técnica fundamental para obtener información relevante que permita contextualizar y enriquecer el análisis del problema. La revisión de registros de producción permitió conocer la cantidad de rechazos por defectos de gomas, lo que proporciono

una base sólida para entender el alcance del problema y evaluar las tendencias de fallas en el proceso. Además, esta información fue crucial para establecer un punto de referencia sobre la cantidad de rechazos generados previamente y las pérdidas económicas asociadas a estos, lo cual facilitó la evaluación del impacto de las mejoras implementadas.

4.3. Muestreo


Se utiliza el muestreo estratificado de una base de datos del balance de masa de la planta de preparación de pasta dos, donde se toma el promedio de cada semana en el periodo de un año de producción.

Luego del rediseño se utiliza el Muestreo sistemático aleatorio, que es aplicable cuando los elementos de la población sobre la que se realiza el muestreo están ordenados. Este procedimiento de muestreo se basa en tomar muestras de una manera directa y ordenada. Se escogió puntos estratégicos y ordenados del proceso de remoción de gomas, los datos de las muestras se tomaron durante seis meses para la referencia 5298817(limpión industrial), donde se toma el promedio de cada semana en el periodo de 6 meses de producción.

4.4. Equipos y materiales

Como se ha definido, en esta investigación se verificará las variables de consistencia de la fibra presente en el proceso de preparación de pasta, con el objetivo de validar el valor que presente mejores características y se adapte de mejor manera al proceso. En la tabla 4.1 se detalla los equipos y materiales a utilizarse para todos estos análisis.

Tabla 4.1. Equipos y materiales utilizados para los análisis desarrollados durante el estudio

Equipo	Descripción	Gráfico
Bomba de vacío	Dispositivo mecánico que genera una presión menor a la atmosférica, se usa para extracción de líquidos de una muestra de pasta.	

Estufa Equipo usado para procesos de secado de muestras.



Balanza analítica Equipo utilizado para pesar y medir la consistencia de las muestras de pasta.



Papel filtro Este papel se utiliza para separar el agua de la fibra y determinar la medida de consistencia.



Métodos

Para el desarrollo de los análisis, así como medición de variables se utiliza los siguientes métodos normados.

Tabla 4.2. Metodologías utilizadas durante el desarrollo de la investigación

Normativa	Número	Nombre	Descripción
TAPPI	T-240	Consistency (concentration) of pulp suspensions	Se trata de una normativa que regula el análisis de concentración, en peso, de fibra celulósica en base seca en una suspensión de pasta.
TAPPI	T-275	Screening of Pulp (Somerville-Type Equipment)	Análisis de procesos de cribado para pulpas.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

OBJETIVO 1:

Análisis de la situación actual del proceso de preparación de pasta

5.1. Descripción del proceso productivo de la planta de preparación de pasta dos

En el área de molinos de la empresa Grupo familia, planta Lasso existen dos líneas de producción y el SKU limpión industrial se produce en la línea dos y nos enfocamos en la planta de preparación de pasta, ya que la mayoría de los contaminantes y especialmente las gomas se deben limpiar en esta.

1. Abastecimiento de materia prima

El operador de pulper conjuntamente con el operador de montacargas proceden abastecer la banda transportadora con materia prima (papel reciclado). Seleccionando y mezclando correctamente el tipo de materia prima para garantizar la calidad desde el inicio del proceso como se indica en la Figura 5.1.



Figura 5.1. Abastecimiento de materia prima

2. Desfibrado

Esta etapa del proceso el papel reciclado es transformado en pasta para papel tissue, ésta área consta de un equipo llamado pulper de 6 m³ de capacidad, pera de vaciado, tanque de agua de 10 m³, tanque de almacenamiento de 50 m³, bombas de agua y pasta, válvulas neumáticas y tuberías de acero inoxidable.

La transformación de papel reciclado en pasta para papel tissue se da por medio de la fricción entre fibras por el movimiento mecánico producido por el Helico, como se indica en la figura 5.2.



Figura 5.2. Pasta de papel

3. Limpieza gruesa

La Pera de vaciado, permite pasar la pulpa a baja consistencia (4 %) y mediante fuerza centrífuga separar los cuerpos ligeros de gran tamaño en relación a las fibras, por medio de una rejilla perforada con agujeros de 6 mm de diámetro y por acción de la propela que gira a una velocidad de 1800 rpm.

El operador debe revisar visualmente en el canal del compactador de rechazos que únicamente contenga contaminantes como plástico, madera, metales, etc. como se muestra en la figura 5.3.



Figura 5.3. Residuos ordinarios de la pera de vaciado

4. Limpieza centrífuga de pesados

La limpieza centrífuga de pesados, por medio de LCP, que por acción de la fuerza centrífuga. Estos equipos separan contaminantes pesados como grapas, clips, piedras, etc. Como se muestra en la figura 5.4. El aceptado de estos dos equipos sigue la secuencia mientras que los contaminantes serán purgados cada hora de trabajo.



Figura 5.4. Residuos de la limpieza centrífuga

5. Tamizado grueso

La limpieza gruesa se da en dos equipos llamados Screen horizontal y zaranda como se muestra en la figura. Estos eliminan contaminantes de tamaño mediano que pasaron la primera etapa de limpieza, como plásticos, maderas, trapos, etc. Estos equipos tienen canastillas con agujeros de 1,6 mm de diámetro donde el aceptado se dirige a la siguiente etapa de limpieza y el rechazo de estos equipos cae a un recipiente para luego ser transportados manualmente al contenedor de residuos ordinarios. Todo lo mencionado se puede observar en las figuras 5.5 y 5.6.



Figura 5.5. Screen horizontal



Figura 5.6. Zaranda

6. Destintado

El destintado es el proceso de remoción de contaminantes como tinta de la fibra de celulosa básicamente se puede dividir el proceso en dos grandes etapas: Etapa de pulpeo en la que se realiza la desintegración del papel y se produce el desprendimiento de la tinta y otros contaminantes, la etapa de flotación ocurre en presencia de aire y permite la separación de las partículas de tinta de la suspensión fibrosa como se muestra en la figura 5.7.

La celda de destintado presenta un grupo de inyectores que facilitan la formación de burbujas por medio de la absorción de aire proveniente de la atmosfera, esta absorción se da gracias al efecto de Venturi que consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.

Una vez en la celda las partículas de aire recolectan las partículas de tinta, se elevan hasta la parte superior de la celda creando un colchón de espuma que es evacuado por medio de dos extractores de espuma.



Figura 5.7. Celda de destintado

7. Limpieza centrífuga de livianos

La etapa de Cleaning, consiste en 3 equipos en forma de tubos llamados Canister's como se muestra en la figura 5.8. Estos eliminan contaminantes de tamaños pequeños como tintas que no alcanzaron a flotar en la celda de destintado, arenas y carbonatos, que por medio de fuerza centrífuga son separados de la fibra.



Figura 5.8. Rechazo de los Cleaning

8. Espesado

Consiste en subir la consistencia de 1.2% a 3.5% esto ocurre por medio de un tambor recubierto con una malla de 200 mesh como se muestra en la figura 5.9. Este es accionado por un motor que gira a una velocidad de 750 rpm, pero el tambor es reducido la velocidad a 10 rpm con un reductor acoplado al motor ya que se necesita subir la consistencia para el siguiente proceso. Al girar los tambores la fibra se va pegando en la malla y al mismo tiempo drena el agua por la malla, y al chocar la fibra con una fila de duchas la pasta aceptada cae al tanque y el filtrado que drena por la malla se dirige hacia un tanque de agua



Figura 5.9. Espesador

9. Tamizado fino

La última etapa de limpieza de la planta se da en el equipo llamado Screen one como se muestra en la figura 5.10. Este es un equipo integrado por tres estados y tiene una canastilla ranurada de 0.12 mm de abertura en sus ranuras, cada estado tiene entradas de agua de dilución, una entrada de alimentación de pasta, tres salidas de aceptados y una salida de rechazos.



Figura 5.10. Screen One instalado en la planta


5.2. Levantamiento de procesos

En esta sección se describe la línea de producción de la planta de preparación de pasta dos y las actividades realizadas en cada fase de producción. También se utilizó una ficha de registro para detallar las actividades necesarias para cada proceso, así como un diagrama de flujo. Estos diagramas ilustran la situación actual de la planta para cada uno de los procesos identificados.

5.2.1. Abastecimiento de materia prima

La tabla 5.1 muestra los procesos detallados para el abastecimiento de materia prima.

Tabla 5.1. Levantamiento de procesos: Abastecimiento de materia prima

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Abastecimiento de materia prima
	Código	PP2-BT001
Objetivo	Realizar la carga de materia prima en la banda transportadora	
Entradas	Pacas de papel reciclado	
Recursos	Operarios y montacargas	
Salidas	Papel reciclado suelto	
Nº	Actividad	Descripción
1	Planificar cantidad de materia prima	Se planifica la cantidad de pacas a cargar en la banda transportadora.
2	Cargar pacas de papel reciclado	Se carga las pacas de papel reciclado en la banda transportadora.
3	Cortar alambres de las pacas de papel	Se cortan y se sacan los alambres de las pacas.
4	Encender banda transportadora	Se enciende la banda transportadora para el ingreso del papel reciclado.

La figura 5.11 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual del abastecimiento de materia prima.

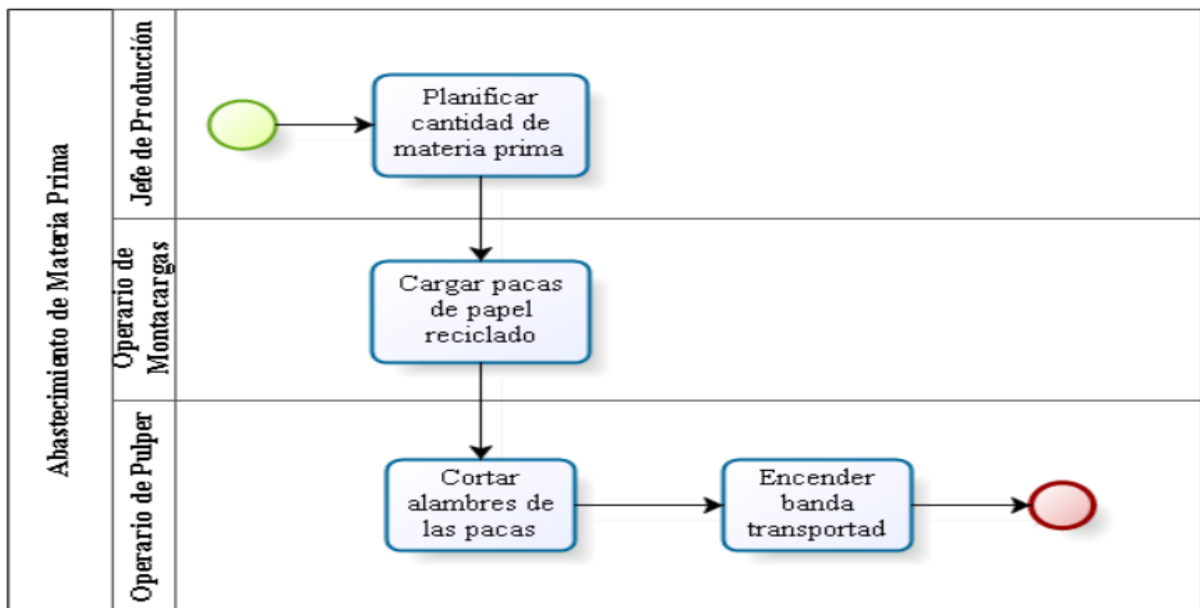



Figura 5.11. Diagrama de flujo: Abastecimiento de materia prima

5.2.2. Desfibrado

La tabla 5.2 muestra los procesos detallados para el desfibrado.

Tabla 5.2. Levantamiento de procesos: Desfibrado

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Desfibrado
	Código	PP2-P001
Objetivo	Realizar el desfibrado en el pulper	
Entradas	Pacas de papel reciclado	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta de papel	
Nº	Actividad	Descripción
1	Dosificar agua al pulper	Se dosifica 4m ³ de agua al pulper.
2	Arrancar el pulper	Se enciende el motor del pulper.
3	Desfibrar la materia prima	Se procede a desfibrar el papel reciclado durante 15-30 minutos.
4	Ajustar consistencia	Se ajusta la consistencia aproximadamente de 14-16%.
5	Revisar la tonalidad de la pasta	Se revisa que la tonalidad de la pasta sea la adecuada para el proceso de fabricación de limpión Industrial.

La figura 5.12 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual del desfibrado.

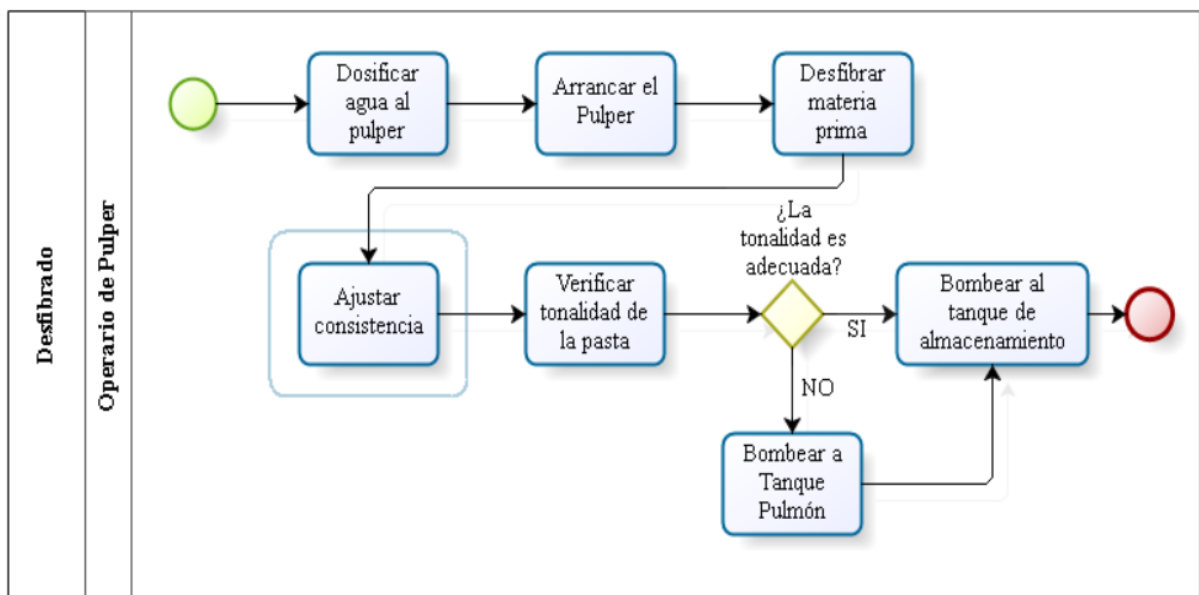



Figura 5.12. Diagrama de flujo: Desfibrado

5.2.3. Limpieza gruesa

La tabla 5.3 muestra los procesos detallados para la limpieza gruesa de la fibra.

Tabla 5.3. Levantamiento de procesos: Limpieza gruesa

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Limpieza gruesa
	Código	PP2-PV001
Objetivo	Limpiar contaminantes de tamaño mayor a 6 mm	
Entradas	Pasta de papel con contaminantes de gran tamaño	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta de papel sin plásticos, maderas, fomix, etc.	
Nº	Actividad	Descripción
1	Encender la pera de vaciado	Se enciende el motor de la pera de vaciado.
2	Dosificar agua a la pera de vaciado	Se dosifica 2m ³ de agua a la pera de vaciado.
3	Abrir válvula de descarga del pulper	Se abre la válvula de descarga del pulper.
4	Prender bomba de descarga	Se prende la bomba para descargar la pasta del pulper hacia el tanque de almacenamiento 1.

La figura 5.13 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual de la limpieza gruesa de la fibra.

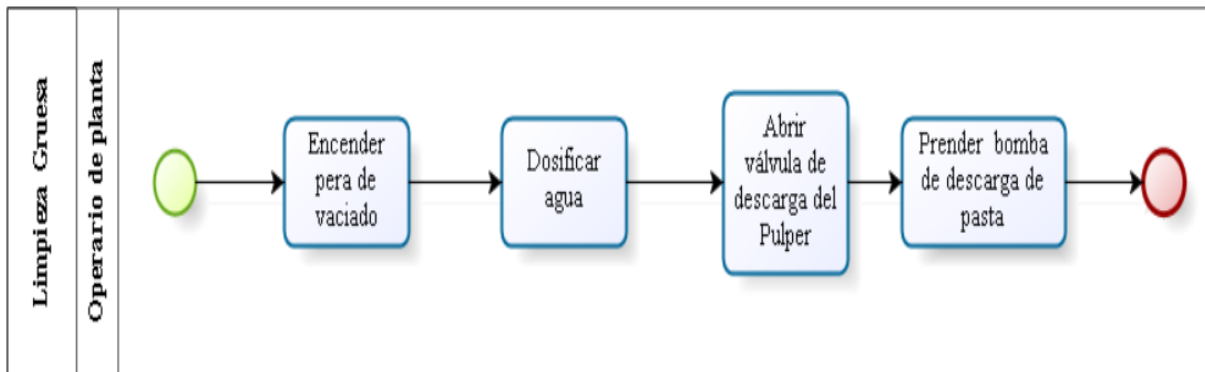



Figura 5.13. Diagrama de flujo: Limpieza gruesa

5.2.4. Limpieza centrífuga de pesados

La tabla 5.4 muestra los procesos detallados para la limpieza centrífuga de pesados.

Tabla 5.4. Levantamiento de procesos: Limpieza centrífuga de pesados

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Limpieza centrífuga de pesados
	Código	PP2-LCP001
Objetivo	Limpiar contaminantes pesados	
Entradas	Pasta de papel con contaminantes pesados	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta sin grapas, clips, piedras, etc.	
Nº	Actividad	Descripción
1	Encender bomba	Se enciende el motor de la bomba que alimenta al limpiador centrífugo de pesados.
2	Revisar presiones de alimentación y de salida	Se revisa que el equipo trabaje en las presiones establecidas en el estándar.
3	Verificar tiempo de purga del LCP	Se revisa el tiempo de trabajo del equipo
4	Validar el rechazo del LCP	Se valida que el equipo esté separando los contaminantes pesados.

La figura 5.14 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual de la limpieza centrífuga de pesados.

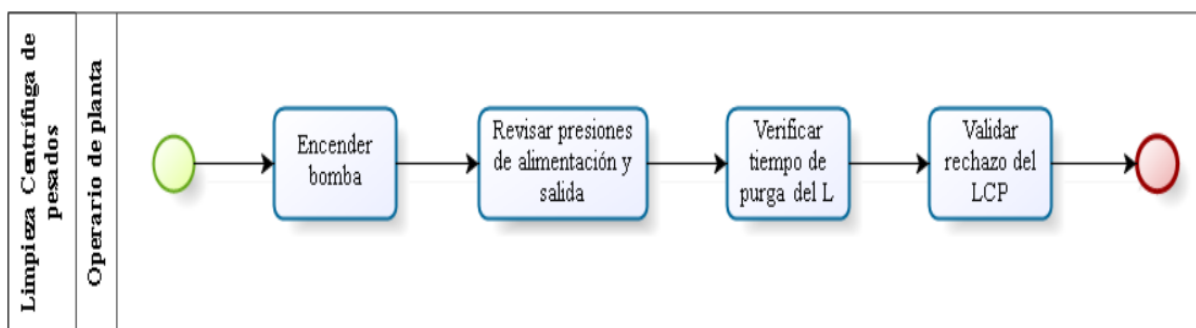



Figura 5.14. Diagrama de flujo: Limpieza centrífuga de pesados

5.2.5. Tamizado grueso

La tabla 5.5 muestra los procesos detallados del tamizado grueso.

Tabla 5.5. Levantamiento de procesos: Tamizado grueso

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Tamizado grueso
	Código	PP2-SH001/PP2-Z001
Objetivo	Limpiar contaminantes de tamaño pequeño mayor a 1.6 mm	
Entradas	Pasta de papel con contaminantes pequeños	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta sin plásticos ni contaminantes mayores a 1.6 mm	
Nº	Actividad	Descripción
1	Encender Screen Horizontal	Se enciende el motor del equipo screen horizontal
2	Revisar presiones de alimentación y de salida	Se revisa que el equipo trabaje en las presiones establecidas en el estándar.
3	Encender la zaranda	
4	Validar el rechazo de la zaranda	Se valida que el equipo esté separando los contaminantes mayores a 1.6 mm.

