



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
Laureate International Universities

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE
FORMACION DE PAPEL DE LA MAQUINA PAPELERA
MP7 PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION DE PAPEL
EN LA EMPRESA TRUPAL SA - PLANTA TRUJILLO**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:
Bach. Edward Vicente Marquina Vega

ASESOR:
Ing. Luis Terry Noriega

TRUJILLO – PERÚ
2013

DEDICATORIA

A Dios que como gran maestro, guía mis pasos, para un buen entendimiento, y me da las fuerzas suficientes para la realización de mis metas.

A mis padres:

Vicente y Rosa, quienes me enseñaron a afrontar los retos y vicisitudes de la vida.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado prestos para brindarme su apoyo y cariño.

A Angélica, por su paciencia y comprensión, y por hacer posible mi más grande anhelo, tener a mi hija Abigaíl mi mayor tesoro y luz de mi vida.

EPÍGRAFE

“Nunca consideres al estudio como una obligación, sino como una oportunidad de penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

(Albert Einstein)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento:

A la empresa TRUPAL S.A. por haber permitido realizar el desarrollo de mi tesis en esta prestigiosa entidad.

Al Ing. Luis Terry Noriega docente de la Universidad Privada del Norte - Trujillo, por su asesoría y apoyo en la realización de esta Tesis.

A los Ingenieros Jairo Molina Molina, Gerente de Operaciones de la Empresa Trupal S.A, Felipe Grados Rodríguez, Líder de la Oficina de Valor - Trujillo, Mario Delgado Rodríguez, Líder de Producción y Mirko Flores Alegría, Líder de Mantenimiento, quienes con su conocimiento, experiencia, amabilidad y apoyo me facilitaron el desarrollo de dicho trabajo.

Al Ingeniero Ignacio Contreras, Ejecutivo de Ventas de KADANT AES – México, y al personal Técnico de TECOINSA Perú, por su gran apoyo permitiéndome de esta manera la culminación de mi tesis.

Edward Vicente Marquina Vega

LISTA DE ABREVIACIONES

HB	: Head Box.
MP7	: Máquina Papelera 7
CMT_o	: Concora Medium Test valor mínimo.
RCT_o	: Ring Crush Test valor mínimo.
OCC	: Old Corrugated Center

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración el presente Proyecto intitulado:

“PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FORMACION DE PAPEL DE LA MAQUINA PAPELERA MP7 PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION DE PAPEL EN LA EMPRESA TRUPAL SA - PLANTA TRUJILLO”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los meses de Marzo a Octubre del año 2013, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos y/o Investigaciones.

Bach. Edward Vicente Marquina Vega

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor: Ing. Luis Terry Noriega

Jurado 1: Ing. Abel Gonzales Wong

Jurado 2: Ing. Ramiro Mas Mc Gowen

Jurado 3: Ing. Marco Baca López

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es determinar las características del proceso de fabricación de papel en la Máquina Papelera en la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo, con el fin de identificar las fallas existentes y posibles mejoras a realizar mediante planes de acción que se puedan ejecutar en la organización en búsqueda de su mejoramiento.

Para el logro de los objetivos se realizó una investigación donde se profundizó en todo el tema de Formación de Papel y Sistemas de Vacío en Mesas de Formación en Máquinas Papeleras, además de un seguimiento de 6 meses en donde se observó la evolución y desarrollo del proceso de área en estudio.

Los resultados que se lograron son:

- Se logró identificar el proceso cuello de botella en la línea de fabricación de papel con un tiempo de ciclo de 7.31 min/ton, superior al Tak Time de 6.29 min/ton.
- Se logró determinar el incremento mínimo del 6% del CMT y el 11% en la velocidad de la Máquina Papelera al implementar la propuesta de mejora.
- Con el incremento del 11% de la velocidad de la Máquina Papelera, se realizó los cálculos para el balance de línea, teniendo ahora un tiempo de ciclo de 6.19 min/ton, menor en 0.10 min/ton del Tak Time.
- Teniendo en cuenta todas las modificaciones realizadas, el B/C calculado para la propuesta de mejora es \$1.313, con un VAN de \$ 2,032.714 y un TIR de 93.3%.

ABSTRACT

The main purpose of this research is to determine the characteristics of the process of making paper in TRUPAL, to identify the existing faults and show the possible plans of action that can be executed in the organization looking for improvement.

To achieve the objectives where research was conducted deepened around the topic of Formation of Paper and Vacuum System, plus a 6 month follow up in which we analyzed the evolution and development of process of the study area.

The results achieved at the end of the research are:

- Was identified bottleneck process in papermaking line a cycle time of 7.31 min / ton, exceeding Tak Time 6.29 min / ton.
- Were unable to determine the minimum increase of 6% of the CMT and 11% in Paper Machine speed to implement the proposed improvements.
- With the additional 10% of the speed of Paper Machine, calculations are performed for the line balancing, having now a cycle time of 6.19 min / ton, down 0.10 min / ton of Tak Time.
- Given all the changes made, the B / C calculated for the proposed improvements is \$ 1,313, with an VPN of \$ 2,032.714 and an TIR of 93.3%.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
LISTA DE ABREVIACIONES	v
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO 1.....	xviii
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION.....	xviii
1.1 Realidad problemática	2
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5 Justificación.	4
1.6. Tipo de Investigación.....	4
1.7. Hipótesis.....	4
1.8. Variables.....	5
1.8.2. Operacionalización de Variables	5
1.9. Diseño de la Investigación	6
CAPITULO 2.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Antecedentes de la Investigación	5
2.2 Base Teórica	6
2.2.1 Formación de la hoja del papel.....	6
2.3 Definición de Términos	16
CAPITULO 3.....	19
DIAGNOSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL	19
3.1 Descripción general de la empresa	20
3.1.1 Historia y rubro del negocio	20

3.1.2 Visión.....	21
3.1.3 Misión	21
3.1.4 Valores	21
3.1.5 Política de seguridad, salud ocupacional y conservación ambiental ..	21
3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis.	24
3.3 Identificación del problema e indicadores actuales.....	25
3.3.1 Indicador de Producción Mensual.....	25
3.3.2 Indicador TVC (Disponibilidad, Calidad, Eficiencia).....	26
3.3.3 Indicador Eficiencia MP7	27
3.3.4 Mapa de Procesos de la Máquina Papelera	28
3.3.5 Balance de Línea en la Máquina Papelera.	30
3.3.2 Diagrama de Causa – Efecto.....	34
3.3.3 Diagrama de Pareto.-	36
3.3.5 Calidad del papel que limita el incremento de velocidad en la Máquina Papelera	38
3.3.6 Sistema de Vacío actual en la Mesa de Formación.....	39
CAPITULO 4.....	43
SOLUCION PROPUESTA.....	43
4.1 Incrementar la velocidad de la Máquina Papelera:	44
4.1.1 Generación de actividad en la Mesa de Formación.....	44
4.1.1.2 Incremento del índice CMT.....	46
4.1.2 Volumen de agua y sistema de Vacío en la Mesa de Formación.	47
4.1.2 .1 Ubicación de los equipos a utilizar en la Mesa de Formación	48
4.1.2.2 Incremento de Velocidad de la Máquina Papelera	56
4.2 Impacto en los indicadores luego de implementar la mejora:	57
CAPITULO 5.....	58
EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA	58
5.1 Inversión del proyecto.-	59
5.2 Evaluación Económica sin implementar la propuesta.....	61
5.2 Evaluación Económica de la propuesta.....	62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
6.1 Resultados y Discusiones.....	65
6.2 Evaluación Económica Actual	69

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	70
7.1 Conclusiones.....	99
7.2 Recomendaciones	100
Bibliografía	101
ANEXOS	102

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.Head Box.....	6
Figura N° 2. Distribuidor de Head Box	7
Figura N° 3. Angulo JET.....	9
Figura N° 4. Relación Velocidad Chorro y Velocidad Tela	11
Figura N° 5. VID	13
Figura N° 06. Perfil VID	13
Figura N° 07. Componentes VID.....	14
Figura N° 08. Cuchillas STEP FOIL	14
Figura N° 09. Cajones de Vacío.....	15
Figura N° 10. Control de Vacío.....	15
Figura N° 11. Indicador de Producción Mensual	25
Figura N° 12. Indicador TVC MP7	26
Figura N° 13.Indicador Eficiencia MP7.....	27
Figura N° 14. Mapa de Procesos Maquina Papelera	28
Figura N° 15.Mapa de Procesos Formación de Papel	29
Figura N° 16. Gráfico de Balance Ajustado.....	33
Figura N° 17. Diagrama Causa - Efecto	34
Figura N° 18. Diagrama de Pareto	36
Figura N° 19.Sistema de Drenado Actual.....	40
Figura N° 20. Corrida de Drenado (Blow Test).....	41
Figura N° 21. Descarga Lateral Cajón de Vacío.....	42

Figura N° 22. Labio Dentado del Head Box	45
Figura N° 23. Diseño VID	45
Figura N° 24. Drenado Gradual VID.....	46
Figura N° 25. Drenado Propuesto	47
Figura N° 26. Sistema de Drenado Propuesto	49
Figura N° 27. Separador Agua/Aire Bajo Vacío	51
Figura N° 28. Separador Agua/Aire Medio Vacío.....	52
Figura N° 29. Curva Ideal de Vacío.....	53
Figura N° 30. Separador Agua/Aire Alto Vacío	54
Figura N° 31. Curva ideal Alto Vacío.....	55
Figura N° 32. Corrida de Drenado después de la primera etapa	66
Figura N° 33. Gráfico Balance Ajustado Proyectado.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.Operacionalización de Variables	5
Tabla N° 2. Familia de Productos.....	30
Tabla N° 3. Subfamilia de Productos.....	31
Tabla N° 4. Tiempo de Ciclo Refinación.....	31
Tabla N°5. Tiempo de Ciclo por Gramaje.....	32
Tabla N° 6. Tiempo de Ciclo TRIM de Maquina	32
Tabla N° 7. Tiempo de Ciclo	33
Tabla N° 8. Causa de Baja producción de Papel	36
Tabla N° 9. No Conformidades 2012.....	38
Tabla N° 10. Incremento CMT.....	46
Tabla N° 11. Incremento de Velocidad Máquina Papelera.....	56
Tabla N° 12. Relación de Equipos de Importación	59
Tabla N° 13. Relación de equipos de fabricación nacional	60
Tabla N° 14. Resumen Inversión del Proyecto.....	60
Tabla N° 15. Estado de Resultados sin implementar la propuesta.....	61
Tabla N° 16. Estado de Resultados de la Propuesta	63
Tabla N° 17. Flujo de caja de la propuesta	63
Tabla N° 18. Velocidades de la Máquina Papelera Primera Etapa	65
Tabla N° 19. Tiempo de ciclo proyectado por gramaje.....	67
Tabla N° 20. Tiempo de ciclo proyectado.....	68

INTRODUCCIÓN

Actualmente el cumplimiento con la entrega de los pedidos a tiempo ha dejado de ser una ventaja competitiva de las empresas y se ha convertido en una característica para competir en este mercado cada vez más globalizado. Cumplir con la demanda de los clientes internos y externos nos obliga enfocarse cada vez más en los procesos internos de fabricación de papel, identificando el proceso cuello de botella y proponiendo planes de acción para ser cada vez más competitivos.

La calidad del papel y la capacidad de drenado en la Mesa de Formación son características que determina la velocidad de producción de la Máquina Papelera, variables críticas que se deben controlar para obtener una mayor eficiencia de máquina.

La resistencia física al aplastamiento CMT, se determina en función de la orientación de las fibras en sentido transversal y del peso base del papel, un adecuado método de formación de papel que garantice este objetivo, logrará incrementar el CMT por estar ligado a la formación del papel.

La capacidad de drenado en la Mesa de Formación, es un factor determinante para el incremento de velocidad debido al tiempo que demora en extraer agua de la Mesa, un reordenamiento en los elementos de drenaje de la Mesa de Formación y el aumento en la capacidad del Sistema de Vacío permite el incremento de velocidad de la máquina.

Al tener una mayor capacidad de drenado y método de formación que garantice una adecuada orientación de las fibras permite incrementar la velocidad de producción, lo que se traduce en una mayor capacidad de producción y cumplimiento con la demanda de los clientes internos y externos.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación sobre la implementación de la propuesta de mejora en la Máquina Papelera en la Empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo, se describe en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación, realizando un diagnóstico, describiendo los actuales problemas que se tienen en la Máquina Papelera. Se propone implementar mejoras para incrementar el volumen de producción.

En el Capítulo II, se menciona los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación. Se menciona brevemente el proceso de fabricación de papel.

En el Capítulo III, se describe el diagnóstico actual realizado en la Máquina Papelera de la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo, analizando cada etapa de los procesos e identificando la oportunidad de mejora

En el Capítulo IV, se presenta la solución propuesta a los problemas que presenta la Máquina Papelera de la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo, se muestra cálculo de reducción del tiempo de ciclo, el incremento de velocidad de la Máquina Papelera.

En el Capítulo V, se presenta el análisis económico actual y propuesto por la implementación de la mejora en la Máquina Papelera, donde el costo beneficio aumenta de \$1.042 a \$1.084.

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio.

Además la presente investigación permitirá a los lectores conocer el proceso de fabricación de papel a partir del bagazo de la caña de azúcar.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1 Realidad problemática

En el último año los indicadores de producción de la Maquina Papelera en la Planta TRUPAL – Trujillo, no cumplieron con la meta propuesta, tal es así que el promedio de la producción mensual del 2012 fue de 5,213TM de papel, muy por debajo de la meta 6,500TM de papel mensual.

La planta TRUPAL – Trujillo abastece de aproximadamente 4,000 TM de papel de su producción mensual a las convertidoras de TRUPAL – Lima (dependiendo de la época en el año), la cual transforma el papel y le da un valor agregado, las cajas de cartón corrugado, el incumplimiento en la entrega de los pedidos obliga a TRUPAL – Lima importar papel para poder cubrir su demanda de materia prima y cumplir con la entrega de sus pedidos.

La planta TRUPAL – Trujillo vende cerca de 2,500 TM de papel mensual al mercado nacional y exterior como es el caso de GRUPO PAPELERO en Ecuador, LA PAPELERA y EMPACAR en Bolivia, CARTONASA en Colombia, INTERNATIONAL PAPER y CARTOCOR en Chile; PAPELSA, INGENIERIA EN CARTONES, FABRICA CERUTI, estos en la ciudad de Lima .

El bajo nivel de producción en la Maquina Papelera y el retraso en la entrega de los pedidos para ventas de exportación, obligan a interrumpir la fabricación de los pedidos para TRUPAL – Lima (genera desabastecimiento a nuestro cliente interno) para cumplir con las fechas de despacho y así evitar generar sobrecostos al separar espacios y no utilizarlos en los Barcos cuando se exporta vía marítima (GRUPASA – Ecuador) y la flota terrestre cuando se despacha a Bolivia.

1.2 Formulación del Problema

¿De qué manera la propuesta de mejora en el proceso de formación de papel incrementará el volumen de producción de la Máquina Papelera en la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo?

1.3. Delimitación de la investigación:

La presente investigación se realiza en las instalaciones de la Empresa TRUPAL – Planta Trujillo, en el área de Producción – Maquina Papelera, en donde se estudiarán las propuestas de mejora para incrementar la producción del papel.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Incrementar la Producción de papel mediante la implementación de la propuesta de mejora en el proceso de formación de papel en la Máquina Papelera de la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los indicadores actuales de Producción de papel en la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo.
- Determinar las condiciones de operatividad del proceso de formación de papel en la Máquina Papelera de la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo.
- Prever el impacto económico que traerá la implementación de la propuesta de mejora en el proceso de formación de papel en la Máquina Papelera para incrementar la Producción de papel en la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo

1.5 Justificación.

La presente investigación se justifica en cuanto a la necesidad de poder obtener una mayor producción de papel con la misma calidad sin afectar el costo, utilizando las mejoras en la Máquina Papelera.

En el aspecto económico se justifica, debido a que la implementación de las mejoras en la Máquina Papelera de la empresa, permitirá incrementar la calidad del papel, permitiendo de esta manera el incremento de la velocidad de la Máquina Papelera y con ello la producción de papel, la reducción de las No Conformidades por papel de baja calidad y por ende la reducción en los costos de Calidad y la dilución de costos fijos.

En el aspecto académico, se justifica ya que la presente investigación al aplicar herramientas de ingeniería, servirá como guía o instrumento de consulta para futuras investigaciones

1.6. Tipo de Investigación

1.6.1 Por la orientación: Investigación aplicada

1.6.2 Por el Diseño: Pre-experimental.

1.7. Hipótesis

La propuesta de mejora en el proceso de formación de papel de la Máquina Papelera incrementará la Producción de papel en la empresa TRUPAL SA – Planta Trujillo.

1.8. Variables

1.8.1. Sistema de variables

- **Variable independiente.**

Propuesta de mejora en el proceso de formación de papel en la Máquina Papelera

- **Variable dependiente.**

Incremento de producción de papel

1.8.2. Operacionalización de Variables

A continuación se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependiente:

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variables	Subvariable (si es que lo tuviera)	Definición	Indicadores
Propuesta de Mejora	CMT	Prueba física que determina la resistencia física al aplastamiento	Indice CMT
	Consistencia en el Headbox	Peso de una concentración completamente seca en un litro de pasta	% Consistencia en el Headbox.
Incremento de Producción	Incremento Producción	Aumento en el vol. De producción	% Incremento Vol. Producción.
	Reducción No Conformidades	Reducción de No Conformidades por CMT Bajo.	% Reducción No Conformidades.
	Cumplimiento Plan Producción	Cumplimiento con los pedidos de fabricación.	% Cumplimiento Plan Producción

Fuente: Elaboración Propia

1.9. Diseño de la Investigación

Para la presente investigación la formalización del diseño fue el siguiente:



De donde:

O_1 = Producción antes de aplicar la mejora.

O_2 = Producción después de aplicar la mejora.