La figura 5.15 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual del tamizado grueso.

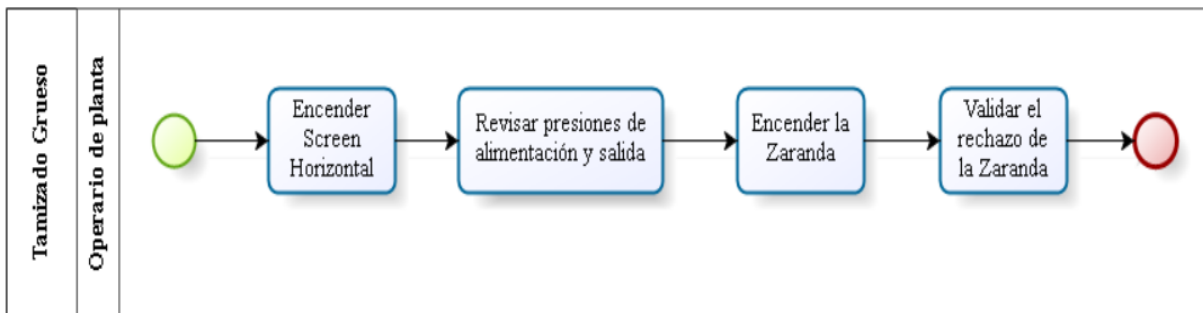



Figura 5.15. Diagrama de flujo: Tamizado Grueso

5.2.6. Destintado

La tabla 5.6 muestra los procesos detallados del destintado.

Tabla 5.6. Levantamiento de procesos: Destintado

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Destintado
	Código	PP2-CD001
Objetivo	Separar la tinta de la fibra	
Entradas	Pasta de papel con tinta	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta de papel con menor cantidad de tinta	
Nº	Actividad	Descripción
1	Encender celda de destintado	Se enciende la celda de destintado
2	Revisar nivel de espuma	Se revisa físicamente el nivel de espuma que tiene la celda de destintado
3	Realizar análisis de consistencia	Se verifica que la consistencia de alimentación de la celda sea menor a 1.2%.
4	Abrir válvula de agua	Se abre la válvula manual de agua milimétricamente si la consistencia es mayor a 1.2%.
5	Verificar consistencia de rechazo	Se verifica la consistencia de rechazo de la celda.

La figura 5.16 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual del destintado.

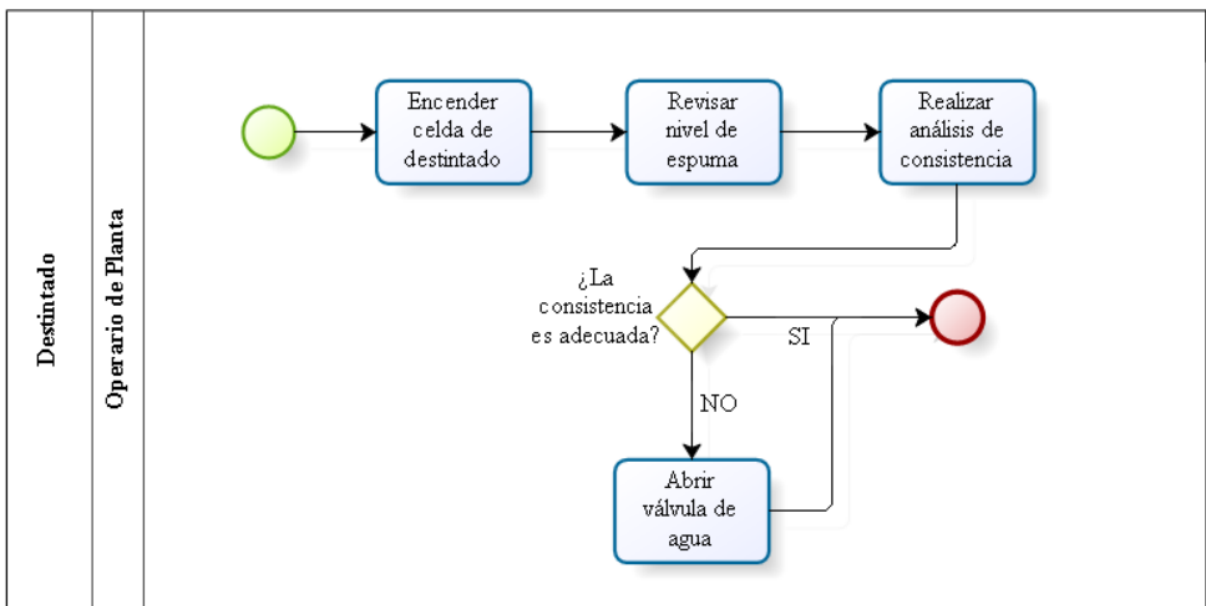



Figura 5.16. Diagrama de flujo: Destintado

5.2.7. Limpieza centrífuga de livianos

La tabla 5.7 muestra los procesos detallados de la limpieza centrífuga de livianos.

Tabla 5.7. Levantamiento de procesos: Limpieza centrífuga de livianos

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	limpieza centrífuga de livianos
	Código	PP2-LCL001
Objetivo	Separar de la pasta los contaminantes livianos	
Entradas	Pasta de papel con arena y tierra	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta de papal sin arena y tierra	
Nº	Actividad	Descripción
1	Encender bomba de pasta	Se enciende la bomba que alimenta a los limpiadores centrífugos de livianos
2	Verificar tiempo de trabajo	Se verifica el tiempo de trabajo de los limpiadores centrífugos de livianos
3	Validar el rechazo de los LCL	Se valida que el equipo esté separando los contaminantes livianos
4	Verificar consistencia de rechazo	Se verifica la consistencia de rechazo del LCP

La figura 5.17 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual de la limpieza centrífuga de contaminantes livianos.

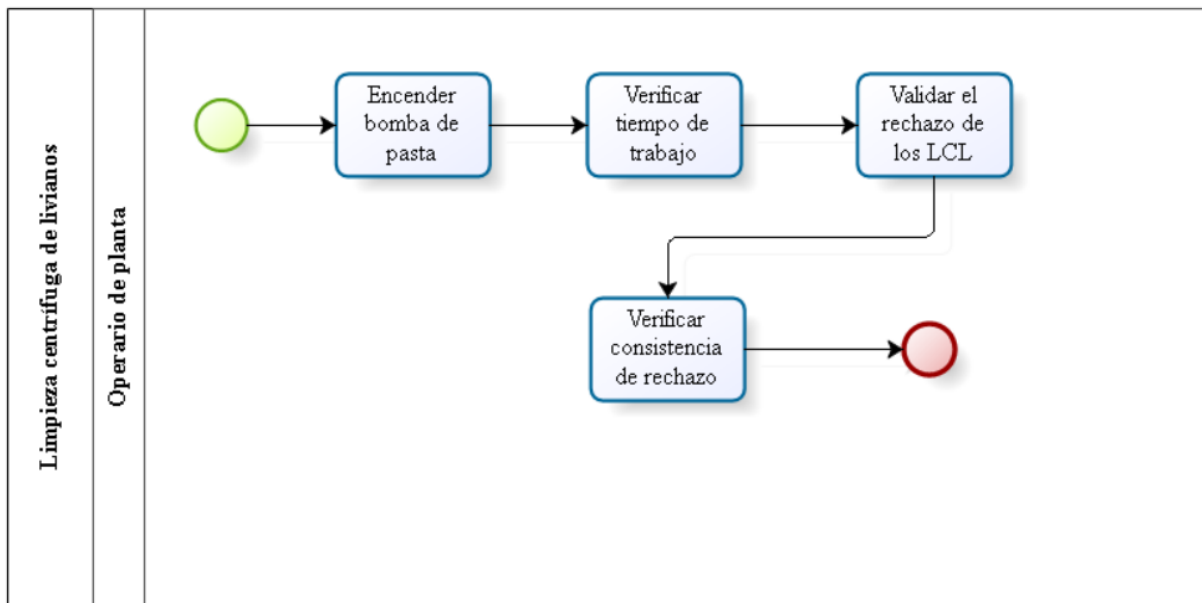



Figura 5.17. Diagrama de flujo: Limpieza centrífuga de livianos

5.2.8. Espesado

La tabla 5.8 muestra los procesos detallados del proceso de espesado.

Tabla 5.8. Levantamiento de procesos: Espesado

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Espesado
	Código	PP2-E001
Objetivo	Subir la consistencia de 1.2% a 3.5%	
Entradas	Pasta de papel con baja consistencia	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta de papal con alta consistencia	
Nº	Actividad	Descripción
1	Encender el Espesador	Se enciende el espesador desde el tablero eléctrico
2	Ajustar velocidad	Se ajusta la velocidad a
3	Verificar presiones de las duchas	Se verifica que la presión de las duchas esté entre 55-60 psi.
4	Verificar consistencia de salida	Se verifica la consistencia de salida del espesador

La figura 5.18 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual del Espesado.

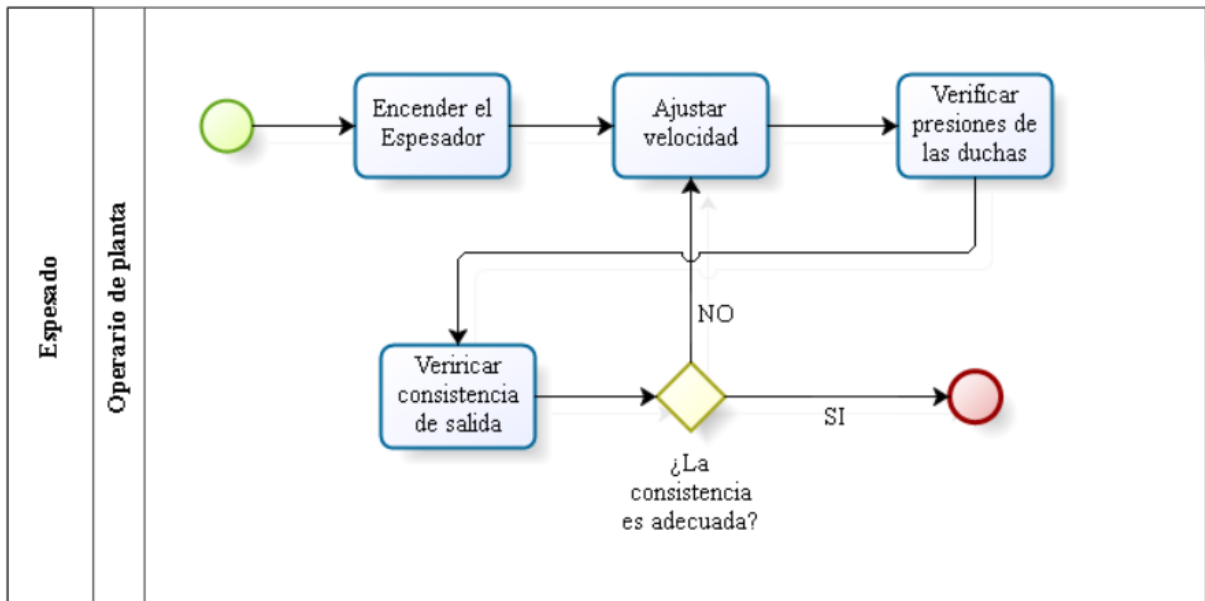



Figura 5.18. Diagrama de flujo: Espesado

5.2.9. Tamizado fino

La tabla 5.9 muestra los procesos detallados del tamizado o cribado fino.

Tabla 5.9. Levantamiento de procesos: Tamizado fino

	Proceso	Planta de preparación de pasta 2
	Subproceso	Tamizado fino
	Código	PP2-SV001
Objetivo	Retirar las gomas de la pasta	
Entradas	Pasta de papel con gomas	
Recursos	Operario, energía eléctrica y agua	
Salidas	Pasta de papal sin gomas	
Nº	Actividad	Descripción
1	Arrancar secuencia de Screen One	Se arranca la secuencia del screen one.
2	Verificar presión de agua	Se verifica en el DCS que la presión de la línea de agua se encuentre entre 4-6 bar.
3	Verificar flujos de dilución	Se verifica en el DCS que los flujos de dilución estén en condiciones estándar.
4	Verificar flujos de pasta aceptada	Se verifica en el DCS que los flujos de pasta aceptada estén en condiciones estándar.
5	Verificar consistencia de alimentación	Se verifica que la consistencia de alimentación del Screen One esté entre 3-3.5%.
6	Realizar análisis de consistencia de rechazo del Screen One	Se verifica que la consistencia de rechazo del Screen One esté entre 1-1.5%.

La figura 5.19 muestra el diagrama de flujo del subproceso a fin de representar el modelo actual del Tamizado fino.

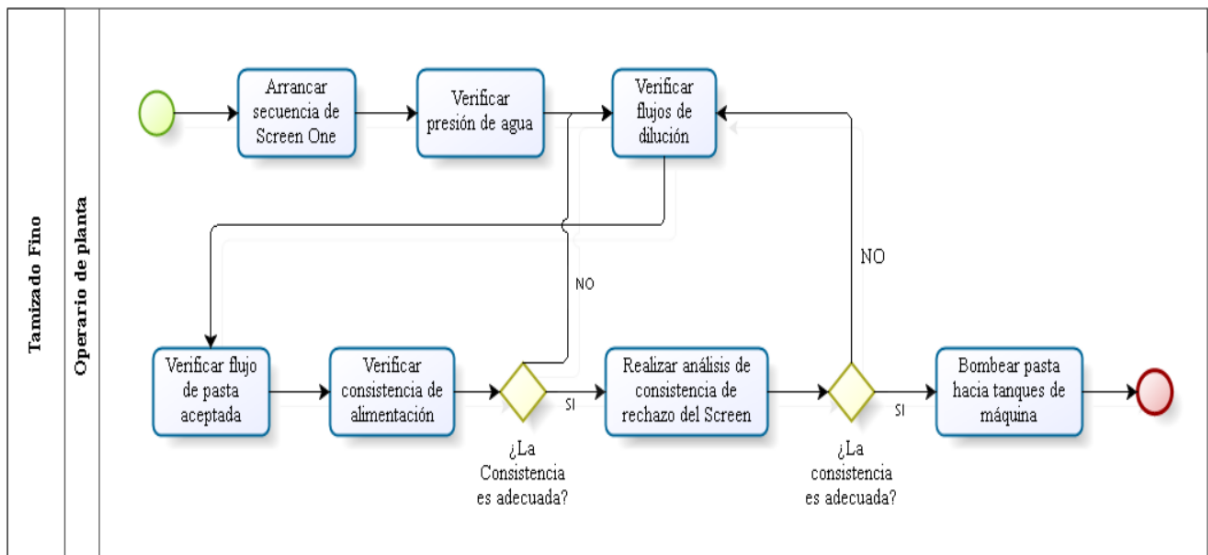


Figura 5.19. Diagrama de flujo: Tamizado Fino

5.3. Variables involucradas para la fabricación de limpión industrial

En la tabla 5.10 se muestra las variables de cada equipo involucrado para la preparación de pasta de limpión industrial, donde; la consistencia es la determinación de la concentración de fibras en suspensiones acuosas, cada equipo tiene un rango de trabajo en cuanto a consistencia, en caso de no controlarla, ya sea de manera manual o automática los equipos generalmente se obstruyen y dejan de producir, de la misma manera es esencial el control de la consistencia de rechazo de los diferentes equipos de limpieza ya que esto afecta directamente a los costos de la materia prima utilizada en el proceso de preparación de pasta.

El pH es la medida de acidez o alcalinidad de las soluciones de pasta del proceso, donde su rango debe estar en el estándar para garantizar las condiciones óptimas y conseguir las reacciones químicas de manera eficiente.

El control del tiempo de pulpeo en la planta son fundamentales para garantizar la correcta desintegración de la materia prima, cuando mayor es el tiempo de pulpeo las fibras tienden a generar finos o cortarse y cuando el tiempo de pulpeo es muy bajo las fibras no se separan adecuadamente.

Los tiempos de Lavado, descarga y purga de desechos se cambia de acuerdo a la cantidad de contaminantes que presente la materia prima, cuando mayor carga de contaminantes tenga la pasta, los lavados automáticos, las purgas y descargas serán más seguidas para evitar el atascamiento de los diferentes equipos de limpieza de la planta de preparación de pasta.

El control de la presión de cada uno de los equipos es fundamental ya que de esta dependerá la correcta limpieza de la fibra en base a los diferenciales de presión, las variaciones de presión en el proceso también sirven para darnos cuenta si los equipos están operando de manera adecuada.

El nivel de espuma nos indica si la pasta está siendo destintada adecuadamente, depende directamente de la consistencia de alimentación, jabón y succión de aire de la atmósfera. Cuando el nivel de espuma se encuentra fuera del rango establecido nos indica que alguna de las variables no se está cumpliendo.

Los flujos de la pasta son controlados automáticamente por medio de lasos de control cerrados, donde intervienen válvulas proporcionales, sensores y transmisores para llevar a cabo el control del flujo requerido, tanto de agua como de pasta en cada etapa del proceso.

Tabla 5.10. Variables de proceso de la planta de preparación de pasta dos

VARIABLE	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
PULPER 1 y 2 (PP2-P001/PP2-P002)			
Consistencia de trabajo	%	16	18
pH	pH	6	8
Tiempo de pulpeo	min.	15	20
PERA DE VACIADO (PP2-PV001)			
Tiempo de descarga	min.	8	10
Tiempo de lavado	min.	3	5
Tiempo de purga	s	20	30
LIMPIADOR CENTRÍFUGO DE PESADOS (PP2-LCP001)			
Consistencia de ingreso	%	3	3.5
Presión de entrada	psi	12	15
Presión de salida	psi	8	12
Tiempo de purga	s	20	30
SCREEN HORIZONTAL (PP2-SH001)			
Consistencia de entrada	%	3.5	4
Presión de entrada	psi	12	15
Presión de salida	psi	6	8
Tiempo de purga	s	4	6
CELDA DE DESTINTADO (PP2-C001)			
Consistencia de entrada	%	1	1.2
Nivel de espuma	mm	15	25
Consistencia de rechazo	%	3	5
LIMPIADORES CENTRÍFUGOS DE LIVIANOS (PP2-LCL001)			
Consistencia de entrada	%	1.2	1.4
Consistencia de rechazo	%	0.8	1
Tiempo de purga	s	3	5
ESPESADOR (PP2-E001)			
Consistencia de entrada	%	1.2	1.4
Consistencia de salida	%	3.5	4.0
Velocidad	rpm	550	750
Presión de las duchas	psi	60	65
SCREEN ONE (PP2-SV001)			
Consistencia de entrada	%	3.2	3.8

Consistencia de aceptado	%	2.7	3.3
Consistencia de rechazo	%	1.2	1.8
Flujo de aceptado 1	m^3/h	30	45
Flujo de aceptado 2	m^3/h	15	25
Flujo de aceptado 3	m^3/h	5	15
Flujo de rechazos	m^3/h	1	2
Flujo de dilución 1	m^3/h	3	7
Flujo de dilución 2	m^3/h	4	9
Flujo de dilución 3	m^3/h	9	13
Presión de entrada	bar	1.5	3

OBJETIVO 2:

Identificar oportunidades de mejora en los procesos de la planta de preparación de pasta de la línea de producción dos

La matriz de decisiones se basa en la metodología de Análisis Multicriterio que ayuda a tomar decisiones en situaciones donde se deben evaluar múltiples opciones o alternativas considerando varios criterios, que pueden ser tanto cuantitativos como cualitativos[27].

El AMC (Análisis multi criterio) es una herramienta analítica que permite evaluar distintas propuestas de medidas de adaptación a partir de un conjunto diverso de criterios, a los que se asignan distintos pesos según el nivel de importancia que las personas evaluadoras consideran que deben tener[28].

Un rango de 1 a 100 permite asignar una escala más precisa para diferenciar la relevancia de los criterios y la suma total de los pesos debe ser 100%, para representar la proporción de importancia relativa de todos los criterios y ponderar del 1 al 10 es más fácil para evaluar y comparar opciones, porque el rango es lo suficientemente amplio para distinguir el desempeño, pero no tan grande como para ser confuso.

Para elegir la metodología adecuada para el rediseño del sistema de remoción de gomas, con el objetivo de reducir los rechazos generados en producto semielaborado limpión industrial, se llevó a cabo una matriz de caracterización con el método de ponderación, analizando varias metodologías utilizadas para mejorar procesos industriales.