CAPITULO 2

REVISIÓN DE

LITERATURA

2.1 Antecedentes de la Investigación

Anzar, Edgar (2012) en la propuesta hecha a la Gerencia de Operaciones - Papel de TRUPAL, señala que el medio para poder incrementar la producción de papel en las Maquinas Papeleras: MP1, MP2 (en Lima) y MP7 (en Trujillo), es incrementar las resistencias físicas del papel que están ligadas a la formación de la hoja, esto debido al tipo de papel que se fabrica en estas máquinas (*Paper Corrugated y Test Liner*); para ello es necesario incrementar las resistencias transversales de la hoja, mediante la modificación del Labio superior del *HeadBox* pasando de un Labio Liso a uno Dentado con la finalidad de modificar la energía cinética del Jet, incrementado la velocidad de salida combinándola con chorros a la velocidad normal, este efecto se potencializa al pasar por los generadores de actividad en la Mesa de Formación *Velocity Induced Drainage* VID; el segundo paso es incrementar el volumen de agua presente en la Mesa de Formación con la finalidad de dar más libertad a la fibra de poder acomodarse en sentido transversal y ello nos lleva a la necesidad de poder desalojar esa mayor cantidad de agua.

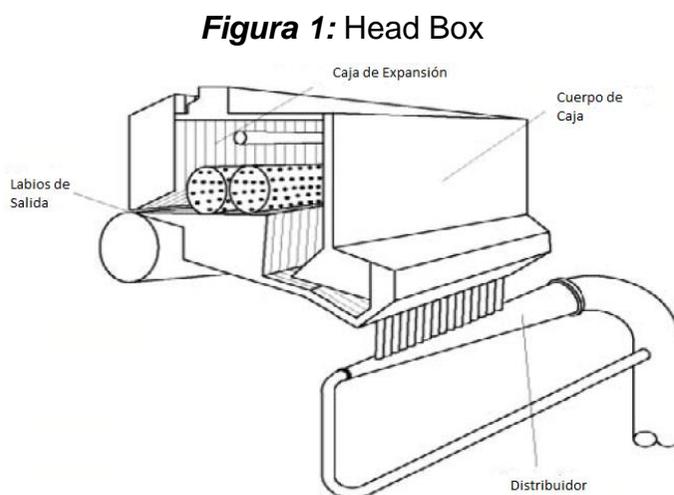
2.2 Base Teórica

2.2.1 Formación de la hoja del papel

Luego de haber realizado una conveniente mezcla de materias primas (fibras, aditivos, pigmentos, etc.) en los tanques de mezclas, empieza la formación de la hoja de papel, es decir, se tratará de transformar un caudal de esa pasta diluida en una lámina delgada, ancha y uniforme con todos los componentes perfectamente distribuidos, esta lámina constituye lo que más tarde será la hoja de papel.

En la industria papelera, se entiende por formación de la hoja a la disposición mediante las cual las fibras se entre lazan unas con otras. Esta formación de la hoja se realiza en dos partes bien diferenciadas:

A. Head Box (Cajas de entrada)



Fuente: Hannu Paulapuro, Second Edition

La principal función del Head Box es distribuir la mezcla uniformemente en todo el ancho de la sección de la Mesa de Formación, por ejemplo el flujo de una tubería 800 mm se transforma en un chorro de 25 mm de espesor por 5000 mm, con absolutamente el mismo caudal y dirección de flujo en todo lo ancho a la salida del Head box.

Una simple ecuación relaciona la abertura que requiere del Labio h (mm) para formar un papel de gramaje w (g/m²) a partir de una concentración de la mezcla de c (g/l) está dada en la siguiente ecuación:

$$W = Rhc$$

Dónde:

R: es el factor de retención.

h: es la abertura del labio en mm.

c: es la concentración de la mezcla g/l

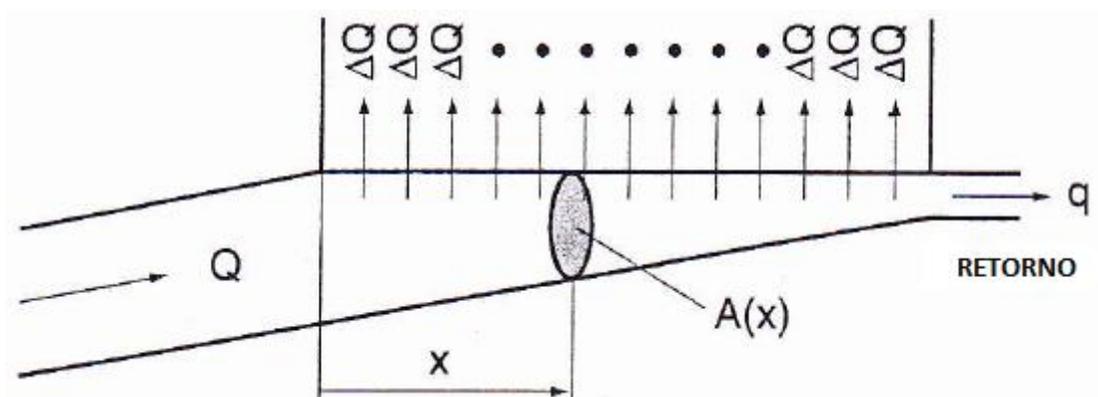
W: gramaje del papel en g/m²

a. Distribuidor.-

Los distribuidores por lo general constan de una cabecera cónica, un canal que corre a todo lo ancho del Headbox (Caja de entrada), la descarga se lleva a cabo sucesivamente a través de agujeros en la pared del canal.

Para que el chorro entregado por el Headbox (Caja de entrada) sea perfecto, el flujo que pasa a través de cada agujero Q debe ser igual. Esto significa que la presión estática a lo largo del canal de distribución debe mantenerse constante, la caída de presión por fricción a lo largo del canal por lo tanto debe ser compensada por un aumento de presión correspondiente.

Figura 2: Distribuidor de Head Box



Fuente: Hannu Paulapuro, Second Edition

El incremento de presión se puede lograr mediante de la velocidad de flujo a lo largo del canal en presión estática por una sucesiva reducción de la velocidad de flujo. Esto es posible ya que el flujo volumétrico a lo largo del canal disminuye gradualmente debido a los flujos de descarga, la siguiente ecuación describe la velocidad de flujo a lo largo del canal:

$$u(x) = \frac{Q - n(x)\Delta Q}{A(x)}$$

Dónde:

$n(x)$: es el número de tubos de descarga de ΔQ antes de la posición x .

$A(x)$: área de sección transversal.

Q : flujo de entrada.

ΔQ : es la diferencia del flujo de entrada y el flujo de salida.

El área de sección transversal $A(x)$ cambia a lo largo del canal de modo que, para mantener el flujo de entrada Q y el flujo de retorno q , se debe mantener una presión estática constante a todo lo largo del canal.

b. Headbox de colchón de aire.-

Las cajas de colchón de aire son una modificación de las cajas originales completamente abierta, donde la gravedad es la única fuerza motriz para la salida a través de los labios del Headbox; en la Cajas abiertas, para poder desarrollar altas velocidades se necesita una considerable altura de mezcla, es decir para para una velocidad del chorro de 250 m/min se requiere una altura de mezcla de 0.9m.

Para desarrollar mayores velocidades se requiere cerrar el headbox (Caja de entrada) y colocar un colchón de aire a presión sobre la mezcla en la cámara de equalización, la necesaria para generar de velocidad del chorro; el colchón de aire compresible tiene un efecto de amortiguación de las fluctuaciones de presión en el flujo de mezcla al entrar en el headbox.

Dentro de las cajas de entrada se colocan rodillos perforados para uniformar la mezcla y la velocidad de flujo a través de lo ancho del Headbox.

c. Angulo Jet y la velocidad.-

Como se ha mencionado, los requisitos para formar el chorro son que la velocidad y la dirección de flujo sean constantes a través de todo el ancho de la máquina. La siguiente figura muestra la descarga y la abertura del labio superior, el segundo para reducir el espesor de la capa formada a lo largo de los labios a través de una aceleración de mezcla. Debido a la contracción del chorro, el espesor h del chorro es siempre menor a la abertura del labio h_0 , la relación se denomina coeficiente μ contracción del chorro:

$$\mu = \frac{h}{h_0}$$

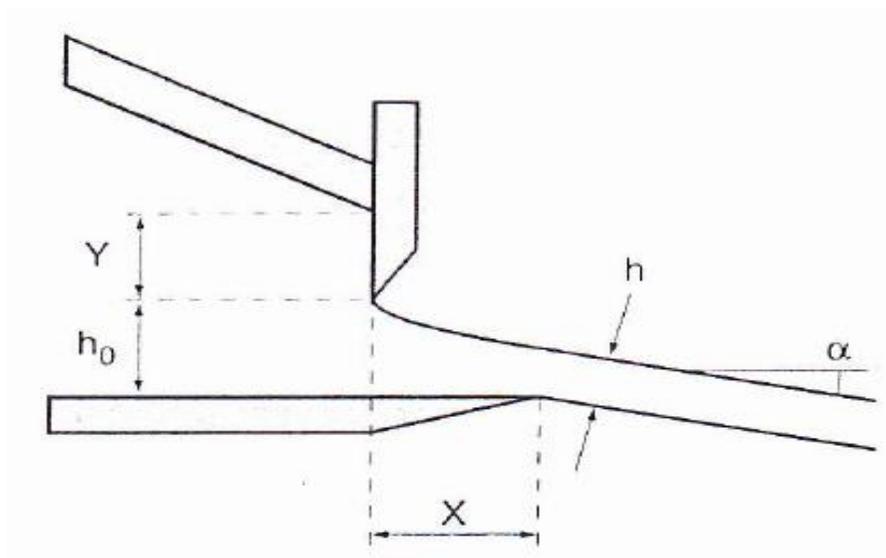
Dónde:

μ : coeficiente de concentración del chorro.

h : espesor del chorro.

h_0 : abertura del labio

Figura 3: Angulo JET



Fuente: Hannu Paulapuro, Second Edition

El coeficiente de contracción μ y el ángulo α depende del ángulo de inclinación del labio superior del Headbox, la posición saliente del labio hacia abajo con respecto a Y/h_o y el saliente horizontal del labio inferior X/h_o . Un movimiento vertical del Labio superior puede ajustar la abertura del labio h_o como se muestra en la figura anterior.

El ángulo α y la ubicación de aterrizaje del chorro en la Mesa de Formación puede ser controlada por cambiando la protuberancia X del labio inferior.

d. Relación de la Velocidad del chorro y la velocidad de la Tela.-

Para que haya una adecuada operación la velocidad del chorro debe adecuarse a la velocidad de la Tela de Formación, la velocidad de salida del chorro del Headbox se obtiene con la altura de la mezcla y la presión de del colchón de aire dentro del headbox.

La Velocidad del flujo proveniente del Headbox está directamente relacionada con la altura de carga detrás de la regla (Labio superior del Headbox).

La presión en el Headbox determina la velocidad de salida del chorro del labio de acuerdo con la siguiente ecuación:

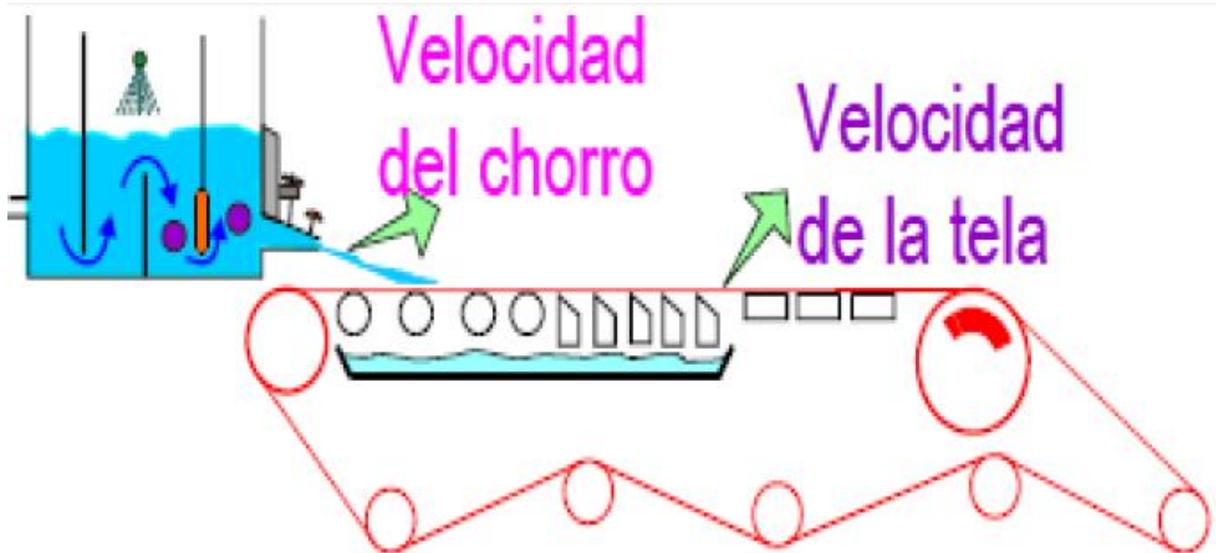
$$V_c = \sqrt{2gH}$$

Dónde:

- Vc: Velocidad del chorro
- g: Aceleración de la gravedad
- H: altura total en mmH₂O.

Aquí H es la suma de la altura de la mezcla en el Headbox y la altura de la presión de la cámara de aire con relación a la atmosfera circundante

Figura 4: Relación Vel. Chorro y Vel. Tela



Fuente: Hannu Paulapuro, Second Edition

La relación de la velocidad del chorro y la de la Tela está dada por la siguiente formula:

$$\frac{V_{\text{chorro}}}{V_{\text{tela}}} = R$$

Dónde:

R: relación entre la velocidad del chorro y la velocidad de la tela

V chorro: Velocidad del chorro

V tela: Velocidad de la tela

El valor R de la relación influye en la formación de la hoja del papel.

A. Mesa de formación.-

Una Mesa de Formación consta de típica consta de tres zonas:

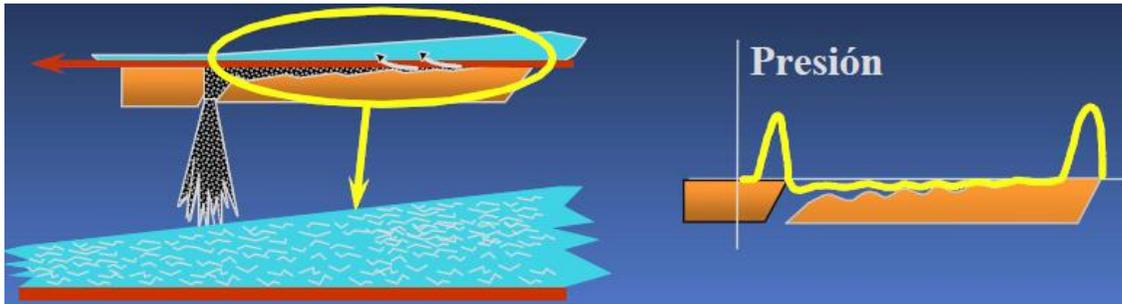
- **Primer tercio (Zona de formación):** Donde se forma la hoja, se trata de disminuir el drenado y maximizar la actividad, se utilizan elementos gravitacionales y de activación.
- **Segundo tercio (Zona de drenado):** Zona donde se incrementa el drenado y se disminuye la actividad, se utilizan elementos de drenaje de bajo y medio vacío.
- **Tercer tercio (Zona de consolidación):** Zona en donde se maximiza el drenado y minimiza la actividad, la hoja alcanza su máxima consistencia antes del prensado, se utilizan elementos de medio y alto vacío.

Formación de la hoja de papel por actividad, se define, como un movimiento irregular y controlado; los mecanismos para generar actividad son las cuchillas Velocity Induced Drainage (VID), cuchillas Step Foil, unidades de actividad de bajo vacío.

Velocidad de Drenaje Inducido VID

La tecnología de formación VID es un sistema de formación que aprovecha la energía hidrodinámica producida por la velocidad del chorro para mejorar drásticamente las propiedades de la hoja de papel y aumentar el potencial de drenaje de la maquina *Fourdrinier*.

Figura 5: VID



Fuente: KADANT AES

i. Ventajas:

- Pulso largo de bajo vacío por divergencia de la tela.
- No hay ΔP alto, no forma depositación fibrosa.
- Generación de contraflujos en la cuchilla.
- El agua es drenada gradualmente.
- La hoja se forma sin sobrepresión.
- Los finos permanecen en la hoja.

ii. Función de la cuchilla VID:

- Induce contraflujos a través de la tela.
- Promueve el mecanismo de espesado.
- Mejora la formación e incrementa el drenado.
- Bajo ΔP mejora la retención.