5.4. Criterios Propuestos y Ponderaciones

- Enfoque en Reducción de Defectos (Peso: 30): La capacidad de la metodología para reducir defectos específicos, como el problema de gomas.
- Identificación de Causas Raíz (Peso: 20): La efectividad de la metodología en encontrar causas raíz del problema.
- Medición de Impacto y Resultados (Peso: 15): Cómo facilita la metodología la medición del impacto de las mejoras implementadas.
- Adaptabilidad y Flexibilidad (Peso: 15): La facilidad de aplicar la metodología en diferentes partes del proceso.
- Conocimiento en la metodología (Peso: 20): Cuanto conocimiento tiene el evaluador en cuanto a las metodologías de mejora de procesos.

En la tabla 5.11 se muestra la evaluación sobre metodologías utilizadas para mejorar procesos.

Tabla 5.11. Evaluación de metodologías de mejora de procesos

Criterio	Peso	Six Sigma (DMAIC)	Lean Manufacturing	Kaizen	Gestión de Proyectos
Enfoque en la reducción de defectos	30	10	7	6	5
Identificación de causa raíz	20	9	8	7	6
Medición de impacto y resultados	15	8	6	5	10
Adaptabilidad y flexibilidad	15	10	9	8	6
Conocimiento en la metodología	20	8	7	5	5
Puntuación Total	100	910	735	615	610

5.5. Interpretación de Resultados

- **Six Sigma (DMAIC)** obtiene la puntuación más alta (910), lo que sugiere que es la metodología más adecuada para realizar el proyecto. Sobresale en la reducción de

defectos, identificación de causas raíz, y medición de impacto, aspectos cruciales para un rediseño de sistemas en una línea de producción.

- **Lean Manufacturing** también es una opción sólida (735) y complementaria para identificar fuentes de desperdicio y optimizar el flujo, lo cual puede ser útil junto con Six Sigma.
- **Kaizen** puede ser útil para implementar mejoras graduales y sostenibles, pero puede no ser tan efectivo en la identificación de causas raíz o en la reducción de defectos críticos.
- **Gestión de Proyectos** es menos adecuada para este tipo de mejora de procesos, aunque es útil para gestionar cronogramas y recursos en proyectos de cambios estructurales o tecnológicos.

Con los resultados obtenidos en la matriz de decisiones, DMAIC sería la opción más adecuada para realizar el proyecto de rediseño del sistema de remoción de contaminantes, ya que demuestra ser muy eficaz para la reducción de defectos en procesos de manufactura y utiliza un enfoque estructurado de cinco etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

La estructura de esta metodología me permitirá mejorar el proceso basada en datos y obtener mediciones claras del impacto de cada cambio.

Con DMAIC, podré:

- **Definir:** El problema (rechazo por defecto de gomas) y los objetivos de reducción de rechazo.
- **Medir:** Los niveles actuales de defectos por gomas y pérdidas de la línea de producción dos.
- **Analizar:** La causa raíz de los defectos, enfocándome en puntos críticos.
- **Mejorar:** Implementar cambios específicos en el sistema de remoción de contaminantes.
- **Controlar:** Los resultados a través de monitoreo, seguimiento y ajustes continuos.

5.6. DEFINIR

En la primera fase de la metodología se determinó cuál es el proyecto de mejora. En conjunto con la administración del área de molinos se identificaron las necesidades, se definió el problema y el alcance del proyecto mediante las siguientes herramientas: Diagrama de flujo y diagrama de Pareto.

5.6.1. Definición del problema

En la empresa Grupo Familia existe dos líneas de producción, el limpión industrial se fabrica en la línea de producción dos. En el caso específico del código de limpión industrial, no se utiliza el sistema de remoción de gomas debido a la secuencia actual del proceso. Como resultado, los rechazos por defecto de gomas son evidentes, lo que indica que la presencia de gomas en la pasta es un problema netamente de la planta de preparación de pasta y no de procesos posteriores.

La falta de uso del sistema de remoción de gomas (screen one) en la referencia de limpión industrial está directamente relacionada con los rechazos por defecto de gomas ya que las referencias (SKU) de producción que utilizan el sistema de remoción de gomas no presentan rechazos por este tipo de defecto como se puede observar en la figura 5.20.

En los códigos de producción donde sí se utiliza el sistema de remoción de gomas, se observa una ausencia de rechazos por defecto de gomas en el semielaborado. Esto sugiere que el sistema de remoción es eficaz para eliminar las gomas de la pasta, garantizando la calidad del producto.

Este enfoque permite dirigir nuestros esfuerzos hacia la mejora del proceso en la planta de preparación de pasta dos, donde se generan las condiciones que afectan la calidad del limpión industrial, como la presencia de contaminantes, la consistencia del material y la optimización en la remoción de impurezas, lo que impacta directamente en la reducción de rechazos por defecto de gomas.

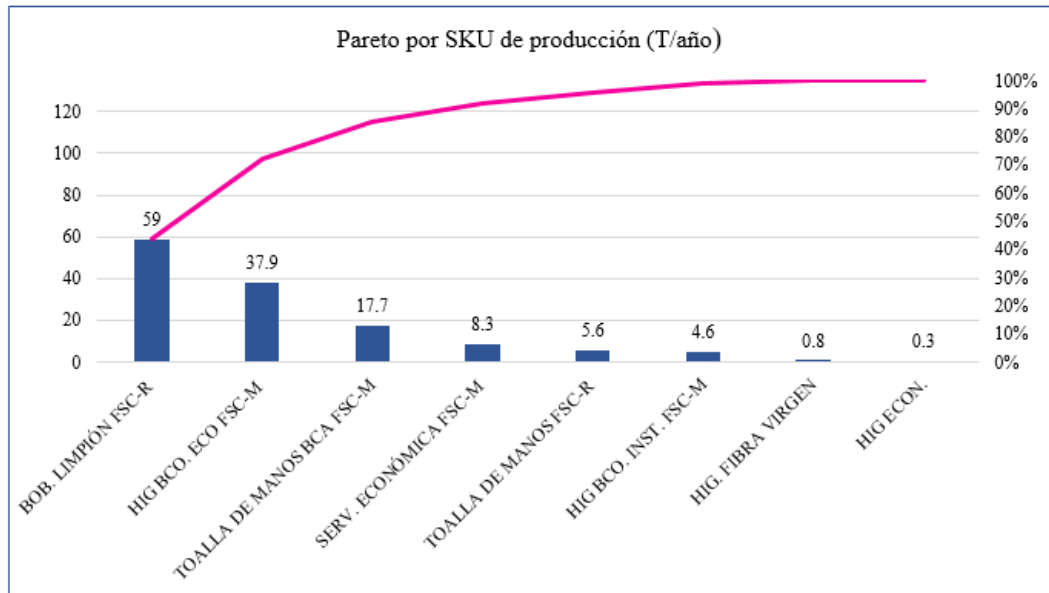


Figura 5.20. Toneladas de desperdicio por SKU en el periodo Jun 2023-Jul 2024

Después de identificar los procesos que intervienen en la fabricación de limpión Industrial se procedió a analizar datos del desperdicio generado en la línea productiva, donde la mayor cantidad de defectos se presentan por la presencia de gomas en el semielaborado que pasa a conversión, y dentro de este rechazo, el 44% de PNC (producto no conforme) corresponden a las producciones de limpión industrial como se muestra en la figura 5.21.

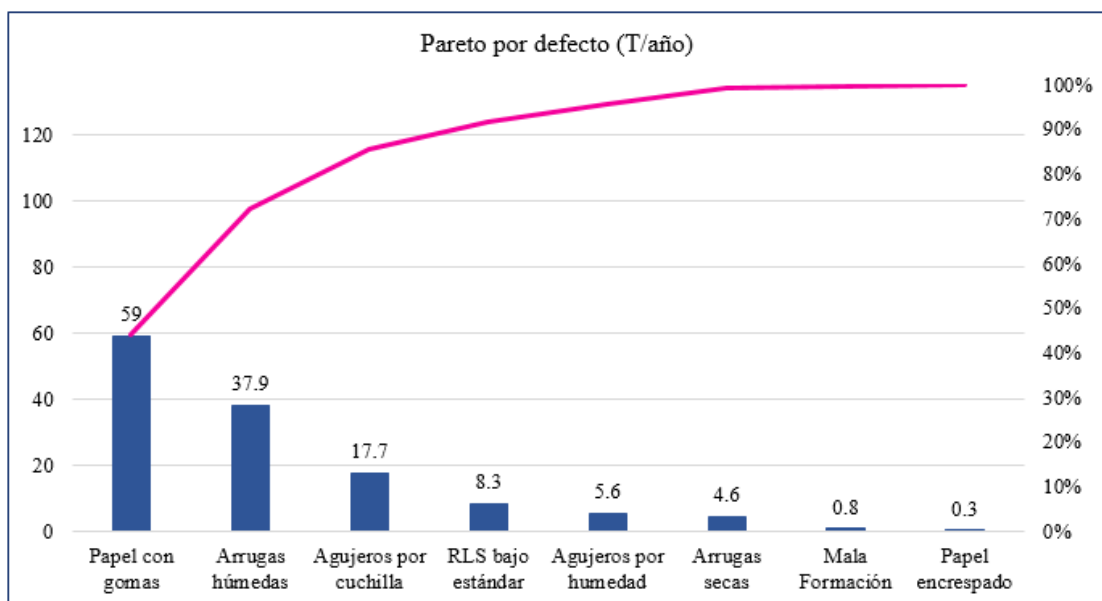


Figura 5.21. Toneladas de desperdicio por defectos en el periodo Jun 2023-Jul 2024

5.6.2. Alcance del proyecto

Para el alcance del proyecto se definió como meta reducir entre un 60-80% como mínimo de toneladas de desperdicio por defecto de gomas en limpión industrial, es decir que luego del rediseño, de las 59 toneladas se reducirán a 35,4 – 47,2 toneladas de desperdicio, teniendo en

cuenta que cada tonelada de limpión industrial producida tiene un costo de 751,47 USD, reflejaría un ahorro anual entre 26.602,04 USD y 35.469,38 USD por rechazos debido a semielaborado con defectos de gomas.

5.7. MEDIR

5.7.1. Costos de rechazo por gomas

En la gráfica 5.22 se muestran los costos asociados al limpión industrial por defecto de gomas en la línea de producción dos, donde se tiene una pérdida económica de \$44.998,78 en un periodo de 12 meses. Estos datos fueron proporcionados por el feje de producción del área de molinos, donde fueron extraídos del sistema SAP que maneja la empresa para administración de la producción.

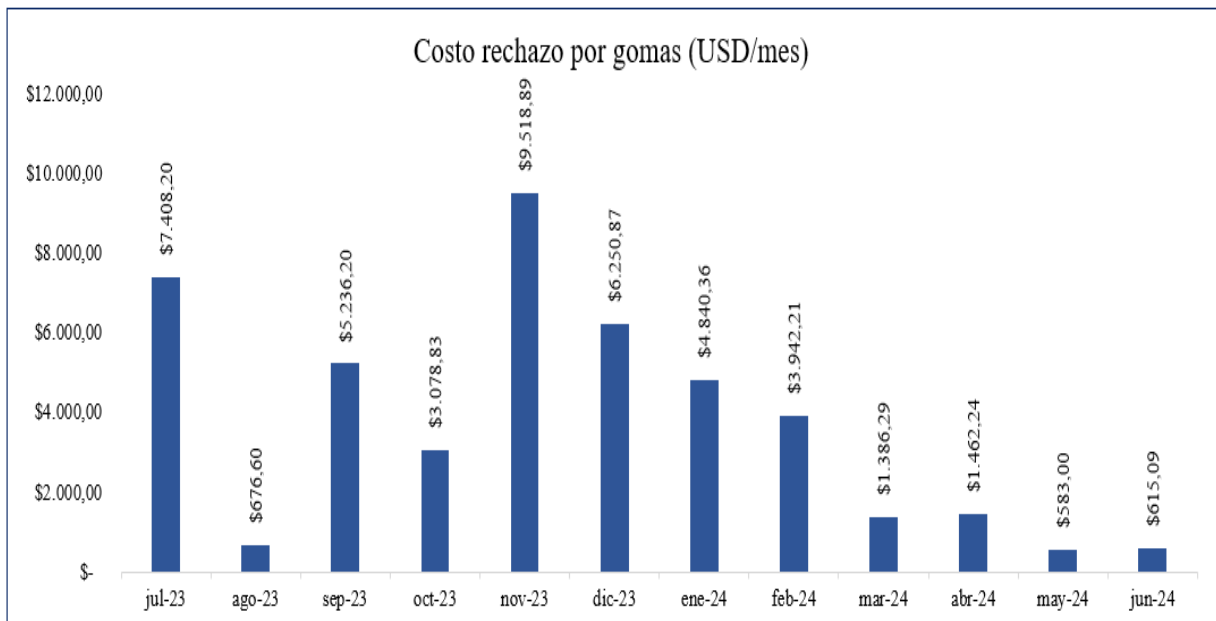


Figura 5.22. Costos de desperdicio Jul 2023-Jun 2024

5.7.2. Pérdida de fibra en el sistema de remoción de gomas

En la tabla 5.12 se muestra los datos de consistencia de alimentación al sistema de remoción de gomas, estos fueron tomados de una base de datos que cuenta la línea de producción y se tomó en cuenta datos de todas las referencias de producción para analizar el comportamiento de la consistencia de alimentación al equipo.

Tabla 5.12. Datos de consistencia de alimentación del Screen One

Consistencia Alimentación (%)					
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio/mes
Jul-23	3.48	3.96	3.39	3.25	3.52

Ago-23	3.36	3.39	3.39	3.48	3.41
Sep-23	3.52	3.62	3.48	3.47	3.52
Oct-23	3.62	3.48	3.25	3.65	3.5
Nov-23	3.25	3.39	3.52	3.65	3.45
Dic-23	3.42	3.26	3.52	3.65	3.46
Ene-24	3.85	3.56	3.25	3.45	3.53
Feb-24	3.58	3.26	3.52	3.42	3.45
Mar-24	3.28	3.52	3.56	3.48	3.46
Abr-24	3.42	3.38	3.48	3.53	3.45
May-24	3.32	3.75	3.46	3.45	3.5
Jun-24	3.35	3.29	3.46	3.55	3.41

En la gráfica 5.23 se puede observar que la mayoría de los datos se posicionan en el estándar de consistencia (3.2-3.8 %), con tendencia ligeramente hacia el límite inferior. Esto nos indica que el proceso en la alimentación al equipo se encuentra dentro de los estándares establecidos por los ingenieros de proceso.

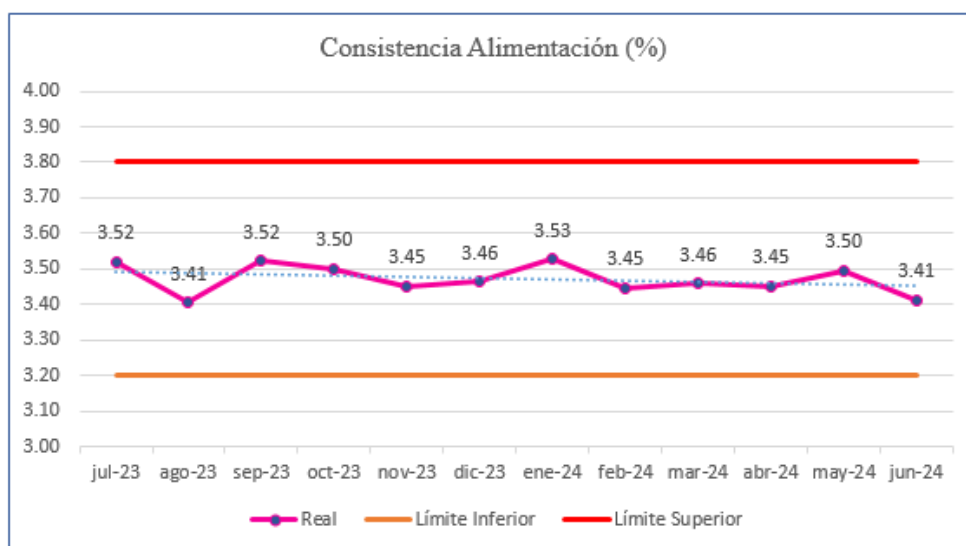


Figura 5.23. Consistencia de alimentación screen one

En la tabla 5.13 se muestra los datos de consistencia de salida o aceptado al sistema de remoción de gomas.

Tabla 5.13. Datos de consistencia de aceptado del Screen One

Consistencia Aceptado (%)					
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio/mes
Jul-23	2.89	3.05	3.08	2.99	3.00
Ago-23	3.11	3.12	2.89	3.12	3.06
Sep-23	2.99	2.79	2.99	3.09	2.97
Oct-23	2.88	2.79	3.12	3.16	2.99
Nov-23	2.99	3.11	3.05	2.98	3.03
Dic-23	2.99	3.15	3.22	3.02	3.1

Ene-24	2.92	2.89	2.96	3.11	2.97
Feb-24	2.87	3.01	3.06	2.85	2.95
Mar-24	3.1	3.08	3.01	3.12	3.08
Abr-24	2.88	2.99	2.96	3.09	2.98
May-24	3.05	3.12	3.08	3.11	3.09
Jun-24	2.98	2.87	2.89	2.96	2.93

En la gráfica 5.24 se puede observar que todos los datos de aceptado cumplen con las especificaciones. La mayoría de estos se encuentran dentro de estándar definido entre 1,-3,3% de consistencia.

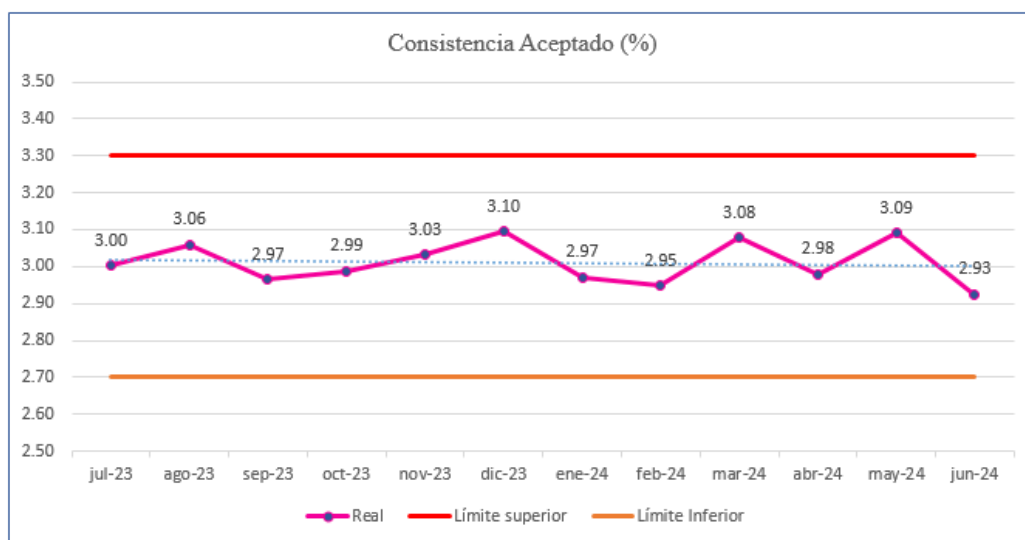


Figura 5.24. Consistencia de aceptado screen one

En la tabla 5.14 se muestra los datos de consistencia de rechazo al sistema de remoción de gomas. A partir de la consistencia se podrá calcular la pérdida de fibra que existe en el rechazo del sistema.

Tabla 5.14. Datos de consistencia de rechazo del Screen One

Consistencia Rechazo (%)					
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio/mes
Jul-23	1.48	1.46	1.42	1.62	1.5
Ago-23	1.39	1.52	1.49	1.69	1.52
Sep-23	1.46	1.65	1.14	1.39	1.41
Oct-23	1.62	1.64	1.49	1.5	1.56
Nov-23	1.55	1.48	1.46	1.62	1.53
Dic-23	1.48	1.46	1.51	1.58	1.51
Ene-24	1.56	1.53	1.48	1.6	1.54
Feb-24	1.56	1.48	1.37	1.52	1.48
Mar-24	1.56	1.58	1.62	1.41	1.54
Abr-24	1.49	1.58	1.42	1.39	1.47
May-24	1.32	1.39	1.38	1.85	1.49
Jun-24	1.58	1.7	1.35	1.29	1.48

En la gráfica 5.25 se observa un comportamiento bastante controlado en cuanto a los resultados de consistencia en el rechazo del equipo, la mayoría de los datos se concentran en el valor entre 1,2-1,8%1.5.

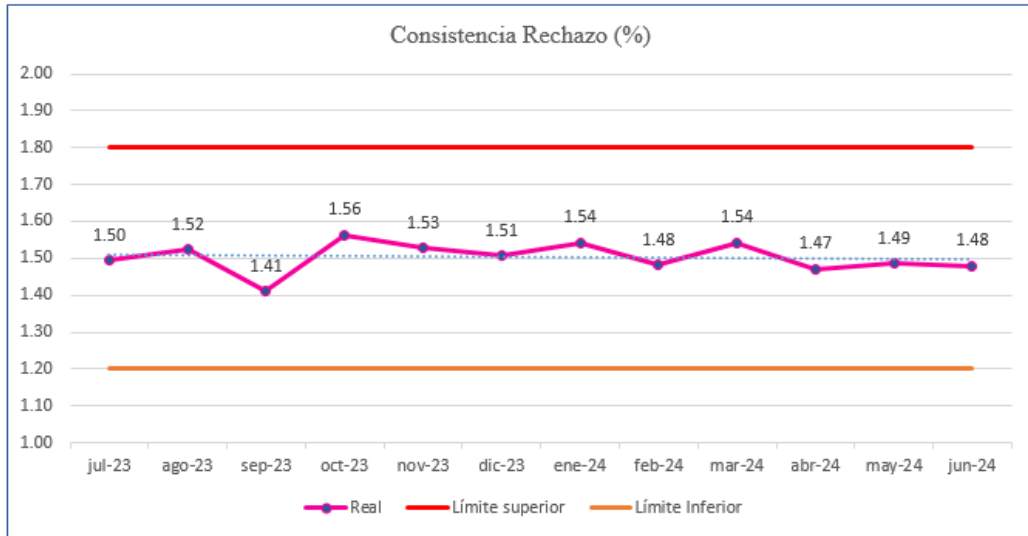


Figura 5.25. Consistencia de rechazo screen one

5.7.3. Cálculo de la consistencia de la pasta

En base a una muestra de pasta que pesa 100 g, peso del papel filtro 1.499 g, y un peso de la muestra de pasta seca de 3,00 g, se calcula la consistencia como sigue. Ver fórmula 5.1

$$\%C = \frac{PMS - Pf}{PM} * 100 \quad (5.1)$$

$$\%C = \frac{3,00 - 1,499 \text{ g}}{100 \text{ g}} * 100$$

$$\%C = \frac{1,501 \text{ g}}{100 \text{ g}} * 100$$

$$\%C = 1.5$$

PMS = Peso de la muestra seca

Pf = Peso del papel filtro

PM = Peso de la muestra

5.7.4. Costo por pérdida de fibra en el sistema de remoción de gomas estado actual

Mediante el dato de consistencia y el flujo de pasta de 1 m³ /h proporcionado por el sensor y transmisor de flujo instalado en este punto se calcula la pérdida del subproceso de limpieza de fibra en kg/día. Ver fórmula 5.2.

$$\frac{Kg}{día} = Flujo * Consistencia \quad (5.2)$$

$$\frac{kg}{día} = \frac{1m^3}{h} * \frac{1.5 kg}{100 l} * \frac{1000 l}{1 m^3} * \frac{24h}{1 d} *$$

$$\frac{kg}{día} = 360$$

Sabiendo que en un día se pierde 360 kg en el rechazo del screen one, en un mes se pierde. Ver Fórmula 5.3.

$$\frac{Kg}{mes} = Pérdida día * 30 días \quad (5.3)$$

$$\frac{kg}{mes} = Pérdida por día * 30días$$

$$\frac{kg}{mes} = 360 kg * 30días$$

$$\frac{kg}{mes} = 10800$$

Sabiendo que actualmente cada tonelada de materia prima tiene un costo de \$474 entonces el costo de la pérdida de fibra en el rechazo del screen one cada mes es de: Ver fórmula 5.4.

$$Pérdida USD mes = Costo materia prima * Toneladas perdidas en el screen one \quad (5.4)$$

$$Pérdida USD mes = 474 * 10.8$$

$$Pérdida USD mes = 5.119,20$$

Sabiendo que en un mes se pierde \$5119.2 en el rechazo del screen one, la pérdida en un año en las condiciones actuales es de. Ver fórmula 5.5.

$$Pérdida USD año = Pérdida USD mes * 12 meses \quad (5.5)$$

$$\text{Pérdida USD año} = \text{Pérdida USD mes} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Pérdida USD año} = 5119.2 * 12$$

$$\text{Pérdida USD año} = 61.430,40$$

5.7.5. Monitoreo de consistencia en el proceso de preparación de pasta

En la tabla 5.15 se analiza la consistencia en diferentes puntos de la planta de preparación de pasta para ver si hay fluctuaciones y hacer un análisis de variación para comprender cómo y cuándo la consistencia se acerca al 2%.

Tabla 5.15. Datos de consistencia del proceso de la planta de preparación de pasta

Monitoreo de la Consistencia en el proceso								
N°	TP001 (%)	TP002 (%)	Entrada celda (%)	Salida celda (%)	Entrada Espesador (%)	Salida Espesador (%)	Entrada Screen One (%)	Salida Screen One (%)
1	4,26	3,52	1,18	1,05	1,06	3,55	3,52	2,98
2	4,36	3,62	1,28	1,16	1,15	3,52	3,5	2,89
3	4,58	3,48	1,26	1,21	1,2	3,48	3,42	3,05
4	3,99	3,58	1,12	1,13	1,12	3,39	3,3	3,06
5	4,85	3,48	1,13	1,05	1,08	3,49	3,42	2,96
6	4,36	3,52	1,16	1,06	1,05	3,56	3,62	2,89
7	4,95	3,45	1,15	1,08	1,06	3,62	3,58	3,1
8	4,25	3,25	1,25	1,09	1,1	3,55	3,49	2,89
9	4,26	3,39	1,5	1,15	1,12	3,63	3,58	2,96
10	3,85	3,52	1,47	1,14	1,16	3,65	3,6	3,02
11	3,95	3,45	1,39	1,09	1,1	3,72	3,68	3,08
12	4,05	3,46	1,45	1,08	1,12	3,55	3,5	2,95
13	4,36	3,42	1,46	1,11	1,15	3,52	3,39	2,9
14	3,85	3,49	1,25	1,21	1,25	3,48	3,4	2,96
15	3,69	3,42	1,12	1,19	1,2	3,58	3,52	3,02
16	4,58	3,52	1,02	1,16	1,21	3,52	3,47	3,05
17	4,38	3,52	1,05	1,15	1,1	3,5	3,48	3,08
18	4,12	3,45	1,12	1,08	1,05	3,49	3,58	3,1
19	4,09	3,42	1,05	1,05	0,9	3,48	3,39	2,95
20	4,05	3,39	1,05	1,12	0,98	3,58	3,5	2,96
21	3,98	3,52	1,25	1,07	0,85	3,46	3,41	2,89
22	3,85	3,56	1,05	1,12	1,21	3,58	3,49	2,79
23	3,99	3,52	1,32	1,16	1,25	3,68	3,65	2,99
24	4,12	3,52	1,22	1,18	1,29	3,62	3,68	3,15
25	4,16	3,42	1,14	1,2	1,18	3,48	3,42	3,12
26	4,15	3,12	1,25	1,14	1,17	3,42	3,49	3,1

27	3,98	3,26	1,19	1,17	1,12	3,39	3,46	3,05
28	3,89	2,62	1,2	1,09	1,05	3,32	3,25	3,16
29	4.89	3.29	1.17	1.13	1.05	3.5	3.5	3.12
30	4.5	3.44	1.4	1.23	1.19	3.28	3.28	3.02
31	4.45	3.37	1.35	1.12	1.11	3.22	3.22	3.06
32	4.38	4.02	1.43	1.03	0.95	3.32	3.32	3.1
33	4.6	3.8	1.28	1.2	0.92	3.42	3.42	2.98
34	4.3	3.56	1.32	1.26	0.89	3.19	3.19	2.96
35	4.25	3.52	1.42	1.32	1.2	3.28	3.28	2.89
36	3.58	3.63	1.25	1.15	1.18	3.33	3.33	3.1
37	3.85	3.75	1.12	1.05	1.25	3.19	3.19	3
38	3.65	3.25	1.15	1.01	1.16	3.45	3.45	3.05
39	4.26	3.36	1.12	1.09	1.18	3.52	3.52	3.12
40	4.45	3.45	1.23	1.18	1.22	3.55	3.55	3.19
41	3.95	3.52	1.18	1.12	1.23	3.48	3.48	3.12
42	3.95	3.6	1.15	1.08	1.24	3.46	3.46	3.06
43	4.12	3.75	1.12	1.05	1.15	3.29	3.29	3
44	4.26	3.85	1.16	1.06	1.12	3.43	3.43	2.98
45	4.2	3.68	1.2	1.11	1.15	3.48	3.48	2.85
46	5.68	4.03	1.75	1.58	1.29	3.55	3.55	2.79
47	5.2	4.58	1.25	1.12	1.3	3.62	3.62	3.12
48	4.25	3.52	1.45	1.35	1.2	3.68	3.68	3.15
Promedio	4.24	3.52	1.24	1.14	1.13	3.48	3.46	3.02

En la figura 5.26 se puede observar que la consistencia varía en cada etapa de la planta de preparación de pasta, esto debido a que cada subproceso y equipo requiere de una consistencia específica para poder operar de manera adecuada y realizar la limpieza de la fibra.

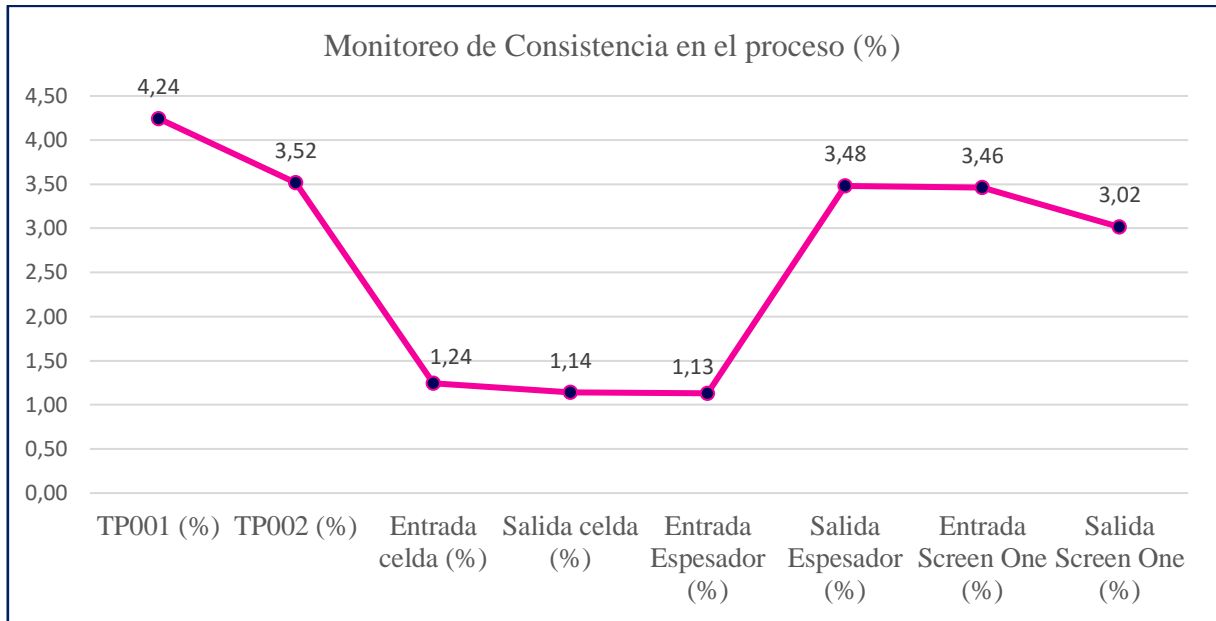


Figura 5.26. Monitoreo de consistencia del proceso

5.8. ANALIZAR

Para elegir la herramienta adecuada y llevar a cabo el análisis de causa raíz, con el objetivo de reducir los rechazos por defectos de gomas generados en producto semielaborado limpieza industrial, se realizó una matriz de caracterización con el método de ponderación, analizando varias herramientas utilizadas para analizar causas de los problemas.

En la tabla 5.16 se muestra la evaluación sobre herramientas para analizar causas raíces de problemas específicos.

Tabla 5.16. Evaluación de herramientas para análisis de causa raíz

Criterio	Peso	5 Por Qué?	Diagrama de Ishikawa	Análisis de fallos (FMEA)
Conocimiento de la herramienta	30	10	8	5
Adaptabilidad al problema	20	8	9	7
Tiempo requerido	15	10	7	6
Requisitos de datos	15	10	8	8
Efectividad	20	9	8	9
Puntuación Total	100	940	805	680

El método de los 5 Porqués es una técnica de análisis de causa raíz, originaria del Sistema de Producción de Toyota, que busca identificar las causas subyacentes de un problema. Funciona mediante una serie de preguntas consecutivas que profundizan en el origen del problema, preguntando repetidamente "¿Por qué?" hasta llegar a la causa raíz.

Aunque normalmente se realiza cinco veces, el número de preguntas puede variar según la complejidad del problema. La técnica no solo permite identificar la causa principal, sino también optimizar los procesos, eliminar problemas recurrentes y fomentar una cultura de mejora continua[29].

El impacto principal del uso de los 5 Porqués es que permite evitar soluciones superficiales y abordar los problemas de forma estructurada, lo que resulta en mejoras sostenibles a largo plazo. Al descubrir las causas subyacentes, las soluciones a ser más efectivas y duraderas, evitando que los problemas se repitan en el futuro. Este enfoque también promueve la comunicación abierta y la colaboración entre los miembros del equipo, lo que facilita la implementación de soluciones efectivas.

5.8.1. Identificar la causa raíz

Para identificar la causa raíz del problema se utilizó la herramienta de análisis 5 Por qué, ya que esta herramienta nos ayudará a descomponer el problema y encontrar las causas específicas de los defectos o los rechazos en el proceso.

En la gráfica 5.27 se muestra el resultado del análisis de causa raíz que se aplicó al problema de rechazo de semielaborado por presencia de gomas en la referencia de limpión industrial.

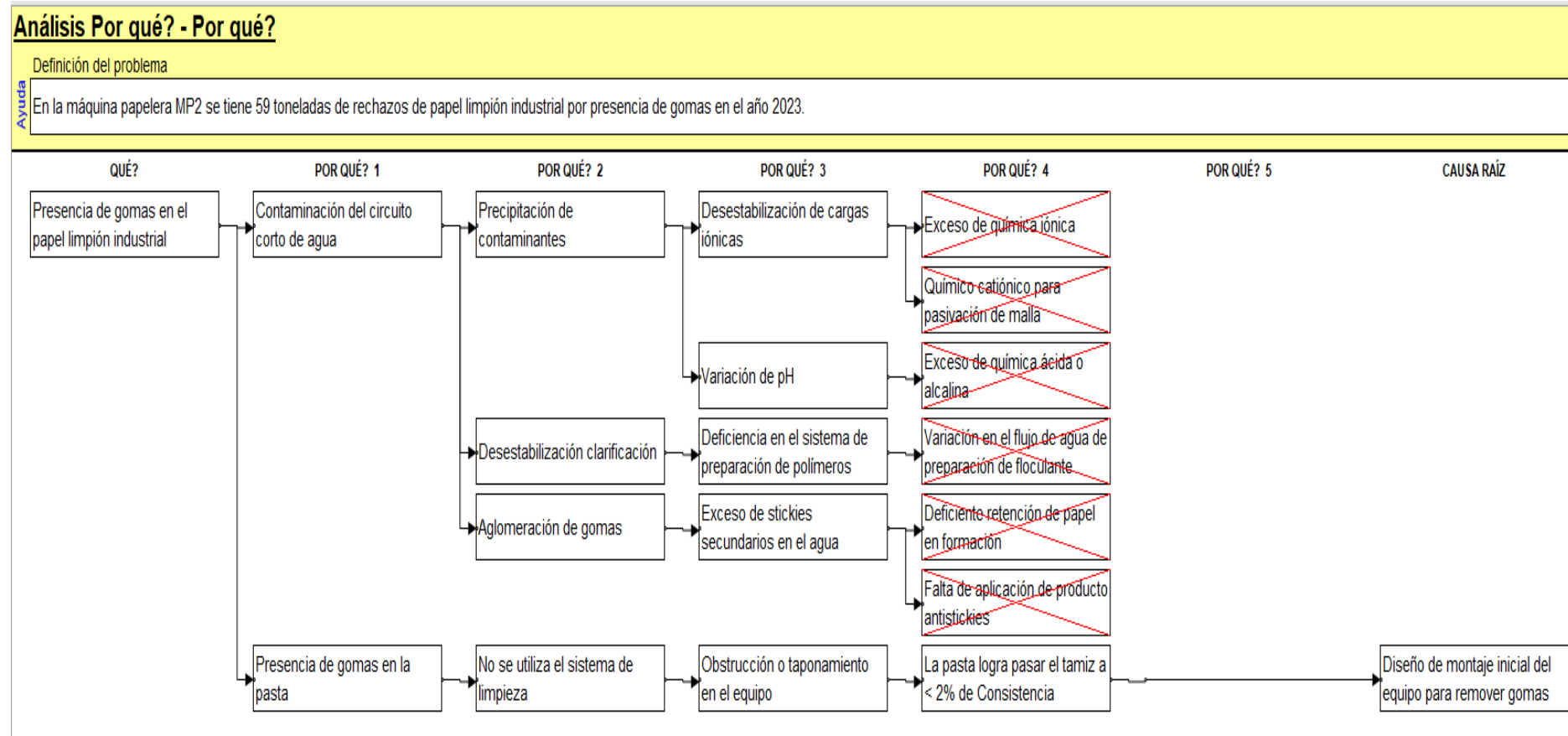


Figura 5.27. Análisis de causa raíz

5.8.2. Descripción del análisis 5 porqués

Se inicia con la definición del problema donde se menciona que en la máquina papelera se tiene 59 toneladas de rechazo por presencia de gomas en el semielaborado.

¿Qué? Presencia de gomas en el papel limpión industrial.

¿Por qué? 1: Se mencionan dos suposiciones, contaminación del circuito corto de agua que se puede dar debido a que la máquina necesita diluir la pasta para la formación de la hoja y presencia de gomas en la pasta que llega de la planta de preparación, donde generalmente todos los contaminantes se deben limpiar en el sistema de remoción de gomas (Screen One).

¿Por qué? 2: Se mencionan 4 suposiciones, la precipitación de contaminantes se pueden dar en caso que los agitadores de los tanques se encuentren apagados, la desestabilización del clarificador de agua se puede dar debido a falta de suministro de química, la aglomeración de gomas se puede dar por presencia de agentes coagulantes en la pasta y en el último supuesto se menciona que no se utiliza el sistema de remoción de gomas debido a la posición del equipo que se encuentra al final del proceso.

¿Por qué? 3: Se mencionan 5 suposiciones, la desestabilización de cargas iónicas se puede dar por falta de químicos catiónicos, la variación de pH se debe a la carga de contaminantes como la tinta de la materia prima, la deficiencia en el sistema de preparación de polímeros se puede deber a la falta de suministro de agua y químicos de clarificación, el exceso de stickies en el agua se puede deber por falta de refrescar los tanques con agua fresca y en el último supuesto del este porqué se menciona que el equipo se obstruye o se tapona al intentar pasar la pasta en la posición actual del equipo.

¿Por qué? 4: Se mencionan 7 suposiciones, se descarta el exceso de química iónica debido a que se cuenta con lazos de control automáticos para la dosificación, se descarta utilizar un químico catiónico para pasivar la malla de la máquina papelera es decir para que las gomas no se peguen en la malla, se descarta el exceso de química ácida o alcalina ya que no se dosifica en esta máquina ácido sulfúrico, se descarta la variación de flujo para la preparación de química para clarificación ya que se cuenta con una bomba independiente, se descarta la deficiente retención de papel en la formación, se descarta la aplicación de productos antistickies ya que estos contaminantes se deben limpiar en el sistema de remoción y en el último supuesto del este porqué se menciona que el equipo se obstruye por el exceso de consistencia.

Causa raíz: Después de analizar 4 porqués se llega a una conclusión del problema y se menciona que la pasta de la referencia de limpieón industrial logra pasar por el sistema de remoción de gomas sin inconveniente a una consistencia menor o igual a 2% de consistencia.