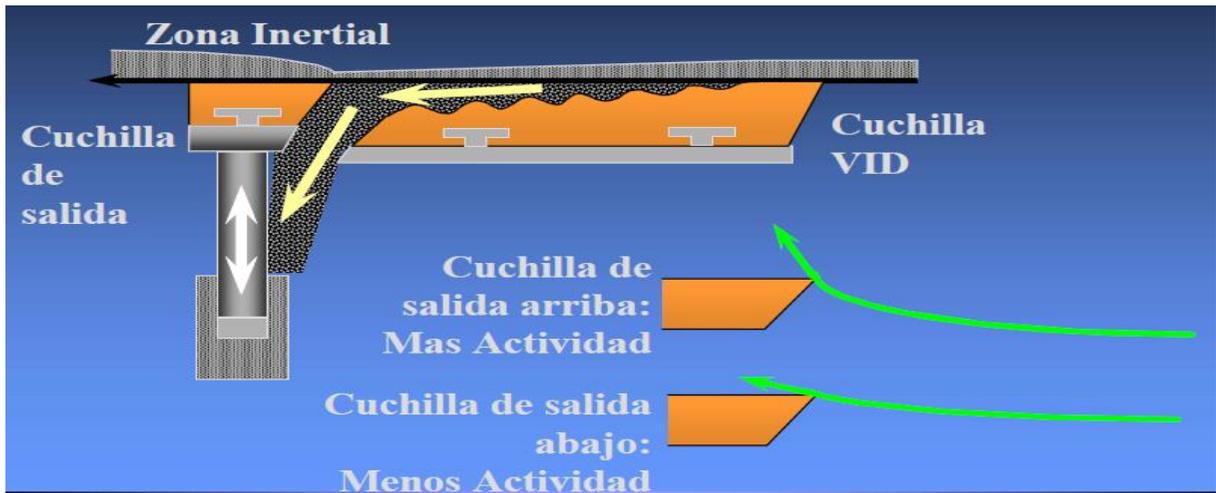
Figura 6: Perfil VID



Fuente: KADANT AES

Componentes del VID

Figura 7: Componentes VID

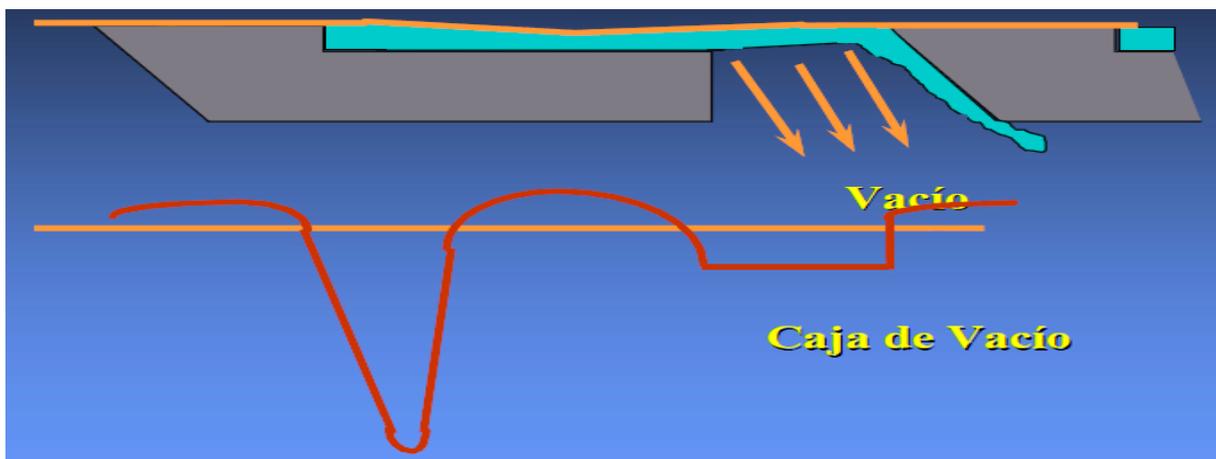


Fuente: KADANT AES

Zona inercial.- La alta actividad proviene de la deflexión de la Tela generada por la Velocidad inducida por el vacío empujando la Tela hacia abajo.

Cuchillas STEP FOIL.-

Figura 8: Cuchillas STEP FOIL



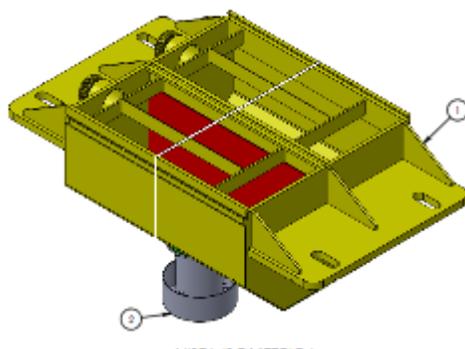
Fuente: KADANT AES

Estos elementos son usados en las Cajas de vacío, de ahí que la generación de actividad es asistida por vacío. La actividad es generada por deflexión de la Tela,

la deflexión es generada por vacío, el aplicar vacío promueve el drenado del agua filtrando la solución fibrosa.

a. Unidades Foil de Gravedad (Unidades de Bajo Vacío)

Figura 9: Cajones de Vacío

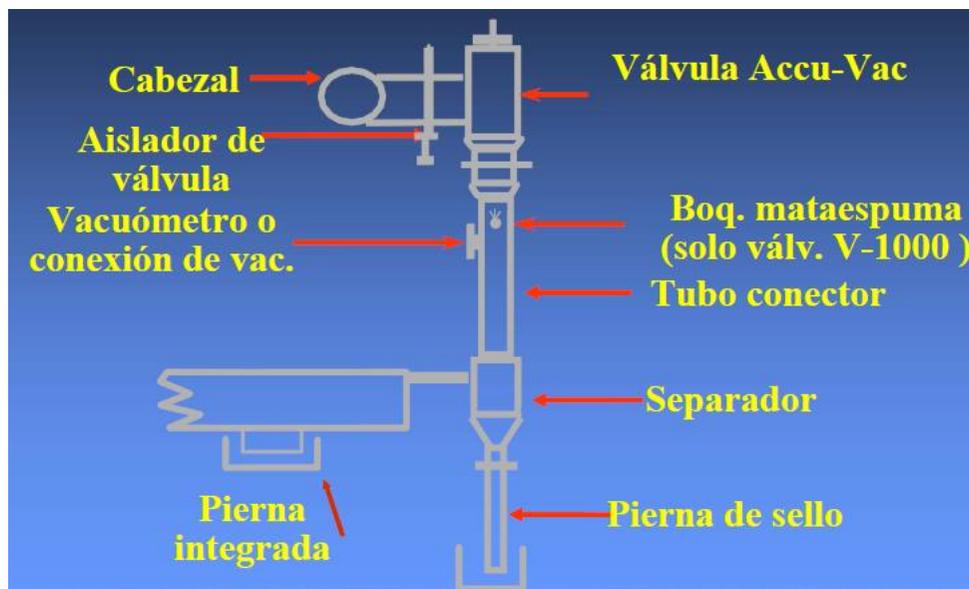


Fuente: La Empresa

Cuentan con pernas de sello integradas en el cajón, tienen salidas laterales con piernas de sello laterales externas pueden ser de doble o triple compartimiento.

En la siguiente figura se muestra el típico de control de Bajo Vacío con piernas integradas

Figura 10: Control de Vacío



Fuente: KADANT AES

B. Método de formación por actividad

El método de formación de papel por actividad consiste en utilizar un Labio Superior Dentado en el Headbox, con ello se logra modificar la energía cinética del Jet incrementando la Velocidad de Salida combinándola con chorros a la velocidad normal, este efecto se maximiza al depositarse el chorro sobre el *Forming Board* y se potencializa al pasar por las cuchillas VID (*Velocity Induced Drainage*) y los *Step Foil* (Cajas de Vacío). Con todo ello se tiene que incrementar el volumen de agua presente en la Mesa de Formación para evitar la floculación de la pasta y dar mayor libertad a la fibra para poder acomodarse en sentido transversal a la dirección máquina.

2.3 Definición de Términos

- **Formación de papel por actividad.-** Formación del papel que utiliza un movimiento irregular y controlado en el primer tercio de Mesa de Formación para acomodar a la fibra en la formación de papel.
- **Formación de la hoja de papel.-** Disposición mediante la cual las fibras se entrelazan unas con otras formando un conglomerado de fibra que viene a constituir el papel.
- **Head Box.-** Caja de entrada que transforma un caudal tubular en un suministro de caudal uniforme a lo ancho de la Mesa de Formación.
- **Velocidad Jet.-** Velocidad del chorro de salida del Headbox, conjuntamente con la velocidad de la Mesa de Formación (Velocidad de Tela formadora) influyen en la deposición de las fibras que van a influir en las Calidad del papel (CMT)
- **CMT (*Corrugated Medium Test*)-** Es la Resistencia física al aplastamiento de la onda del papel corrugado, este valor está en función al peso base del papel.

- **Gramaje.-** Peso del papel en gramos por metro cuadrado.
- **Peso BD (*Bone Dry*)-** Peso del papel completamente seco (Peso sin la humedad del papel).
- **Consistencia.-** concentración completamente seca de un litro de pasta, se expresa en g/l o %
- **Peso AD.-** Peso del papel incluido la humedad (Peso que se registra en la balanza)
- **Grado Freeness.-** Es una medida indirecta del grado de refinación de la pulpa o pasta, además nos indica el grado de drenabilidad de la pasta en la Mesa de Formación.
- **Número Kappa.-** Número que refleja el grado de cocimiento de la pulpa de bagazo.
- **Flujo.-** Volumen de pasta que ingresa al proceso en un determinado tiempo.
- **Formulación.-** La composición del papel, cantidad de pulpa de bagazo y cantidad de cartón reciclado, se expresa en porcentaje.
- **Humedad.-** Cantidad de agua presente en una masa de papel (se expresa en porcentaje)
- **Forming Borad.-** O tablero de formación, es el primer elemento dentro de la Mesa de Formación que recibe al chorro de pasta proveniente del Headbox.
- **VID.-** Velocity Induced Drainage, elemento que genera la actividad en el primer tercio de la Mesa de Formación.
- **Step Foil.-** Cubierta de diseño especial de las cajas de vacío en el Primer y segundo tercio de la Mesa de Formación

- **Floculación.-** Proceso químico mediante el cual se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua.

- **Mesa de Formación.-** Equipo mediante el cual se da inicio a la formación de la hoja de papel.

- **Sistema de Vacío.-** Conjunto de equipos que drenan el agua presente en la Mesa de Formación.