5.8.3. Oportunidades de Mejoras identificadas

En la tabla 5.17 se muestran las oportunidades de mejoras identificadas para el proceso de la planta de destintado.

Tabla 5. 17. Oportunidades de mejora

Nº	MEJORA	DESCRIPCIÓN
1	Reducción de consistencia	Al reducir la consistencia de la pasta de 3,5 % a 2,0 % en la alimentación, el equipo de remoción de contaminantes como son las gomas, este trabaja de manera más eficiente para el proceso.
2	Cambiar la dirección del flujo	Al cambiar la dirección del flujo, el equipo screen one pasará a operar antes de la celda de destintado, aprovechando la reducción de consistencia en la pasta.
3	Reducir el desperdicio en el sistema de remoción de gomas	Al reducir la consistencia de alimentación al sistema de remoción de gomas automáticamente se reducirá la consistencia en el rechazo del equipo y por ende se obtendrá un ahorro económico por pérdida de fibra.
4	Estabilidad de operación del sistema de remoción de gomas	Se busca aumentar el tiempo de trabajo del Screen One para que opere de forma continua durante el turno con un máximo de 1 o 2 paradas.

OBJETIVO 3:

Implementar las mejoras propuestas para reducir el rechazo generado por defecto de gomas entre 60-80% para verificar las ganancias para la empresa.

5.9. MEJORAR

5.9.1. Prueba piloto

Se realizaron pruebas de dilución controladas para medir la cantidad aproximada de agua necesaria para pasar de 3.5% a 2% en la alimentación del sistema de remoción de gomas sin comprometer la integridad del material y del equipo. Para las pruebas de dilución se utilizó el sistema de control de consistencia que se encuentra instalado antes del ingreso al equipo como se muestra en la figura 5.28. Este sistema de control de consistencia automático está compuesto de:

Bomba de pasta: Sirve para alimentar el flujo de pasta constantemente al equipo de remoción de gomas.

Sensor de consistencia: Este sensor mide la variable de consistencia que pasa por la tubería de pasta.

Transmisor de consistencia: Ese recibe la señal eléctrica de 4-20 mA que envía el sensor y lo convierte a una medida de consistencia en %.

Válvula proporcional: Esta se abre automáticamente para inyectar agua a presión cuando la consistencia pase del set-point que se haya seteado.

Toma muestras: Sirve para poder recolectar las muestras de pasta y analizar los datos de consistencia del equipo screen one.

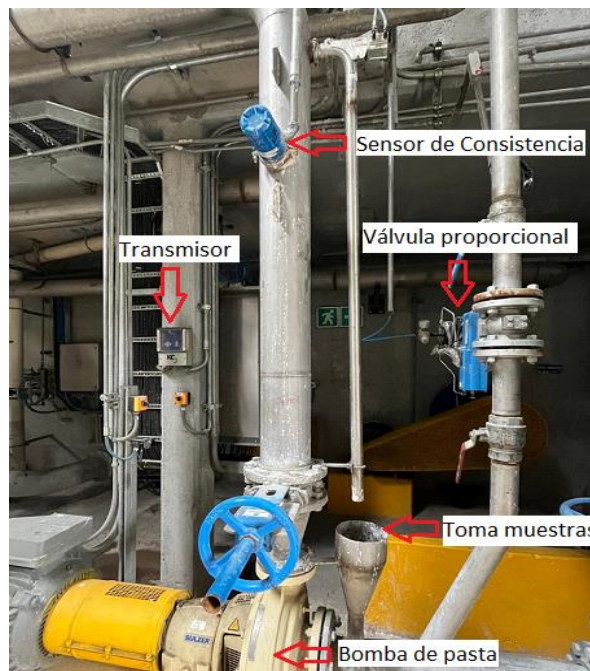


Figura 5.28. Sistema de control de consistencia automático

En la tabla 5.18 se muestran los cambios en las variables del screen one para poder ejecutar la prueba piloto y poder hacer uso de este sistema para la producción de limpión industrial y reducir los desperdicios generados por este tipo de defectos.

En los flujos de agua, pasta y presiones se mantienen los mismos valores iniciales del estudio, únicamente se realiza cambios en la consistencia de alimentación al equipo y por ende van a cambiar los valores de consistencia de aceptado y rechazos.

Tabla 5.18. Cambio de variables para prueba piloto

SCREEN ONE (PP2-SV001)			
VARIABLE	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Consistencia de entrada	%	1.4	2

Consistencia de aceptado	%	1.2	1.8
Consistencia de rechazo	%	0.3	0.9
Flujo de aceptado 1	m^3/h	30	45
Flujo de aceptado 2	m^3/h	15	25
Flujo de aceptado 3	m^3/h	5	15
Flujo de rechazos	m^3/h	1	2
Flujo de dilución 1	m^3/h	3	7
Flujo de dilución 2	m^3/h	4	9
Flujo de dilución 3	m^3/h	9	13
Presión de entrada	bar	1.5	3

5.9.1.1. Resultados de la prueba piloto

La prueba piloto de reducir la consistencia en la alimentación se realizó durante 8 horas; donde se obtuvo buenos resultados, ya que la pasta de la referencia de limpión industrial logra pasar por el sistema de remoción de gomas sin inconveniente a una consistencia menor a 2%. Esto se debe a que mientras menor sea la consistencia de alimentación, las fibras van a estar más separadas y van a lograr pasar las ranuras del tamiz de 0.12 mm.

Para realizar la prueba se bajó la velocidad de la máquina papelera de 500 a 400 m/min debido a la consistencia que se obtiene en el aceptado del screen one, si la consistencia es menor la máquina consumirá la pasta en menos tiempo y se observa que no se puede mantener los tanques de pasta en niveles adecuados para la normal operación de la máquina papelera.

Al reducir la consistencia 3.5% a 2% se observó que el sistema de remoción de contaminantes (Screen One) puede operar sin ningún inconveniente en producciones de limpión industrial, sin embargo, se tiene afectaciones para procesos posteriores, debido a que se obtiene una reducción de consistencia en el aceptado de 1.8% y la máquina papelera necesita como mínimo 3% de consistencia para el proceso de refinación de la pasta y formación de la hoja papel.

En la tabla 5.19 se muestran los resultados de consistencia de la prueba piloto. Los datos de consistencia se tomaron durante las 8 horas de prueba, una muestra cada hora.

Tabla 5.19. Resultados de consistencia de la prueba piloto

Consistencia del sistema de remoción de gomas			
N°	Alimentación (%)	Aceptado (%)	Rechazo (%)
1	2.35	1.81	0.83

2	2.06	1.62	0.44
3	1.93	1.45	0.44
4	2.11	1.65	0.75
5	2.21	1.72	0.89
6	2.03	1.59	0.71
7	1.73	1.32	0.52
8	1.83	1.38	0.64
Promedio	2.03	1.57	0.66

En la tabla 5.20 se puede concluir que las consistencias de alimentación, aceptado y rechazo se reducen a:

Tabla 5.20. Resultados de reducción de consistencia

	Antes	Prueba piloto
Alimentación (%)	3.47	2.03
Aceptado (%)	3.01	1.57
Rechazo (%)	1.52	0.66

En la gráfica 5.29 se muestra la reducción de la consistencia en la alimentación, aceptado y rechazo durante la prueba piloto.

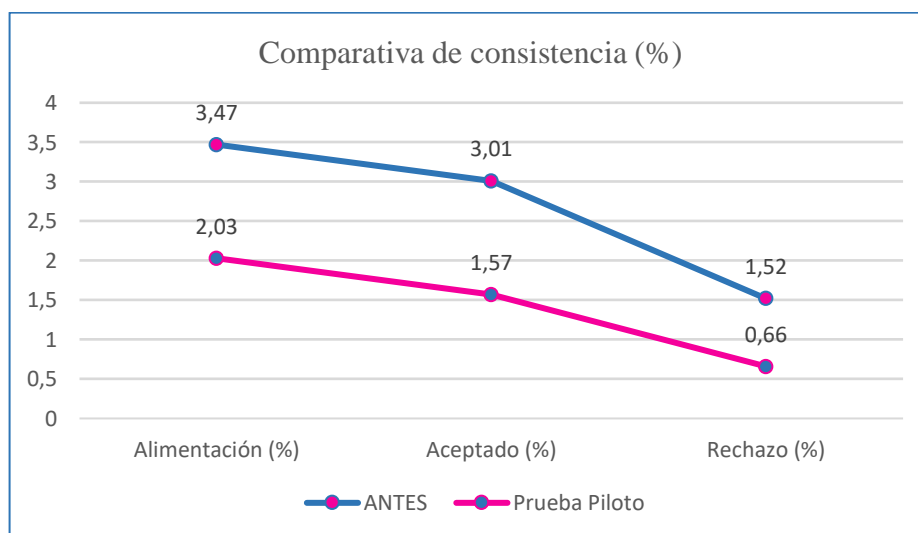


Figura 5.29. Reducción de consistencia en el sistema de remoción

5.9.2. Diseño de la propuesta de solución

Una vez realizado la prueba piloto, en base al análisis de causa raíz se formula la alternativa de solución:

Diseño: Cambio de posición del screen one

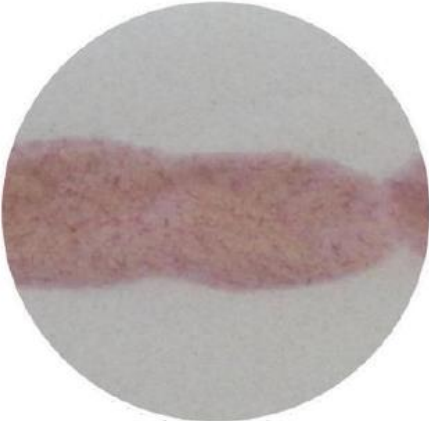

Anteriormente el equipo screen one se encontraba ubicado al final de la planta de preparación de pasta como se muestra en la figura 5.30 (resaltado de color rojo). La propuesta, por medio de tuberías de 6 pulgadas y válvulas neumáticas, cambió la dirección del flujo de la pasta y lo puso a operar al screen one antes de la celda de destintado. Luego de la prueba piloto se obtuvo una consistencia de 1.8 % en la salida o aceptado del equipo screen one, esto quiere decir que logramos obtener una consistencia mayor a 1.5% que necesita el siguiente sub proceso que es la celda de destintado, lo cual nos va a permitir alimentar más agua utilizando el sistema de dilución propio del equipo (ver figura 5.28) para reducir la consistencia de 1.8 % a 1.5% que necesita el proceso de destintado.

Como se mencionó anteriormente, en los códigos de producción donde sí se utiliza el sistema de remoción de gomas, no se reportan rechazos por este tipo de defecto, lo que demuestra la efectividad de dicho sistema para garantizar la pureza de la pasta y la calidad del producto final.

Este contraste resalta la necesidad de ajustar la secuencia del proceso para la limpieza de la fibra, permitiendo que las fibras de cartón pasen por el tamiz sin problemas y habilitando el uso del sistema de remoción de gomas.

En la tabla 5.21 se realizó un comparativo entre fibras utilizadas en el proceso como son las de cartón y el archivo reciclado, donde se puede concluir que las fibras de cartón reciclado son más gruesas que el archivo nacional, materia prima que se utiliza para los otros códigos de producción.

Tabla 5.21. Comparativo de fibras

Fibra de cartón reciclado	Fibra de archivo reciclado
<p>El grosor de una fibra de cartón o fibra mecánica puede variar dependiendo de su tipo, origen y proceso de fabricación. Tiene un diámetro que generalmente oscila entre 10 y 50 micrómetros (μm), lo que equivale a 0,01 a 0,05 mm .</p>	<p>El grosor de una fibra química o de archivo reciclado generalmente se encuentra en un rango más estrecho comparado con las fibras mecánicas. En términos de diámetro, estas fibras suelen medir entre 12 a 40 micrómetros (μm), o 0,012 a 0,04 mm.</p>
	

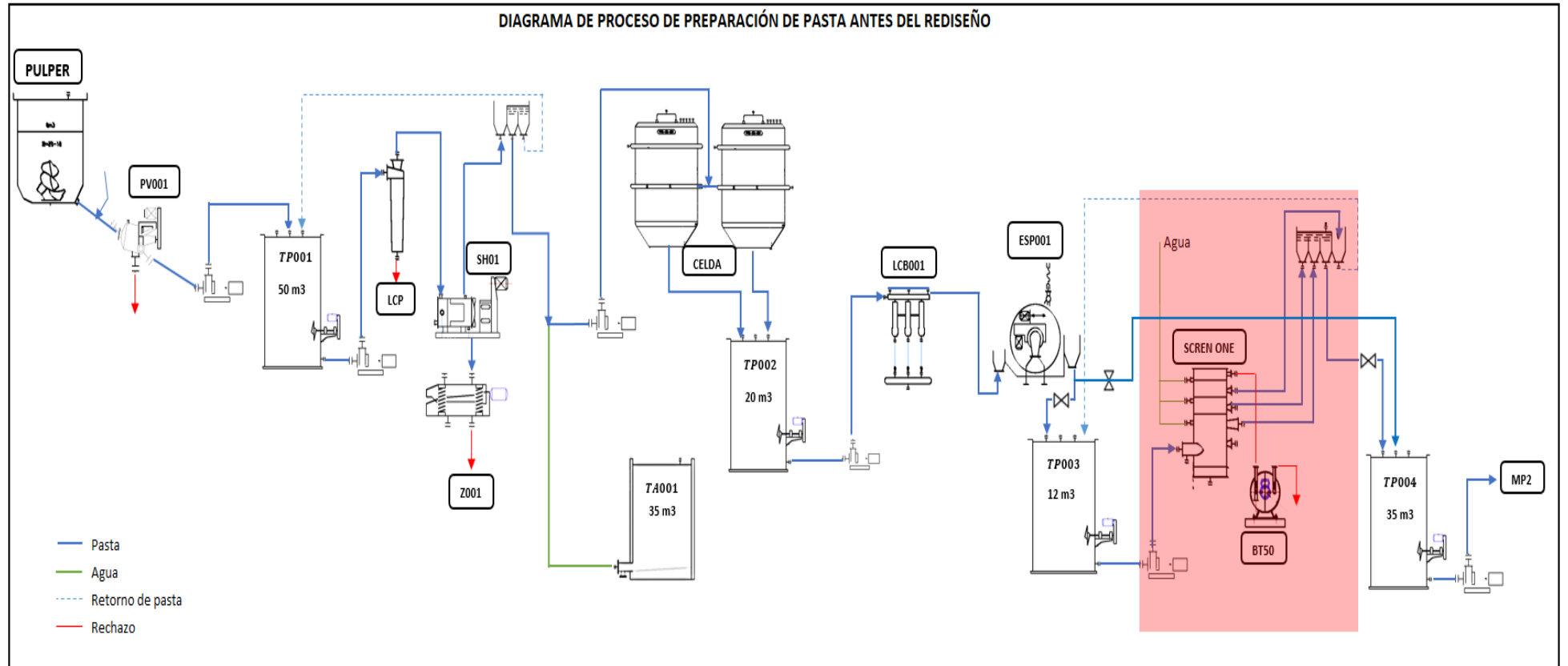


Figura 5.30. Diagrama de procesos de la planta de preparación de pasta 2 antes del rediseño

En la figura 5.31 se muestra el diagrama de rediseño del sistema de remoción de gomas.

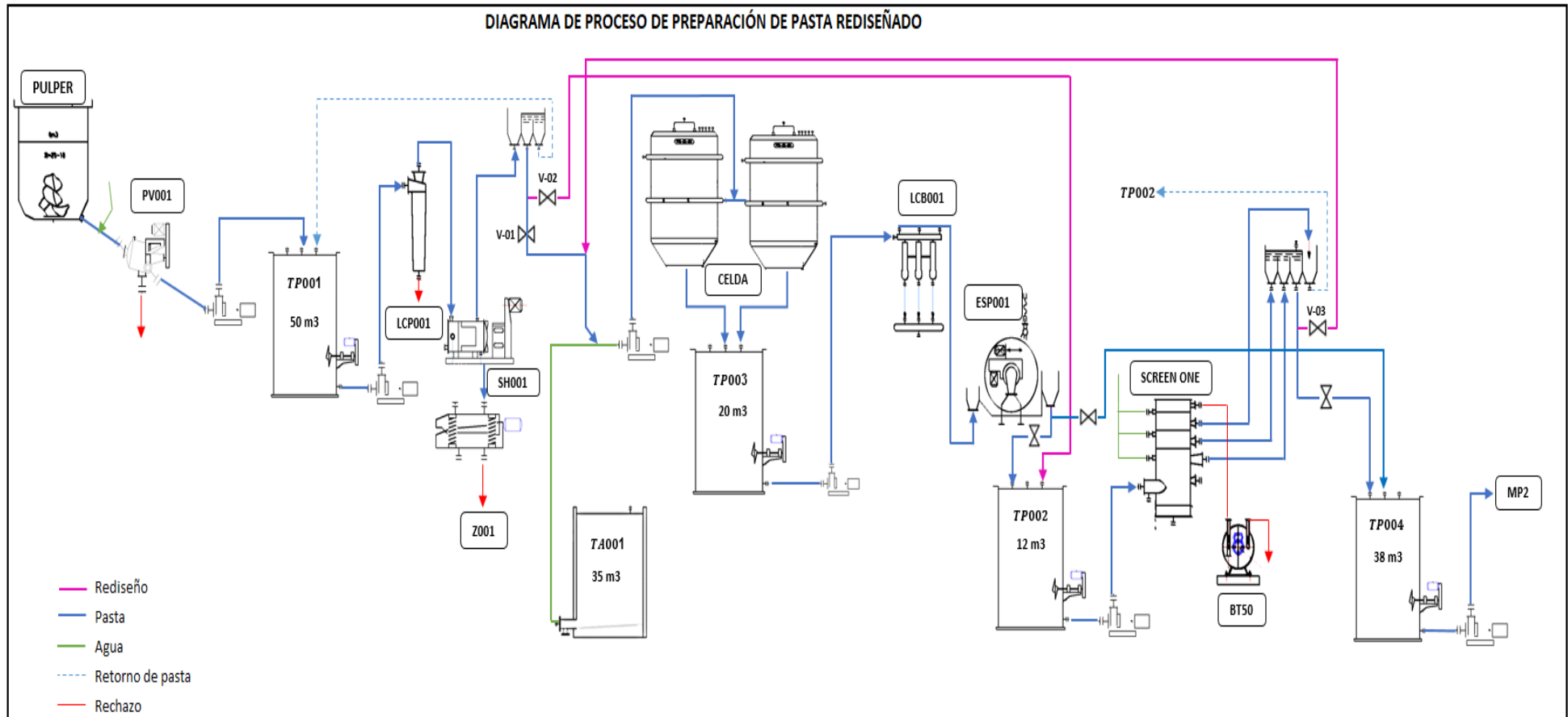


Figura 5.31. Diagrama de procesos de la planta de preparación de pasta 2 rediseñado

En la tabla 5.22 se muestran las evidencias del montaje de la tubería de 6 pulgadas y las válvulas V-01 y V-02 donde se utilizó 19 metros de tubería de acero inoxidable y tres válvulas de 6 pulgadas de tipo compuerta para poder re-direccionar el flujo de la pasta.

El uso del screen one en el proceso, principalmente se da para la separación de contaminantes como las gomas o stickies que proviene de la materia prima reciclada.

Utilizando el equipo de limpieza screen one, instalado actualmente, se necesita modificar la secuencia de flujo de la pasta, pasándola primero por el Screen One con una consistencia de alimentación de máximo 2% y el aceptado enviar a la celda de destintado ya que este sub-proceso sólo necesita 1.5% de consistencia en la alimentación y al final del proceso pasar la pasta por el espesador, aprovechando su función para recuperar la consistencia requerida para la máquina papelera de 3.0-3.5% de consistencia y así mejorar las condiciones de trabajo por el aumento de consistencia para garantizar la operación estándar, velocidad y calidad del semielaborado.

Aprovechando que el equipo screen one, físicamente se encuentra instalado junto a la celda de destintado, esto nos facilitó el montaje de las tuberías y de las tres válvulas que se mencionan en la tabla 5.2. Instrumentación esencial como sensores, transmisores de presión y consistencia nos permitieron el control de todo el sistema de remoción de contaminantes para garantizar la integridad del equipo, procesos posteriores de limpieza y capacidad de abastecimiento de la planta de preparación de pasta.