CAPITULO 3
DIAGNOSTICO DE LA
REALIDAD ACTUAL

3.1 Descripción general de la empresa

3.1.1 Historia y rubro del negocio

En 1991, el Grupo Gloria adquirió la empresa Centro Papelero SAC, teniendo como principal actividad la fabricación y comercialización de toda clase de papeles y cartones. Posteriormente el negocio fue incrementando en la producción de cajas de cartón corrugado.

El 2005 como complemento de negocio se implementa las líneas de empaques flexibles. En setiembre del mismo año Centro Papelero pasó a ser líder en volumen y facturación de empaques de cartón corrugado.

El 2006 se compran las acciones y activos de Trupal SA, empresa líder en la fabricación de corrugado medio a base de bagazo de la caña de azúcar con lo cual se consolida y asegura el abastecimiento de paper board para la compañía.

El 2007 se compraron las acciones de Manufacturera de Papeles y Cartones del Perú SA, empresa dedicada a la fabricación de papeles y cartones, como también cajas de cartón corrugado, que luego de un proceso concursal se procedió a su liquidación.

El 2008, el Grupo Gloria consolida el negocio de papeles, cartones y empaques flexibles con la fusión de Centro Papelero SAC y Trupal SA, quedando el nombre de Trupal SA.

Actualmente, la empresa es líder en la fabricación de cajas estándar y troqueladas de cartón corrugado y micro corrugado en diferentes combinaciones de ondas, así como también líder en la fabricación de papel liner , para corrugar, especiales, de diferentes gramajes y empaques flexibles con tecnología de punta. Aunado esto a las líneas de impresión offset, esquineros y accesorios de empaque.

3.1.2 Visión

En el 2015 seremos una corporación con ventas mayores a los 400' dólares con un 25% fuera del Perú.

3.1.3 Misión

Brindar un servicio extraordinario e innovador a nuestros clientes

3.1.4 Valores

- Profesionalismo
- Búsqueda de la excelencia
- Sentido de Pertenencia
- Optimización de recursos
- Espíritu emprendedor
- Calidad humana.

3.1.5 Política de seguridad, salud ocupacional y conservación ambiental

TRUPAL SA busca mejorar permanentemente sus niveles de productividad y calidad, promoviendo el concepto de seguridad, salud ocupacional y compromiso con la conservación ambiental como un estilo de vida, consolidando así el pensamiento, sentimiento y la voluntad en la acción de cada trabajador.

Es nuestra política:

TRUPAL SA empresa dedicada a la fabricación de papeles, cartones, cajas y empaques flexibles busca mejorar permanentemente sus niveles de productividad y calidad, promoviendo el concepto de seguridad, salud ocupacional y compromiso con la conservación ambiental como un estilo de vida.

Es nuestra política:

- **Proveer un ambiente de trabajo seguro, sano y confortable** a nuestros trabajadores, contratistas, subcontratistas y visitantes, identificando los peligros y valorando los riesgos para obtener niveles razonables de seguridad, eficiencia y calidad en las labores y actividades que desarrollamos bajo el lema “tolerancia cero” en accidentes.
- **Desarrollar una cultura de prevención de pérdidas**, asegurando la protección de la seguridad y salud ocupacional de todos los miembros de la organización (colaboradores, contratistas, visitantes), mediante la prevención de las lesiones, dolencias, enfermedades e incidentes relacionados con el trabajo; protección de los equipos, los procesos y el ambiente que rodea a nuestras instalaciones.
- **Cumplir o superar las regulaciones legales nacionales** y otros requisitos sobre seguridad, salud ocupacional y gestión ambiental.
- **Efectuar la investigación de accidentes**, con el fin de analizar las causas inmediatas y causas básicas definiendo las acciones preventivas y correctivas en forma clara, efectiva e inmediata; contribuyendo con la mejora continua y los procesos y actividades.
- **Facilitar, difundir y capacitar procedimientos** para que todo trabajador tenga la capacidad identificar peligros y evaluar riesgos inminentes que puedan dañar su integridad física o salud durante su actividad diaria y este

sea capaz de prevenirlos, comunicarlos o controlarlos para asegurar la continuidad del trabajo de manera segura.

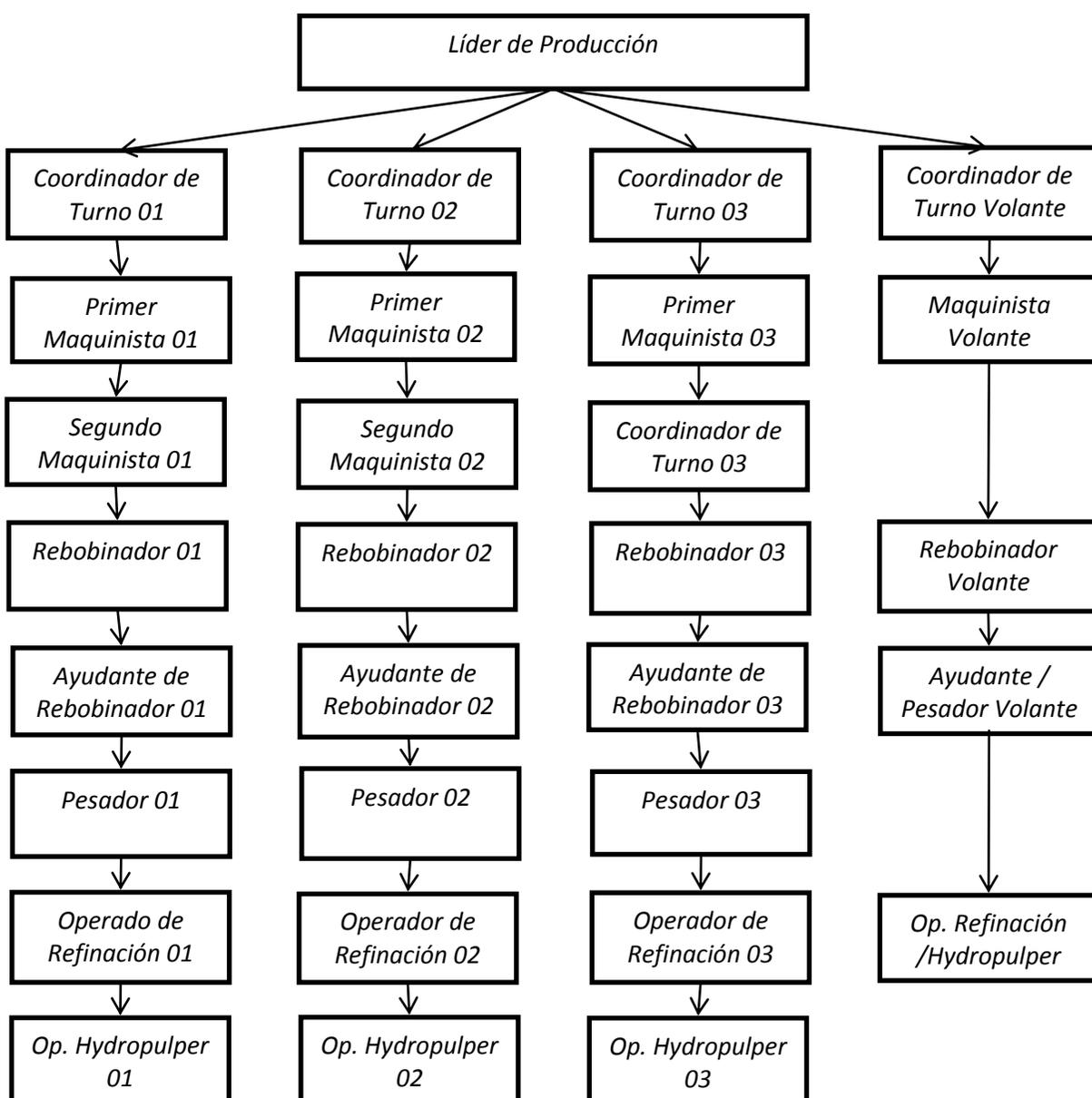
- **Establecer canales de comunicación permanentes con nuestro personal**, el entorno social y comercial, para mejorar la calidad de nuestras operaciones y servicios y garantizar que los trabajadores son consultados y tengan la oportunidad de participar activamente en todos los elementos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

- **Infundir la práctica de ORDEN y LIMPIEZA** en todas nuestras operaciones.

- **Desarrollar, difundir, ejecutar y mejora continua de planes y/o procedimientos** para la gestión del sistema de Seguridad y Salud en el trabajo, considerando planes de capacitación, de respuesta a emergencias y cuidado ambiental, para prevenir y controlar la continuidad de os procesos en forma segura, minimizando el impacto de vuestras operaciones en el ambiente; los mismos que deberán ser controlados, verificados y evaluados con el fin de asegurar la mejora continua del desempeño del sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.

3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis.

El área, objeto de análisis es el área de Producción – Maquina Papelera (TRUPAL – Planta Trujillo) el cual está constituido en base al siguiente organigrama.



Administrativamente contamos con 5 personas. En la parte operativa, tanto en la Maquina Papelera como en el Hydrapulper (Planta preparación de pasta) trabajan 25 personas.

La operación de la maquina la realiza los maquinistas y operarios. El Líder de producción y los Coordinadores de Turno son los que velan por el cumplimiento del plan de producción, eficiencia de la maquina papelera y la calidad del producto.

3.3 Identificación del problema e indicadores actuales

3.3.1 Indicador de Producción Mensual

El siguiente indicador muestra el nivel de cumplimiento al Plan de producción de la máquina papelera:

Figura 11: Indicador de Producción Mensual



Fuente: La Empresa

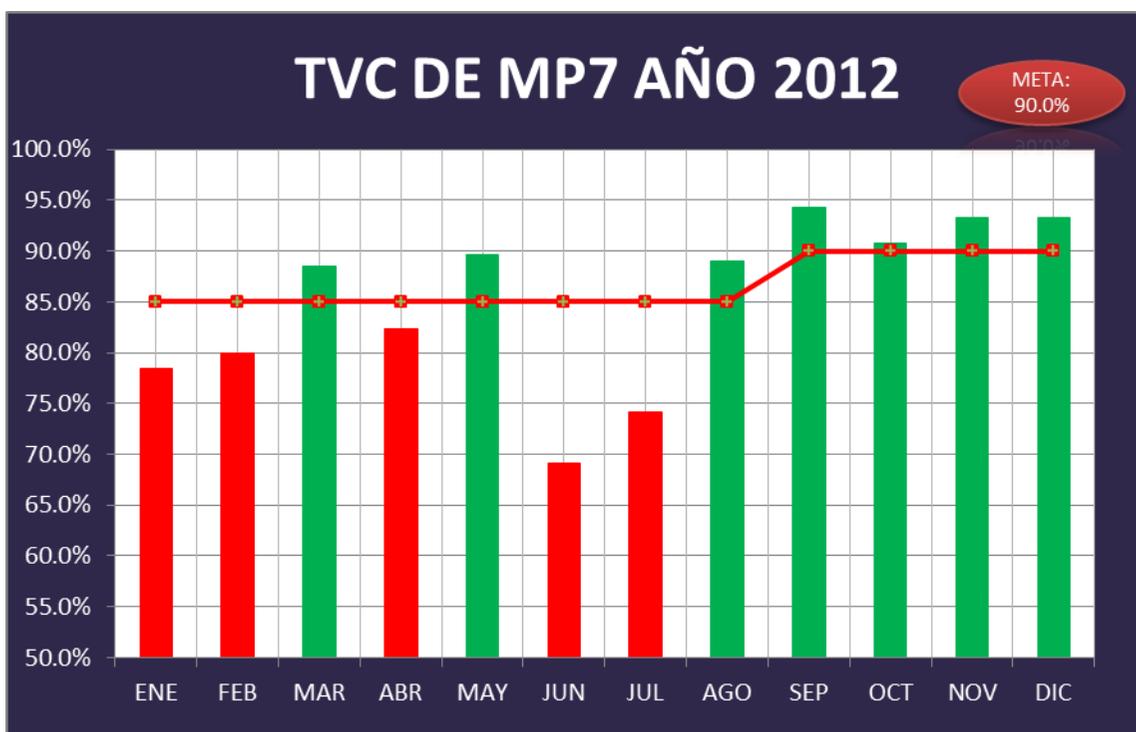
La meta de producción mensual es de 6,500TM de papel, durante el 2012 solamente en el mes de Diciembre se llegó a estar cerca de la meta con 6,480.98TM de papel.

3.3.2 Indicador TVC (Disponibilidad, Calidad, Eficiencia)

El indicador TVC es un indicador compuesto por los siguientes indicadores: Disponibilidad, Calidad y Eficiencia.

Indicador TVC MP7 año 2012:

Figura 12: Indicador TVC MP7



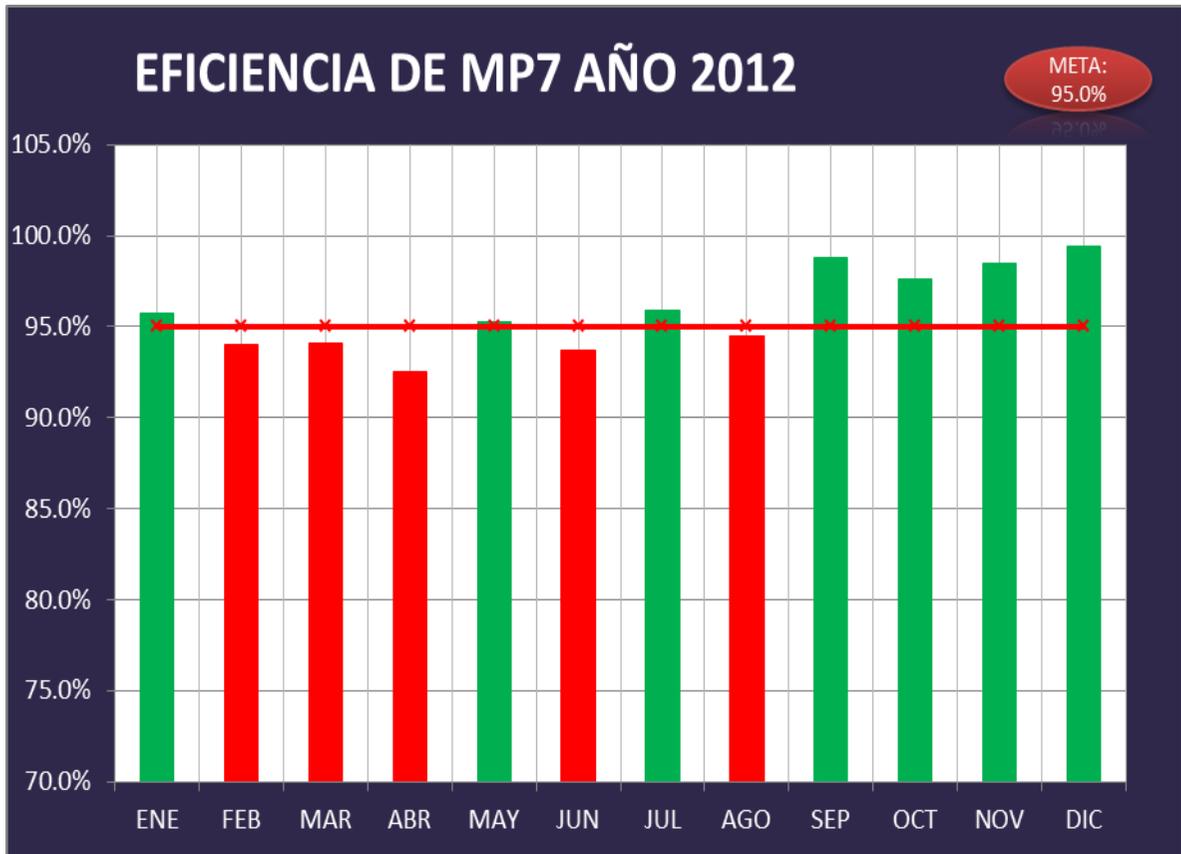
Fuente: La Empresa

El indicador TVC de la MP7 en el año 2012 se ve afectado en gran medida por la disponibilidad, debido a las continuas paradas de planta por problemas externos.

3.3.3 Indicador Eficiencia MP7

El indicador de eficiencia está íntimamente relacionado con la velocidad con la que se produce el papel (Velocidad de Maquina).