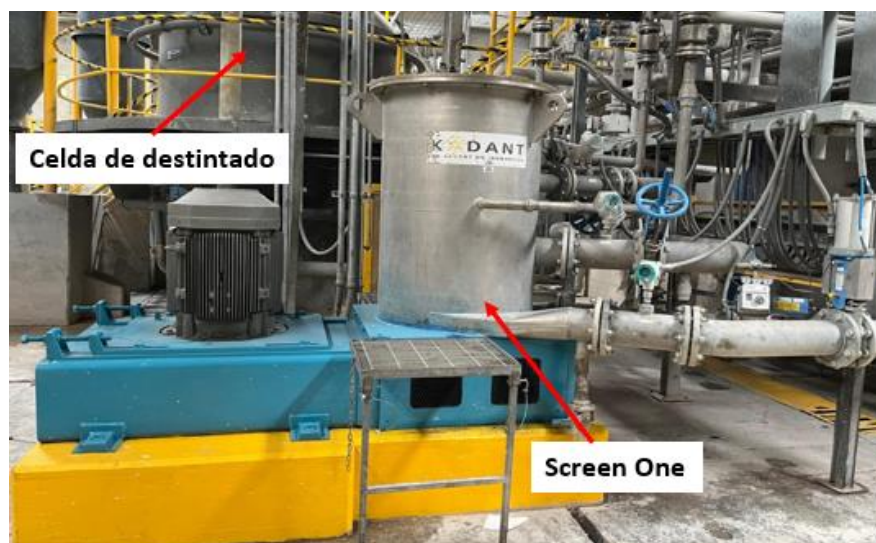


Figura 5.32. Screen One instalado en la planta de preparación de pasta 2

Tabla 5.22. Evidencias del rediseño

EVIDENCIAS DEL REDISEÑO, TUBERÍA, VÁLVULAS V-01 y V-02

ANTES

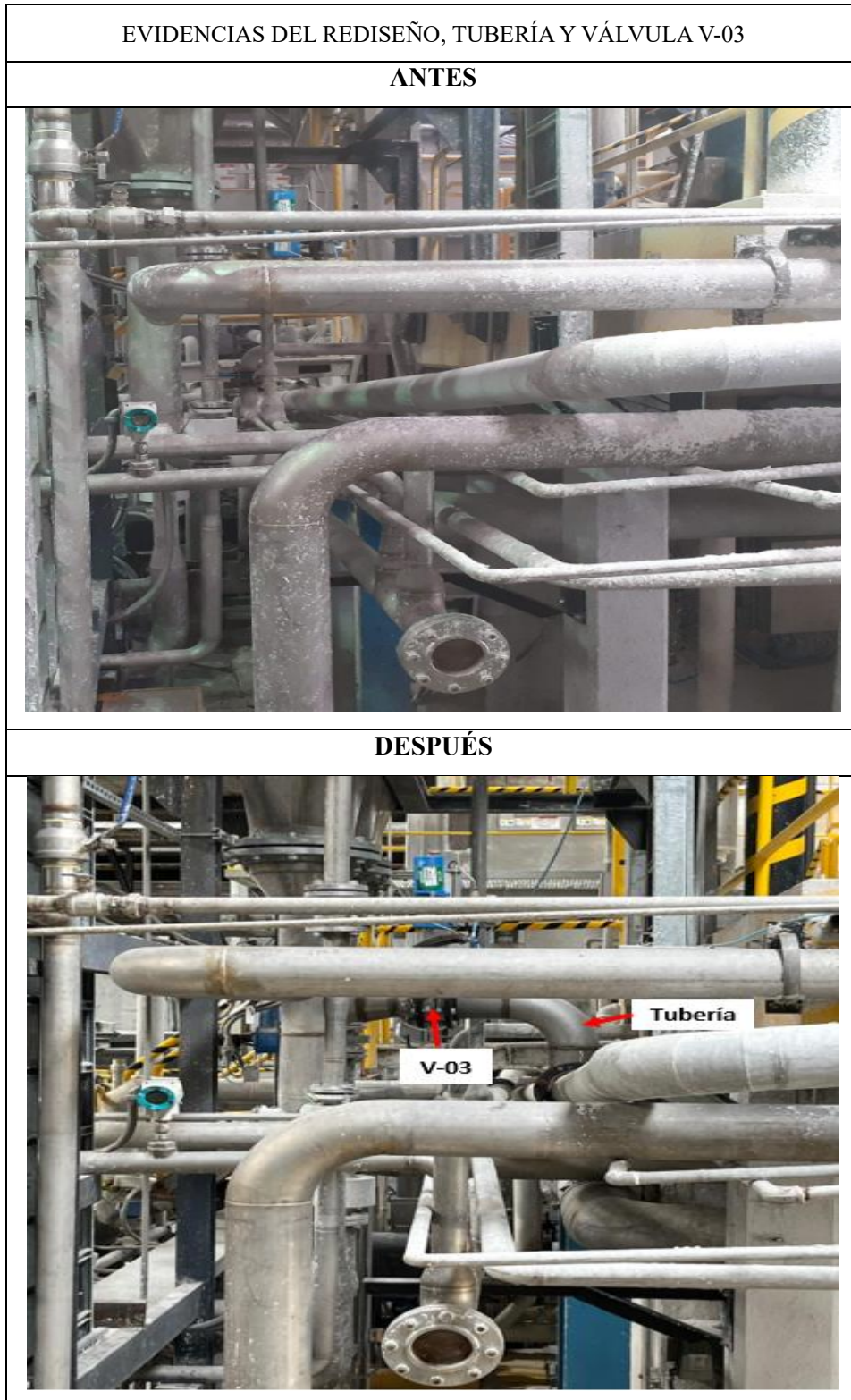


DESPUÉS



En la tabla 5.23 se muestran las evidencias del montaje de la tubería de 6 pulgadas y la válvula V-03 donde se utilizó 1 metro de tubería de acero inoxidable y una válvula de 6 pulgadas de tipo compuerta para poder re-direccionar el flujo de la pasta.

Tabla 5.23. Evidencias del rediseño



5.9.3. Descripción de operación de las válvulas

En la tabla 5.24 se indica el funcionamiento de cada una de las válvulas instaladas para re-direccionar el flujo de la pasta.

Tabla 5.24. Función de las válvulas

Nº	TAG	TIPO	FUNCIÓN	ESTADO
1	V-01	Válvula neumática	Cortar el flujo hacia la celda de destintado	Cerrada
2	V-02	Válvula neumática	Habilitar el flujo hacia el TP002	Abierta
3	V-03	Válvula neumática	Habilitar el flujo hacia la celda de destintado	Abierta

El uso del screen one en el proceso, principalmente se da para la separación de contaminantes como las gomas o stickies que proviene de la materia prima reciclada.

Utilizando el equipo de limpieza screen one, instalado actualmente, se necesita modificar la secuencia de flujo de la pasta, pasándola primero por el Screen One con una consistencia de alimentación de máximo 2% y el aceptado enviar a la celda de destintado ya que este sub-proceso sólo necesita 1.5% de consistencia en la alimentación y al final del proceso pasar la pasta por el espesador, aprovechando su función para recuperar la consistencia requerida para la máquina papelera de 3.0-3.5% de consistencia y así mejorar las condiciones de trabajo por el aumento de consistencia para garantizar la operación estándar, velocidad y calidad del semielaborado.

5.9.4. Pérdida de fibra en el sistema de remoción de gomas rediseñado

En la tabla 5.25 se muestra los datos de consistencia de alimentación al sistema de remoción de gomas después del rediseño.

Tabla 5.25. Datos, consistencia de alimentación después del rediseño

Consistencia Alimentación (%)					
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio/mes
Jul-24	2.08	2.12	2.06	2.16	2.11
	1.98	1.89	2.13	2.12	2.03
Ago-24	2.05	2.09	2.10	2.12	2.09
	2.35	2.11	2.15	2.18	2.20

Sep-24	1.99	1.95	2.05	2.08	2.02
	2.06	1.88	2.18	1.99	2.03
Oct-24	1.89	1.93	2.06	2.06	1.99
	1.79	2.21	2.08	1.89	1.99
Nov-24	1.96	1.99	2.11	1.96	2.01
	1.8	2.12	2.14	2.15	2.05
Dic-24	2.01	2.05	1.99	1.93	2.00
	1.93	1.96	2.13	2.16	2.05

En la tabla 5.26 se muestra los datos de consistencia de aceptado del sistema de remoción de gomas después del rediseño.

Tabla 5.26. Datos, consistencia de aceptado después del rediseñado

Consistencia Alimentación (%)					
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio/mes
Jul-24	1.58	1.52	1.58	1.49	1.54
	1.62	1.49	1.56	1.53	1.55
Ago-24	1.51	1.61	1.49	1.53	1.54
	1.45	1.63	1.52	1.56	1.54
Sep-24	1.49	1.38	1.53	1.39	1.45
	1.36	1.71	1.58	1.45	1.53
Oct-24	1.49	1.45	1.62	1.36	1.48
	1.56	1.45	1.58	1.49	1.52
Nov-24	1.48	1.5	1.49	1.25	1.43
	1.53	1.62	1.57	1.58	1.58
Dic-24	1.59	1.56	1.65	1.40	1.55
	1.42	1.65	1.42	1.38	1.47

En la tabla 5.27 se muestra los datos de consistencia de rechazo del sistema de remoción de gomas después del rediseño.

Tabla 5.27. Datos, consistencia de rechazo después del rediseñado

Consistencia Alimentación (%)					
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio/mes
Jul-24	0.49	0.59	0.69	0.68	0.61
	0.46	0.68	0.49	0.71	0.59
Ago-24	0.52	0.49	0.58	0.65	0.56
	0.66	0.58	0.49	0.63	0.59
Sep-24	0.46	0.62	0.62	0.65	0.59
	0.55	0.65	0.69	0.61	0.63
Oct-24	0.62	0.49	0.74	0.58	0.61
	0.64	0.65	0.56	0.52	0.59
Nov-24	0.56	0.61	0.58	0.49	0.56
	0.68	0.58	0.53	0.56	0.59
Dic-24	0.62	0.56	0.72	0.66	0.64
	0.68	0.57	0.56	0.61	0.61

5.9.5. Medición de flujo del sistema de remoción de gomas

Se registró el flujo mediante el flujómetro con código FIC614 (Controlador indicador de flujo) instalado en las líneas de rechazo, como se puede observar en la figura 5.33.

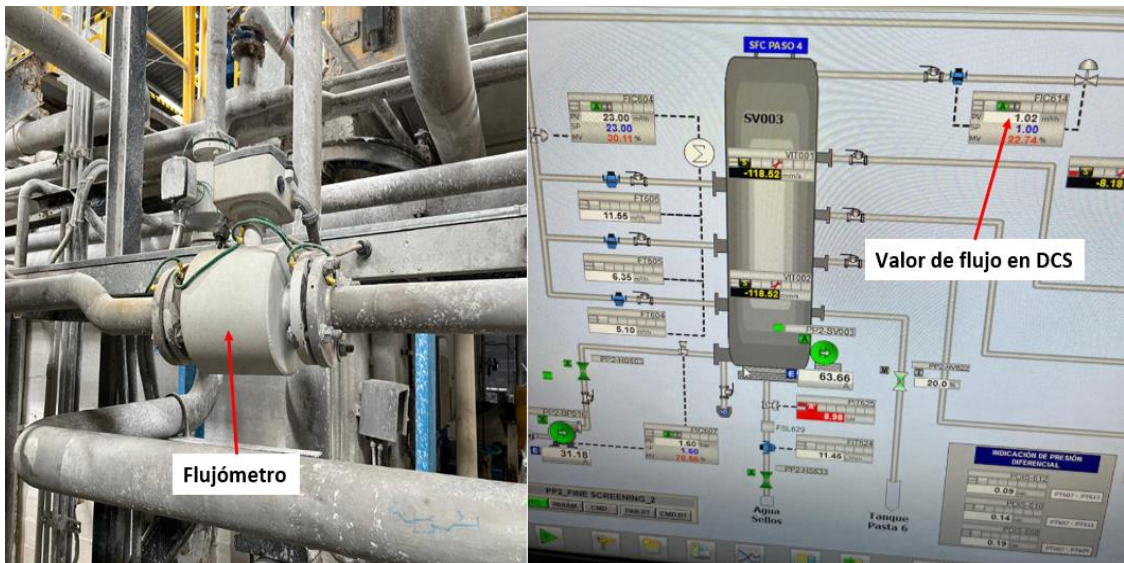


Figura 5.33. Flujómetro para medir rechazo

5.9.6. Evaluación de las mejoras implementadas

La evaluación de las mejoras se realizó según los indicadores de gestión que se maneja en la línea de producción dos del área de molinos.

5.9.6.1.Reducción porcentaje de rechazos por defecto de gomas

Las mejoras implementadas en el sistema de remoción de contaminantes mediante la aplicación de la metodología DMAIC dieron resultados consistentes y duraderos. Gracias al análisis exhaustivo y las soluciones diseñadas específicamente para las condiciones de la planta, se logró reducir los rechazos por defecto de gomas en un 94.91% de julio a diciembre de 2024 como se muestra en la figura 5.34.

Un modelo de cálculo se representa en el ANEXO A.

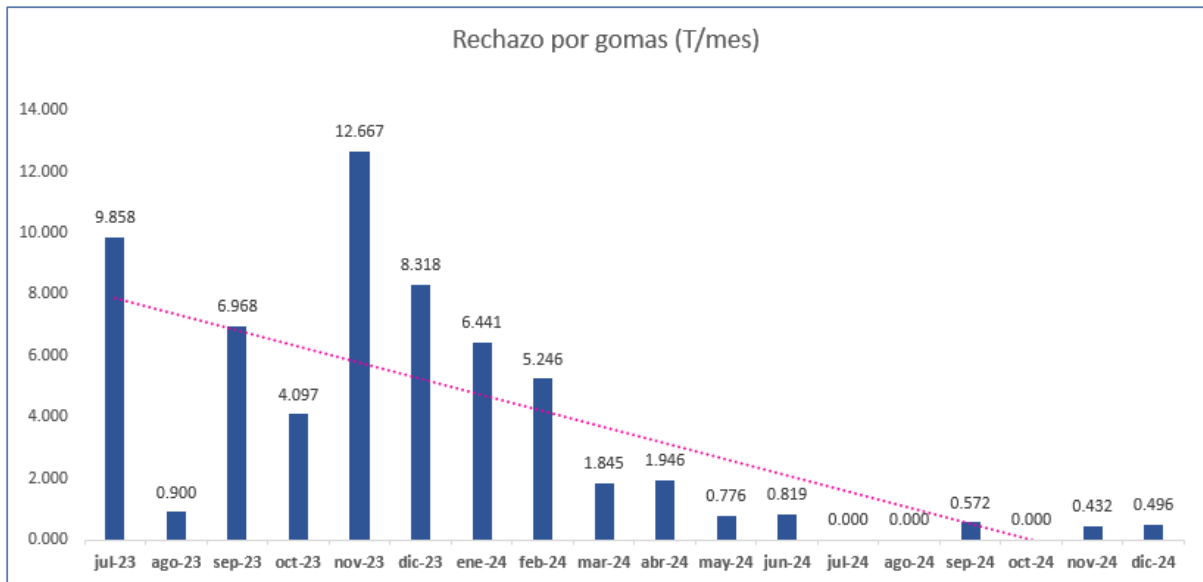


Figura 5.34. Reducción de rechazo por defecto de gomas

5.9.6.2.Reducción de costos de rechazos por defecto de gomas

La implementación del rediseño en el sistema de remoción de contaminantes permitió alcanzar una reducción del 94.91% en los rechazos por defectos de gomas en el limpión industrial (Ver figura 5.35). Este logro no solo asegura la calidad del producto semielaborado, sino que también tiene un impacto significativo en los costos asociados a los rechazos.

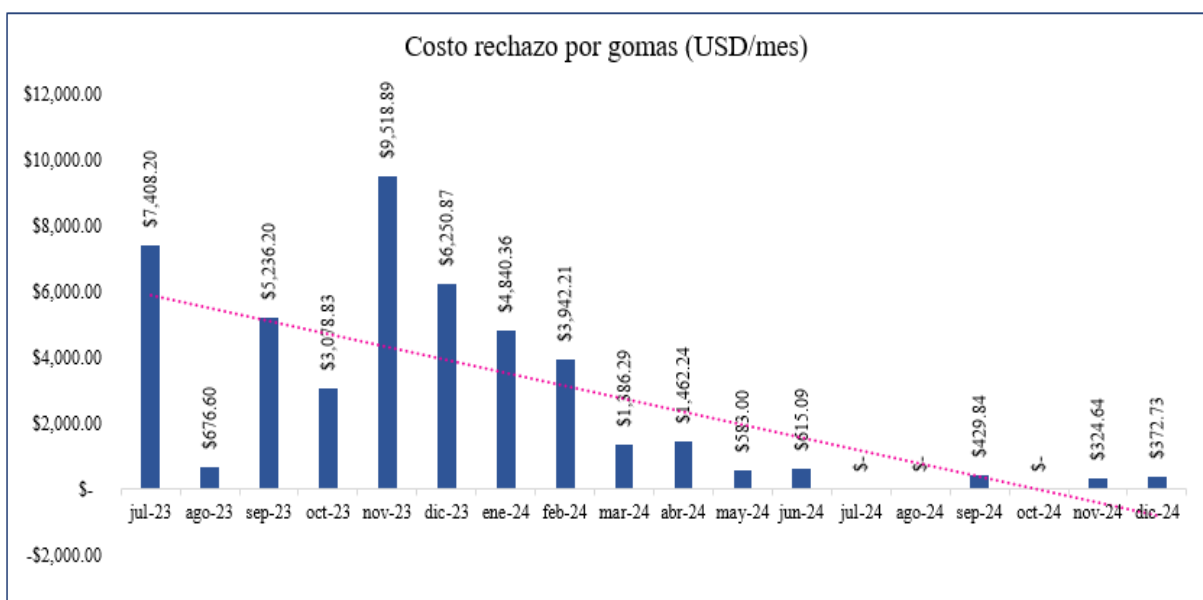


Figura 5.35. Reducción de rechazo por defecto de gomas

Antes de la implementación de las mejoras, el costo de los rechazos de limpión industrial ascendía a los \$44998,78 lo cual representaba una pérdida considerable para la empresa. Con la reducción de los rechazos, este costo ha sido reducido a \$42708,34, generando un ahorro anual proyectado equivalente al monto mencionado. Este ahorro contribuye directamente a la

recuperación de la inversión realizada en las mejoras implementadas, incrementando la rentabilidad y optimizando los recursos de la planta.

En la figura 5.36 y 5.37 se muestra los resultados de la reducción de los rechazos de 59 toneladas a 1.5 toneladas en un periodo de julio a diciembre del año 2024 rechazadas por el defecto de gomas en el SKU de limpión industrial. (proyección a 3 toneladas al año).

También se puede apreciar que el rechazo por defecto de gomas en limpión industrial pasa de ser el rechazo más alto a uno de los más bajos de todos códigos de producción.

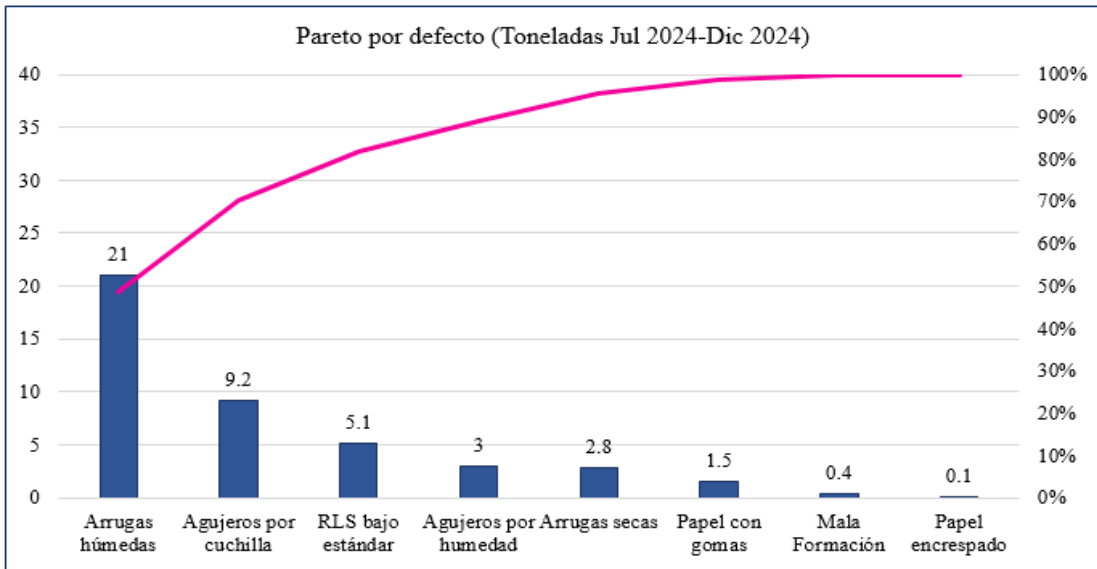


Figura 5.36. Toneladas de desperdicio por defecto en el periodo Jul 2024-Dic 2024

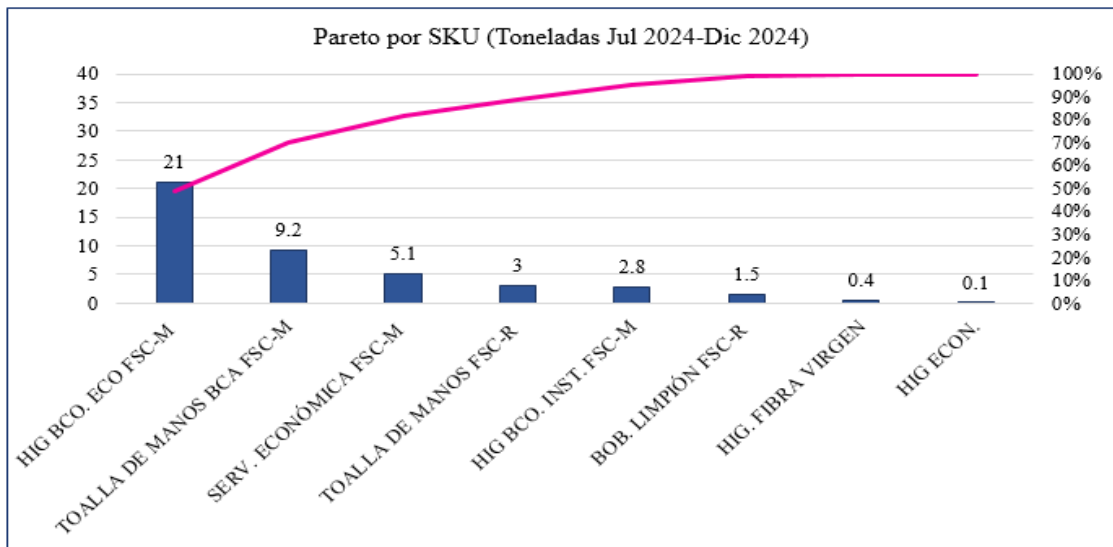


Figura 5.37. Toneladas de desperdicio por SKU en el periodo Jul 2024-Dic 2024

5.9.6.3.Reducción de desperdicio en la línea de producción dos

La reducción de la consistencia de la pasta en el proceso (de 3.5% a 2%) permitió un mejor funcionamiento del equipo screen one, reduciendo la cantidad de fibra rechazada durante su operación de remoción de contaminantes.

A partir del mes de Julio del 2024 podemos observar que, con la implementación de las mejoras se ha logrado disminuir la pérdida de fibra, el rediseño del sistema de remoción de gomas ha sido aplicado a todas las referencias y se puede observar que la pérdida de fibra se ha ido reduciendo mes a mes, reduciendo de 30% a 28% como se muestra en la figura 5.38. Un modelo de cálculo se representa en el ANEXO B.

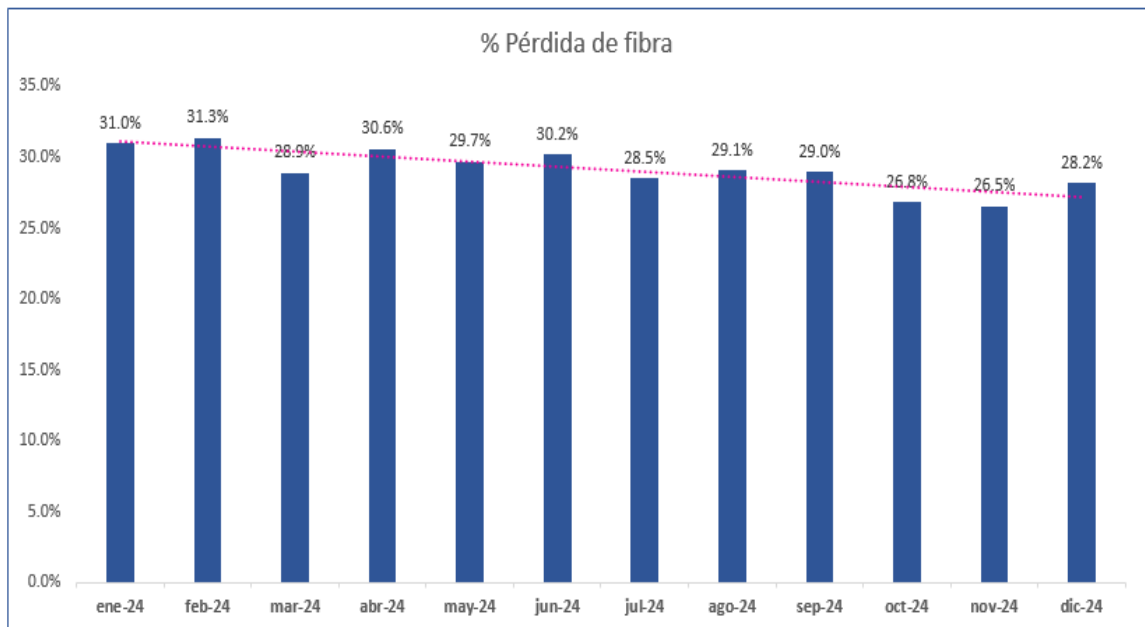
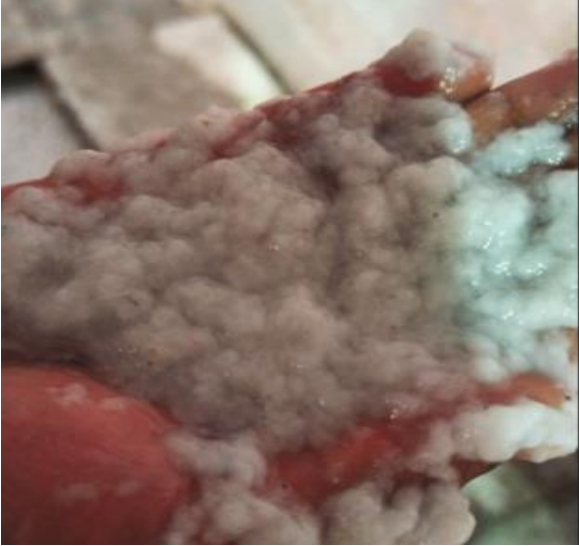



Figura 5.38. Reducción de pérdida de fibra

La reducción del 2% en la pérdida de fibra equivale a una menor cantidad de material desperdiciado, lo que optimiza el uso de materias primas y reduce los costos operativos. Además, esta mejora en el desempeño del screen one asegura un flujo más limpio y eficiente, impactando positivamente en la calidad del producto final. Por último, este logro refuerza el compromiso de la planta con prácticas sostenibles, al minimizar el desperdicio y reducir el impacto ambiental como se muestra en la tabla 5.28.

Tabla 5.28. Reducción de consistencia en el rechazo del screen one

EVIDENCIAS DE REDUCCIÓN DE CONSISTENCIA EN EL RECHAZO DEL SCREEN ONE		
ANTES		
		
DESPUÉS		
		

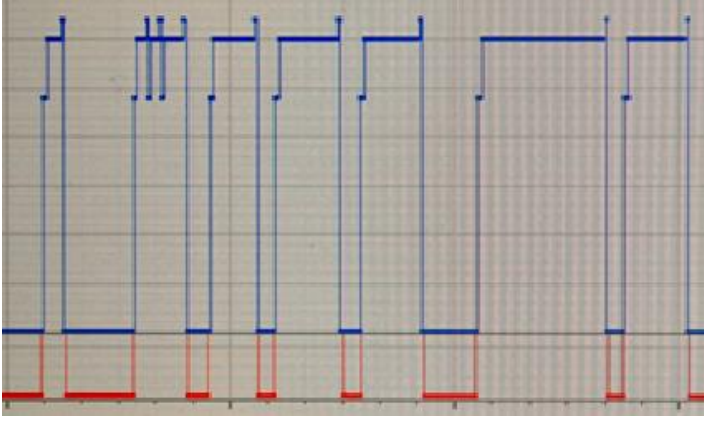

5.9.6.4. Beneficios adicionales

Una vez analizados los resultados del proyecto en su aplicación a la fabricación de Limpión Industrial, se ha implementado la solución para todas las referencias que se fabrican en la máquina MP2 lo cual ha traído beneficios adicionales a la planta de preparación, siendo el más importante la estabilidad de los equipos.

Previamente el equipo Screen One arrancaba y paraba continuamente (Hasta 20 arranques por turno) debido a que no tenía una alimentación constante de pasta, esto implica un mayor

desgaste del equipo, requerimiento de una mayor frecuencia de mantenimiento, mayor consumo eléctrico y la necesidad de que el operador dedique la mayor parte de su tiempo a un solo equipo. Actualmente el Screen One opera de forma continua durante el turno con un máximo de 1 o 2 paradas como se muestra en la tabla 5.29.

Tabla 5.29. Tiempo de operación del equipo

EVIDENCIAS DE REDUCCIÓN DE CONSISTENCIA EN EL RECHAZO DEL SCREEN ONE	
ANTES	
	
DESPUÉS	
	

5.9.7. Evaluación Financiera de la propuesta

Mediante el nuevo dato de consistencia, promedio 0.6% y el flujo de pasta que se mantiene en 1 m³ /h en el rechazo del sistema de remoción de gomas, se calcula la pérdida en kg/día, como sigue. Ver fórmula 5.6.

$$\frac{Kg}{día} = Flujo * Consistencia \quad (5.6)$$

$$\frac{kg}{día} = \frac{1m^3}{h} * \frac{0.6 kg}{100 l} * \frac{1000 l}{1 m^3} * \frac{24h}{1 d} *$$

$$\frac{kg}{día} = 144$$

Sabiendo que en un día se pierde 144 kg en el rechazo del screen one, en un mes se pierde. Ver fórmula 5.7.

$$\frac{Kg}{mes} = Pérdida día * 30 días \quad (5.7)$$

$$\frac{kg}{mes} = 144 kg * 30días$$

$$\frac{kg}{mes} = 4320$$

Sabiendo que actualmente cada tonelada de materia prima tiene un costo de \$474 el costo de la pérdida de fibra en el rechazo del screen one cada mes es de. Ver fórmula 5.8.

$$Pérdida USD mes = Costo materia prima * Toneladas perdidas en el screen one \quad (5.8)$$

$$Pérdida USD mes = 474 * 4.32$$

$$Pérdida USD mes = 2047,68$$

Sabiendo que en un mes se pierde \$2047.68 en el rechazo del screen one, la pérdida en un año en las condiciones mejoradas es de. Ver fórmula 5.9.

$$Pérdida USD año = Pérdida USD mes * 12 meses \quad (5.9)$$

$$Pérdida USD año = 2047,68 * 12$$

$$Pérdida USD año = 24572,16$$

5.9.8. Inversión del proyecto

En la tabla 5.30 se muestra los valores de las cantidades invertidas en el proyecto de rediseño.

Tabla 5.30. Inversión del proyecto

INVERSIÓN DEL PROYECTO				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Válvula de 6"	3	Und	\$3000,00	\$9000,00
Tubería Inoxidable de 6"	20	m	\$200,00	\$4000,00
Instrumentación y control	1	-	\$3000,00	\$3000,00
Mano de obra mecánica	1	-	\$2500,00	\$2500,00
Mano de obra eléctrica	1	-	\$2000,00	\$2000,00
Inversión Total				\$20500,00

5.9.9. Ahorros económicos

Costos de rechazo por gomas

Ahorro USD anual = 42.708.34

Ahorro anual por pérdida de fibra

El ahorro por pérdida de fibra se calcula de acuerdo a la pérdida inicial menos la pérdida después del rediseño. Ver fórmula 5.10.

$$\text{Ahorro USD anual} = \text{Pérdida USD inicial} - \text{Pérdida USD rediseño} \quad (5.10)$$

$$\text{Ahorro USD anual} = 61430,40 - 24572,16$$

$$\text{Ahorro USD anual} = 36858,24$$

Cálculo del Retorno sobre la inversión

El cálculo del retorno de la inversión se calcula con el costo de rechazo por gomas más el costo por pérdida de fibra. Ver fórmula 5.11.

$$\text{Ganancia USD anual} = \text{Costo de rechazo por gomas} + \text{Costo por pérdida de fibra}$$

$$\text{Ganancia USD anual} = 42,708.34 + 36858,24$$

$$\text{Ganancia USD anual} = 79,566.58$$

$$\text{Costo de la inversión} = 20500,00$$

$$\text{Ganancia neta anual} = 79,566.58 - 20500,00$$

$$\text{Ganancia neta anual} = 59.066.58 \text{ USD}$$

$$ROI = \frac{\text{Ganancia neta anual}}{\text{Costo de la inversión}} * 100 \quad (5.11)$$

$$ROI = \frac{59,066.58}{20.500.00} * 100$$

$$ROI = 288 \%$$

La recuperación de la inversión se calcula con el costo de inversión entre la ganancia neta mensual. Ver fórmula 1.12.

$$\text{Ganancia neta mensual} = 4,963.88$$

$$\text{Recuperación de la inversión} = \frac{\text{Costo de la inversión}}{\text{Ganancia neta mensual}} \quad (5.12)$$

$$\text{Recuperación de la inversión} = \frac{20500,00}{4.963.88}$$

$$\text{Recuperación de la inversión} = 4 \text{ Meses}$$

5.9.10. Discusión de los resultados

La reducción del 94.91% en los rechazos por defectos de gomas es un hito significativo que demuestra la efectividad del rediseño y la correcta implementación de la metodología DMAIC. Este resultado no solo asegura la calidad de la limpieza de la fibra, sino que también elimina pérdidas económicas significativas (\$42708,34), contribuyendo a la rentabilidad de la planta.

La disminución de la pérdida de fibra de 30% a 28% (\$36858,24) refuerza la eficiencia del proceso y mejora la sostenibilidad operativa, alineándose con los objetivos de optimización de recursos. Aunque el ahorro económico es evidente, la inversión inicial podría haber representado un desafío. Analizar el tiempo de recuperación de la inversión (ROI) fue crucial para validar la viabilidad financiera a largo plazo.

De acuerdo al análisis realizado, el ahorro anual proyectado tras la implementación de las mejoras asciende a \$79,566.58. Este valor refleja los beneficios económicos directos derivados de la reducción de rechazos por defectos de gomas y la reducción de pérdida de fibra, que previamente generaban pérdidas significativas en la línea de producción.

La reducción de la consistencia de la pasta de 3.5 a 2% fue clave para mejorar el desempeño del sistema de remoción de contaminantes, pero esto también podría haber influido en la necesidad de ajustes adicionales en otros sub-procesos, como el bombeo o la filtración de la

pasta. Si bien los resultados son favorables, es importante analizar si estas soluciones pueden replicarse o ajustarse para otros productos o líneas de producción dentro o fuera de la planta.

Los resultados dependen en gran medida de mantener la consistencia de la pasta en 2%, cualquier desviación podría comprometer el desempeño del sistema, lo que sugiere la necesidad de un monitoreo continuo.

La reducción de la pérdida de fibra no solo tiene beneficios económicos, sino también ambientales, alineándose con las tendencias actuales de sostenibilidad industrial. Esto puede fortalecer la posición de la planta como un modelo para procesos más ecológicos en el sector papelerero y mantener certificaciones como de punto verde.

5.10. CONTROL

En esta etapa del proyecto, el objetivo principal es garantizar que las mejoras implementadas en el sistema de remoción de contaminantes mantengan su efectividad en la reducción de defectos de gomas en el producto semielaborado de limpión industrial. Esto implica establecer medidas de monitoreo y control que aseguren la sostenibilidad de los resultados alcanzados.

5.10.1. Establecimiento de indicadores claves de desempeño (KPI)

Para medir el desempeño del proceso se utiliza los indicadores que cuenta la línea de producción dos en el área de molinos.

5.10.1.1. Indicador de rechazo

Es el porcentaje de rechazo que no cumplieron especificaciones de calidad.

$$\% \text{ Rechazo por gomas} = \frac{\text{Cantidad de producto rechazo}}{\text{Producción total}} * 100$$

5.10.1.2. Indicador del costo de rechazo

Es la cantidad total de producto (kg/d o T/d) que se rechaza por defectos de calidad.

$$\text{Costo de rechazo} = \text{Volumen rechazado} * \text{costo unitario de producción}$$

5.10.1.3. Indicador de desperdicio

El desperdicio se refiere a la pérdida de fibra de celulosa desde el inicio del proceso en la planta de preparación de pasta, durante la operación de limpieza de los contaminantes que trae el papel reciclado, se considera un estándar del 30%.

$$\% \text{ Pérdida de fibra} = \frac{\text{Materia prima (kg)} - \text{Producción(kg)}}{\text{Materia prima(kg)}} * 100$$

5.10.2. Cambio de estándares operativos

En la tabla 5.31 se presentan los cambios realizados en los estándares operativos relacionados con la consistencia de la pasta en los puntos clave del proceso: alimentación, aceptado y rechazo del screen one. Estos ajustes fueron implementados como parte de las mejoras derivadas de la metodología DMAIC, con el objetivo de optimizar la eficiencia del sistema de remoción de contaminantes y reducir los rechazos por defectos de gomas.

El enfoque en la consistencia se debió a su impacto directo en el desempeño del equipo. La consistencia inicial de 3.5% fue reducida a 2%, lo que permitió un funcionamiento más eficiente del screen one, disminuyendo la pérdida de fibra y mejorando la calidad del flujo aceptado.

Por otro lado, los parámetros como presión y flujos de dilución no fueron modificados, ya que los resultados obtenidos en la prueba piloto demostraron que dichos valores proporcionaron condiciones óptimas para el proceso. Esto permitió centrar los esfuerzos en los ajustes de consistencia, maximizando los beneficios sin la necesidad de realizar cambios adicionales en variables que ya estaban bajo control.

Este análisis reafirma la importancia de una adecuada calibración de los estándares operativos para cada etapa del proceso, garantizando tanto la eficiencia como la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Tabla 5.31. Nuevos estándares

SCREEN ONE (PP2-SV001)			
VARIABLE	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Consistencia de entrada	%	1.4	2
Consistencia de aceptado	%	1.2	1.8
Consistencia de rechazo	%	0.3	0.9
Flujo de aceptado 1	m ³ /h	30	45
Flujo de aceptado 2	m ³ /h	15	25
Flujo de aceptado 3	m ³ /h	5	15
Flujo de rechazos	m ³ /h	1	2
Flujo de dilución 1	m ³ /h	3	7
Flujo de dilución 2	m ³ /h	4	9
Flujo de dilución 3	m ³ /h	9	13

Presión de entrada	bar	1.5	3
--------------------	-----	-----	---

5.10.3. Manual de usuario

Se desarrolló un manual de usuario destinado a capacitar al personal operativo de la planta de preparación de pasta 2, enfocado en los ajustes necesarios para maximizar la eficiencia del sistema de remoción de contaminantes. Este manual detalla de manera clara y práctica los procedimientos relacionados con el cambio de posición del screen one y las modificaciones en la secuencia del flujo de la pasta, implementadas como parte del rediseño del proceso. Su objetivo principal es garantizar que los operadores comprendan y apliquen correctamente los cambios, asegurando la eliminación de rechazos por defectos de gomas en el producto semielaborado.

El documento incluye instrucciones paso a paso, respaldadas por diagramas y esquemas que facilitan la comprensión, minimizando errores operativos. Además, especifica los parámetros clave que deben monitorearse, como la consistencia de la pasta (2%), para mantener el sistema en condiciones óptimas. Este manual no solo sirve como herramienta de capacitación inicial, sino también como referencia permanente para el personal, fomentando la estandarización de las operaciones y asegurando la sostenibilidad de las mejoras logradas. Su implementación contribuye directamente a la calidad del producto final y al rendimiento general de la línea de producción.

El manual de usuario levantado se representa en el ANEXO C.

5.10.4. Capacitación al personal

Para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas en el proyecto, se llevó a cabo una capacitación integral dirigida a los operadores de la planta de preparación de pasta dos. Esta formación se realizó directamente en los puestos de trabajo, lo que permitió a los operadores familiarizarse con los cambios aplicados al proceso de producción del limpión industrial.

Durante la capacitación, se abordaron aspectos clave como el ajuste de la consistencia del material (de 3.5% a 2%) y el correcto funcionamiento del sistema de remoción de gomas, destacando su impacto en la calidad del producto final y en la reducción de rechazos.

Además, se proporcionarán instrucciones detalladas sobre el monitoreo de parámetros críticos como la alimentación, aceptado y rechazo del screen one, así como sobre la importancia de mantener las condiciones óptimas en presión y flujos de dilución.

Como evidencia del cumplimiento de esta etapa, se utilizó una hoja de registro oficial de la empresa, donde consta la asistencia y las firmas de cada operador capacitado, asegurando el compromiso del equipo con las nuevas directrices operativas. Este registro no solo respalda el éxito de la capacitación, sino que también sirve como herramienta de seguimiento para futuras auditorías y procesos de mejora continua en la planta.

El registro de capacitación se representa en el ANEXO D.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El levantamiento de los procesos de la planta de preparación de pasta en la línea de producción dos permitió una comprensión detallada del estado actual de la producción de limpión industrial. A través del análisis de las variables involucradas, se identificaron los puntos críticos que afectan la calidad del semielaborado, especialmente en lo relacionado con la remoción de contaminantes como las gomas y la consistencia de la pasta. Este diagnóstico inicial proporcionó la base necesaria para establecer una línea de referencia en cuanto a los parámetros operativos y los defectos de gomas que generan rechazos.
- La identificación de oportunidades de mejora en los procesos de la planta de preparación de pasta de la línea de producción dos permitió detectar áreas críticas que afectan la eficiencia operativa y la calidad del producto semielaborado. A través del uso de herramientas de ingeniería industrial, se lograron optimizar los costos y reducir los defectos relacionados con el proceso de preparación de pasta. Las soluciones implementadas mejoraron la consistencia del producto, minimizando rechazos y pérdidas, también contribuyeron a establecer un enfoque de mejora continua, lo cual es clave para la competitividad y rentabilidad de la planta. Estos resultados demuestran la importancia de aplicar metodologías de optimización en la industria para lograr un equilibrio entre calidad y costos.
- La implementación del rediseño del sistema de remoción de contaminantes, junto con la metodología DMAIC, logró una reducción del 94.91% en los rechazos por defectos de gomas, eliminando pérdidas económicas significativas de \$42,708.34. Además, la pérdida de fibra disminuyó de 30% a 28%, lo que generó un ahorro de \$36,858.24. Este ahorro económico, junto con la optimización de los recursos, favorece la rentabilidad de la planta. Aunque la inversión inicial fue un desafío, el análisis del retorno sobre la

inversión (ROI) mostró su viabilidad financiera a largo plazo, con un ahorro anual proyectado de \$79,566.58. La reducción de la consistencia de la pasta fue esencial para mejorar el sistema de remoción.

6.2. RECOMENDACIONES

- Para que futuros proyectos de mejora se ejecuten en el área de molinos se recomienda poner mayor énfasis durante la etapa de evaluación, en la capacidad de todos los equipos mediante un estudio del balance entradas y salidas para evitar pasen a ser cuellos de botella, dado que el sub proceso de remoción de gomas fue donde se encontró la restricción.
- En diseños cuasiexperimentales donde se tiene las bases suficientes para inferir las causas de los problemas ligados a proyectos a desarrollarse en industrias de pulpa y papel, es necesario, tomar en cuenta las características físicas de la fibra con la finalidad de evaluar el comportamiento que se observará una vez arranque el proyecto para de ese modo prevenir afectaciones anticipándose a ellas y definiendo un modelo que permita combatirlas.
- Se necesita hacer un estudio minucioso de la pérdida por rechazo de fibra, especialmente la que concierne a rechazo por cada etapa del proceso de limpieza, tratando de aprovechar al máximo la fibra de papel lo cual se conseguiría maximizar la producción del molino MP2.
- Resulta indispensable desarrollar una cultura enfocada en la mejora continua de procesos basada en la metodología DMAIC y las herramientas de TPM (Mantenimiento Productivo Total), para seguir manteniendo el liderazgo en el mercado.
- Dar mayor empoderamiento al personal operativo por medio de capacitaciones técnicas y prácticas sobre el proceso de fabricación de papel tisú y limpones industriales, metodologías de análisis de causa raíz de problemas para la identificación de restricciones.

7. REFERENCIAS

- [1] Grupo Familia, “Somos Grupo Familia,” Cuídate en Familia.com. Accessed: Dec. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.grupofamilia.com/noticias/20-anos-grupo-familia-ecuador>
- [2] Grupo Familia, “LatAmStar Business Case,” Lasso, 1, Mar. 2023.
- [3] L. A. Vasquez-Acevedo, D. Morales-Fernandez, I. S. Terán-Pareja, and W. C. Algoner, “Improvement Proposal Using the DMAIC Method to Increase the Productivity of a Metal Label Company,” *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2023, doi: 10.18687/LEIRD2023.1.1.532.
- [4] H. F. Jimenez, A. H. Zuñiga, C. A. Londoño, J. R. Rativa, and M. R. Cortes, “Aplicación de Seis Sigma para la Reducción de Defectos en la Fabricación de Muebles de Madera en una PYME,” *Dirección y Organización*, no. 81, pp. 52–68, Dec. 2023, doi: 10.37610/dyo.v0i81.652.
- [5] D. García and C. Quispe, “Rediseño de proceso de producción la mejora de la calidad del clisé en Flexo Group,” 2019.
- [6] L. Serrano and N. R. Ortiz, “Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño,” *Estudios Gerenciales*, vol. 28, pp. 13–22, 2012, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21226279002>
- [7] A. A. Valenzuela, “Reducción de Desperdicio de papel en una Línea de conversión de Rollos de Papel,” Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil, 2017. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/43867>
- [8] D. A. Lalangui, “Rediseño de la planta de tratamiento de agua residual, aplicando un sistema de humedal artificial con flujo superficial en la extractora Teobroma,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2015. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4758>
- [9] V. A. Figueroa, “Optimización del proceso de dispersión y blanqueo oxidativo para la elaboración de papel tissue en Familia Sancela del Ecuador,” Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2015. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4691>
- [10] E. P. Cujano, “Incremento de la productividad en el molino MP5 de fabricación de papel tissue, de la empresa Familia Sancela del Ecuador S.A., Mediante la teoría de las restricciones,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19203>
- [11] M. A. Pilco, “Diseño de un sistema de recuperación de fibra celulósica a partir de corrientes de desperdicio, generadas en la elaboración de papel tissue, en la línea de producción número cinco de Grupo Familia, planta Lasso, Ecuador,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9951d5c9-8673-4370-a081-35d4ad37a0c9/content>

- [12] J. Turrado *et al.*, “Tecnología en la fabricación de papel”, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_RIADICYP_IV_Fabricacion+Papel.pdf
- [13] A. Sanz, “Tecnología de la celulosa. La industria papelera,” Química Orgánica Industrial. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>
- [14] P. Emilio, “Incremento de productividad en fabricación de papel Tissue,” Politécnica Nacional, Quito. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19203>
- [15] S. L. Vásconez, “Optimización del proceso de elaboración del papel,” Riobamba, 2018. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/8659/1/96T00461.PDF>
- [16] M. C. Area, Ed., *Panorama de la industria de celulosa y papel en Iberoamérica*. Red Iberoamericana de Docencia e Investigación en Celulosa y Papel (RIADICYP). Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_la_fabricacion_de_papel_y_carton_reciclaje_con_resumen.pdf
- [17] “Guia para la fabricacion de papel y carton reciclaje,” *eco.business found*, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_la_fabricacion_de_papel_y_carton_reciclaje_con_resumen.pdf
- [18] V. Honnold, “Developments in the Sourcing of Raw Materials for the Production of Paper,” 2009, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.usitc.gov/publications/332/journals/sourcing_raw_materials.pdf
- [19] Solution, “Sector papel en el 2021,” Coyuntura económica. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.solunion.mx/blog/sector-papel-en-2021-como-el-papel-y-el-carton-han-vuelto-a-la-normalidad-2/>
- [20] United Nations, “Circularity concepts in the pulp and paper industry,” 2023. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://unece.org/sites/default/files/2023-11/ECE_TIM_2023_Inf.5_FAO_EFC_2023_Inf.5.pdf
- [21] Figueroa Vanessa, “Optimización del proceso de blanqueo para la fabricación de papel,” 2015. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/4691>
- [22] E. Zárate, “Stickies, efectos en la fabricación de papel.” Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2008_Seminario_Reciclado_Stickies.pdf
- [23] D. Pascal, “Manual de instrucciones Depurador vertical Screen One tipo SO4-R,” *Kadant Lamort SAS, Vitry-Le*. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: file:///C:/Users/PC/Downloads/TESIS%20ISMA/Documentos%20para%20citar/SREEN%20ONE%20KADANT%20500NMSO-4_1101030-04_ES_0.pdf

- [24] W. Gomez, “Machine production efficiency by mitigating presence of stickies (adhesives) in the pulp deinking process,” Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2021. Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80590/1053777387.2021.pdf;jsessionid=32466EF36E64FD1F3CDAD0F4FAAE89BD?sequence=2>
- [25] “TAPPI Standards: Regulations and Style Guidelines REVISED,” 2018, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.tappi.org/globalassets/documents/standards/tm_guidelines_complete.pdf
- [26] P. Price and J. Lee, “PEER REVIEWED Reliable consistency measurement without rebuilding your pulp mill-a mill experience.” Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <file:///C:/Users/PC/Downloads/Consistencia%20Paper.pdf>
- [27] J. Wiley, “Making Critical Decisions A Practical Guide for Nonprofit Organizations R O B E R T A M. S N O W A N D P A U L H. P H I L L I P S Features an Easy-to-Use Matrix for Effective Decision Making,” pp. 20–22, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: <file:///C:/Users/PC/Downloads/0ba87d5286b0b82cac1112a8f48020cd.pdf>
- [28] H. Roche, “Métodos Cuantitativos Aplicados a la Administración Material de Apoyo ANALISIS MULTICRITERIO,” pp. 2–2, 2005, Accessed: Dec. 09, 2024. [Online]. Available: https://feparunsa.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/07/amc_aplicado_administracion.pdf
- [29] A. Constantino, “Una nueva forma de aplicar los 5 Porqué,” *Sologic*, Accessed: Dec. 10, 2024. [Online]. Available: <https://www.sologic.com/getattachment/48aaf971-3c43-4350-bbf1-85843b3fa0af/una-nueva-forma-de-aplicar-los-5-porque.pdf.aspx?lang=es-mx>

8. ANEXOS

ANEXO A

Promedio mensual de rechazos inicial:

$$\text{Promedio inicial} = \frac{\text{Rechazo total en 12 meses}}{12 \text{ meses}} \quad (5.12)$$

$$\text{Promedio inicial} = \frac{59 \text{ toneladas}}{12 \text{ meses}}$$

$$\text{Promedio inicial} = 4.92 \text{ toneladas por mes}$$

Promedio mensual de rechazos actual:

$$\text{Promedio actual} = \frac{\text{Rechazo total en 6 meses}}{6 \text{ meses}} \quad (5.12)$$

$$\text{Promedio actual} = \frac{1.5 \text{ toneladas}}{6 \text{ meses}}$$

$$\text{Promedio actual} = 0.25 \text{ toneladas por mes}$$

Reducción promedio mensual:

$$\text{Reducción promedio mensual} = \text{Promedio inicial} - \text{promedio actual} \quad (7)$$

$$\text{Reducción promedio mensual} = 4.92 - 0.25$$

$$\text{Reducción promedio mensual} = 4.67 \text{ toneladas por mes}$$

$$\text{Reducción promedio mensual} = 4.67 \text{ toneladas}$$

Reducción porcentual:

$$\text{Reducción \%} = \frac{\text{Reducción promedio mensual}}{\text{Promedio inicial}} \quad (7)$$

$$\text{Reducción \%} = \frac{4,67}{4.92} * 100$$

$$\text{Reducción \%} = 94,91$$

ANEXO B

Pérdida de fibra (%): Ejemplo de cálculo

Para una producción diaria de 23 000 kg y con un consumo de materia prima de 32 000 kg tenemos:

$$\% \text{ Pérdida de fibra} = \frac{\text{Materia prima (kg)} - \text{Producción(kg)}}{\text{Materia prima(kg)}} * 100$$

$$\% \text{ Pérdida de fibra} = \frac{32\ 000\ \text{kg} - 23\ 000\ \text{kg}}{32\ 000\ \text{kg}} * 100$$

$$\% \text{ Pérdida de fibra} = 28,13$$

ANEXO C

MANUAL DE OPERACIÓN CAMBIO DE POSICIÓN SCREEN ONE PPP2

1. GENERAL

1.1 DESCRICION GENERAL

El uso del área del tamizado fino en el proceso, principalmente se da para la separación mecánica de contaminantes como las gomas mayores a 0.12 mm que proviene de la materia prima reciclada.

Utilizando el equipo de limpieza instalado actualmente, Screen One, se necesita modificar la secuencia de flujo de la pasta, pasándola primero por el Screen One a baja consistencia al 2% y el aceptado enviar a la celda de destintado que sólo necesitan 1% de consistencia en la alimentación y al final del proceso pasar la pasta por el equipo espesador, aprovechando su función para recuperar la consistencia requerida para la máquina papelera de 3.0-3.5% de consistencia y así mejorar las condiciones de trabajo por el aumento de consistencia para garantizar la operación estándar, velocidad y calidad del semielaborado.

1.2 OBJETIVO

Proporcionar lineamientos claros y procedimientos estandarizados para garantizar una operación segura, eficiente y de alta calidad en la planta de preparación de pasta, optimizando el desempeño de los equipos, reduciendo contaminantes y asegurando el cumplimiento de los parámetros de consistencia.

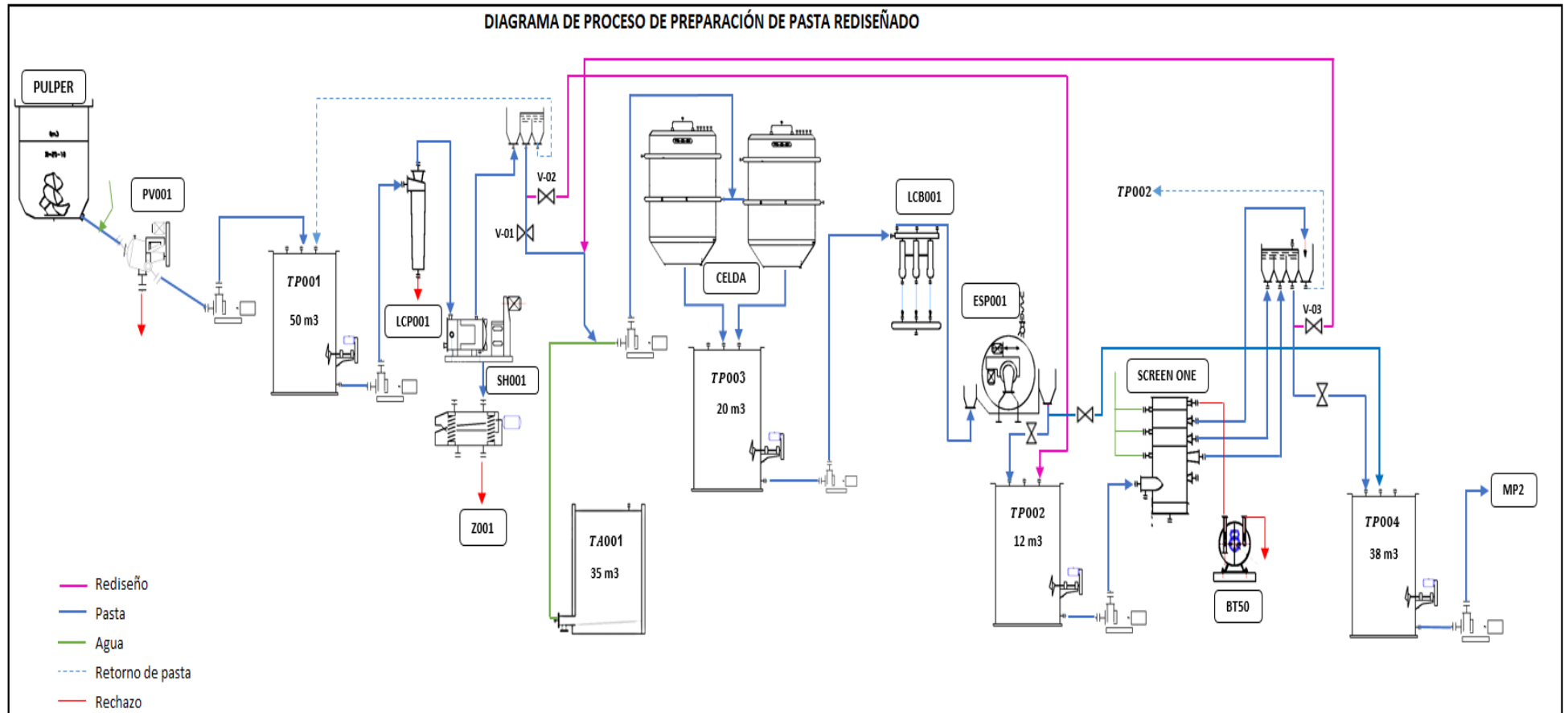
1.3 ALCANCE

Aplica para la operación de la planta de preparación de pasta 2 de Lasso, Ecuador

1.4 PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE DE LA PLANTA DE PREPARACIÓN DE PASTA 2

1. Arrancar el área de Flotación (Celda de destintado)
2. Arrancar el área del HD_C&S (Limpieza de pesados)
3. Verificar que el PP5-TP002 tenga nivel de pasta (Mínimo 50%)
4. Arrancar el área del Fine Screening_2 (Screen One)
5. Arrancar el espesador a 600 rpm

1. DIAGRAMA DE LA PLANTA DE PREPARACIÓN DE PASTA 2 REDISEÑADO



2. OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS.

Operación de la válvula V-01

Esta válvula neumática trabajará cerrada en su totalidad para cortar el flujo hacia la celda de destintado

Operación de la válvula V-02

Esta válvula neumática trabajará abierta totalmente y permitirá el paso del flujo de pasta hacia el tanque de pasta 2.

Operación de la válvula V-03

Esta válvula neumática trabajará abierta totalmente y permitirá el paso del flujo de pasta hacia la celda de destintado.

ANEXO D

Evidencia del registro de capacitación al personal operativo de la planta de preparación de pasta dos

		REGISTRO DE ASISTENCIA				Fecha: <u>Julio 2024</u> <u>Agosto 2024</u>		
Tema: <u>Capacitación de nuevos estándares de trabajo y rediseño implementado en la PP2.</u>								
Objetivo: <u>Entender la operación luego del rediseño de equipos para limpieza de la Pasta de papel.</u>								
Intensidad horaria: <u>80 horas</u>		Lugar: <u>Planta de Preparación de Pasta 2.</u>						
No.	Nombre del Asistente	Código	Cédula	Sexo		Cargo	Área	Firma
				M	F			
1	<u>EDWIN JAVIER TORQUIZA Titusón</u>	<u>102260</u>	<u>172121404-5</u>	<input checked="" type="checkbox"/>		<u>OPERADOR PP2.</u>	<u>MOLINOS</u>	
2	<u>WILMER EDUARDO PEGUÍN CAÑETA</u>	<u>105567</u>	<u>050232924-5</u>	<input checked="" type="checkbox"/>		<u>Operador PP2</u>	<u>Molinos</u>	
3	<u>Semethon Samuel Pizarro</u>	<u>102251</u>	<u>020375976-3</u>	<input checked="" type="checkbox"/>		<u>operador PP2</u>	<u>Molinos</u>	
4	<u>Julio Kleber Análisis Torquiza</u>	<u>100188</u>	<u>050278119-5</u>	<input checked="" type="checkbox"/>		<u>Operador PPP2.</u>	<u>Molinos</u>	
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								

Nombre del instructor: Ismael Ortiz Fuente de la necesidad

Empresa o Área: Molinos

Firma:

Evaluación de desempeño

Nuevos proyectos y productos

Promoción interna

Ajuste de perfiles

Inducción Corporativa

Reinducción o Entrenamiento

Solicitud del empleado

Otros

OBSERVACIONES: El personal de la planta de preparación dos se encuentra capacitada para la operación después del rediseño.