Figura 13: Indicador de Eficiencia MP7

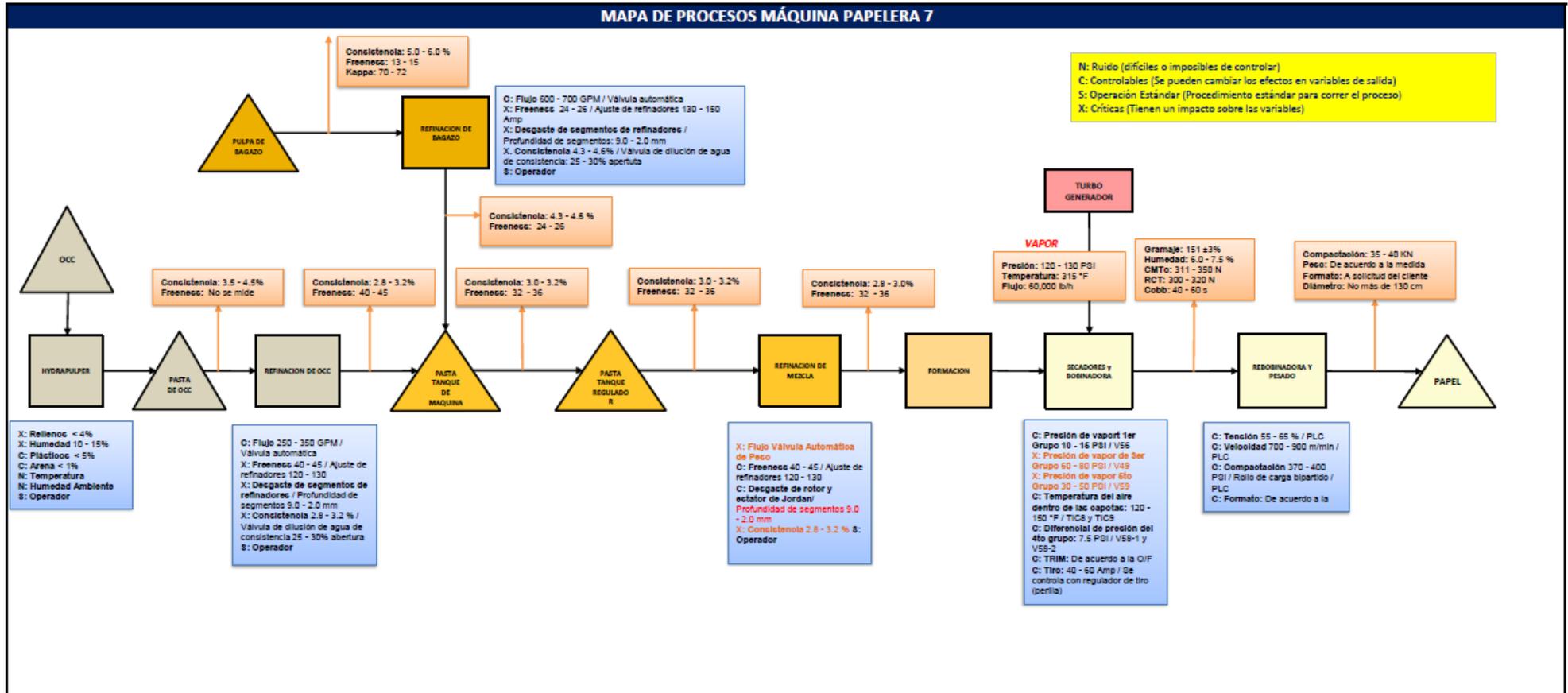


Fuente: La Empresa

3.3.4 Mapa de Procesos de la Máquina Papelera

El Mapa de Procesos de la Máquina Papelera se muestra en la figura 14.

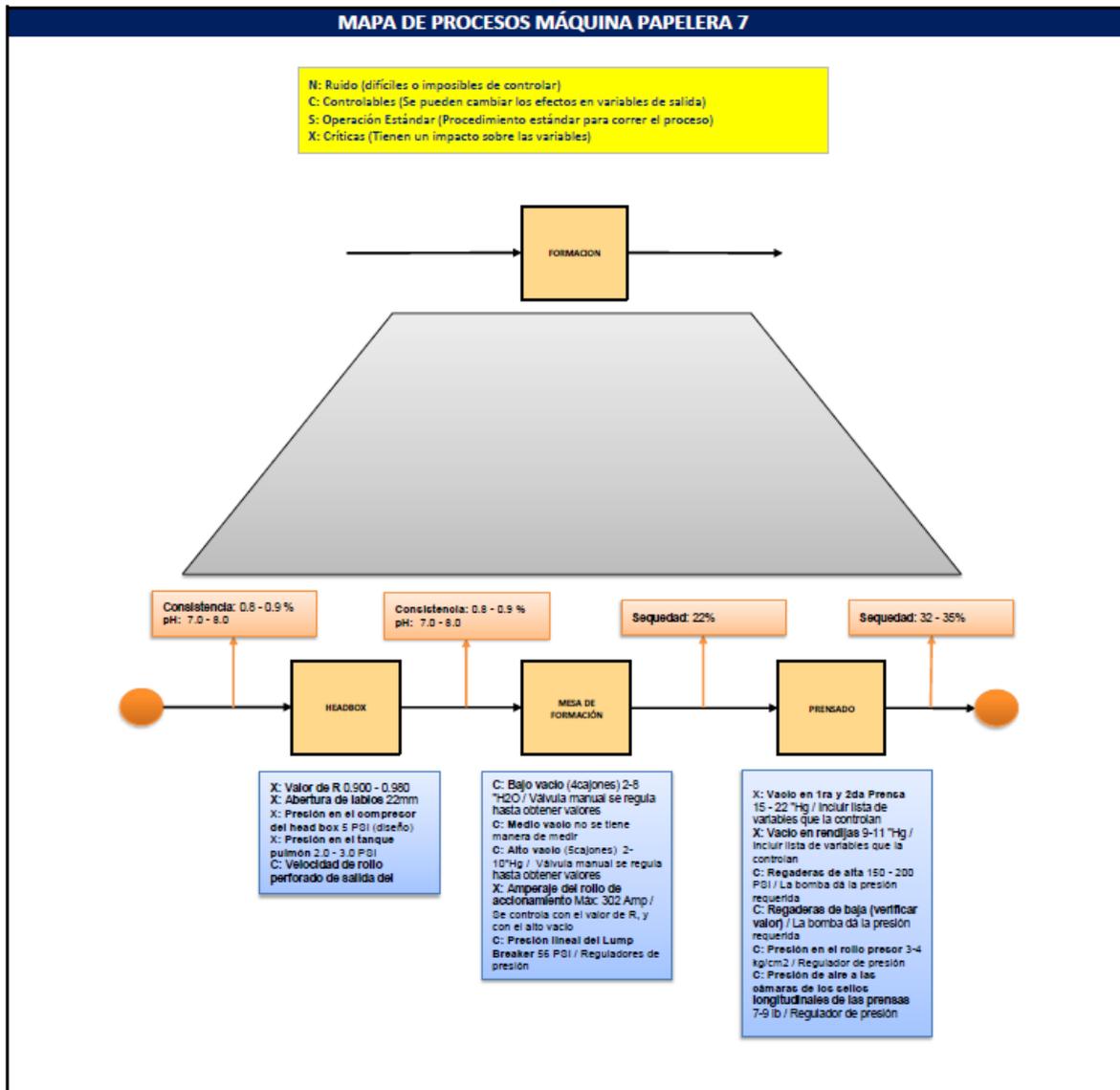
Figura 14: Mapa de Procesos Máquina Papelera



Fuente: La Empresa

La propuesta de mejora se desarrollará en el proceso de Formación según se muestra en la figura 15.

Figura 15: Mapa de Procesos Formación de Papel



Fuente: La Empresa

En esta etapa del proceso describe la formación de la hoja de papel, es en esta etapa en donde se orienta la fibra en sentido transversal para darle mayor resistencia física al papel como el CMT y RCT.

También es en esta etapa en donde se producen más roturas de la hoja de papel al adelantarse el espejo de agua, esto un clara consecuencia de la baja capacidad de drenado en la Mesa de Formación.

3.3.5 Balance de Línea en la Máquina Papelera.

Para determinar en qué proceso de la fabricación de papel se necesita aplicar mejoras para incrementar la producción de papel, se realiza un Balance de Línea en la Máquina Papelera:

Para balancear la línea de producción en la máquina papelera, primero se necesita conocer la capacidad del proceso.

Capacidad del proceso en Máquina Papelera.-

Para calcular la capacidad del proceso en máquina papelera se tomaran los productos más representativos, para ello se elabora el siguiente cuadro de familia de productos que se muestra en la Tabla 02.

Tabla 02: Familia de productos

		Procesos				
		Hydrapulper	Refinación	Máquina	Rebobinadora	Pesado
Productos	Corrugar Agro	X	X	X	X	X
	Corrugar Industria	X	X	X	X	X
	Test Liner	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

Como nos muestra la Tabla 02, todos los tipos de papeles que se fabrican en TRUPAL – Planta Trujillo pertenecen a una misma familia de productos.

En la Tabla 03, se muestra la subfamilia de productos por gramaje de papel, en donde el papel de 161gr/m² es el que más se fabricó en el año 2012:

Tabla 03: Subfamilia de productos

Orden	Gramaje	TM	%	% Acum
1	161	20,647.49	32.72%	32.72%
2	110	12,385.42	20.43%	53.15%
3	127	9,390.11	15.48%	68.63%
4	151	8,208.65	13.09%	81.72%
5	146	5,120.42	7.79%	89.50%
6	150	1,617.95	2.53%	92.04%
7	120	1,506.04	2.43%	94.47%
8	175	1,404.53	2.11%	96.58%
9	90	732.37	1.10%	97.68%
10	100	663.13	1.00%	98.67%
11	185	335.91	0.50%	99.18%
12	140	248.10	0.37%	99.55%
13	135	135.33	0.20%	99.76%
14	145	83.55	0.13%	99.88%
15	195	48.93	0.07%	99.95%
16	250	30.52	0.05%	100.00%
TOTAL		62,558.41		

Fuente: Elaboración propia

La demanda de papel en el año 2012 fue de 80,028.865 Ton de papel, siendo el Tak Time de 6.29 min/Ton de papel.

El tiempo de ciclo en Hydrapulper es de 2.5 min/Ton.

El tiempo de ciclo para el proceso de Refinación se muestra en la siguiente Tabla 04:

Tabla 04: Tiempo de Ciclo Refinación

	Flujo en GPM	% Consistencia	Masa BD (Kg/min)	T. Ciclo (min/Ton)
Pulpa de Bagazo	700	4.4%	119.35	5.84
Pasta de OCC	310	3.3%	39.64	5.87

Fuente: Elaboración propia

El Tiempo de Ciclo por gramaje en la Máquina Papelera se muestra en la Tabla 05.

Tabla 05: Tiempo de Ciclo por Gramaje

GRAMAJE	TRIM	VELOCIDAD	MIN/HORA	RATE (TON/H)	T. CICLO
161	4.83	210	60	8.8	6.80
110	4.83	300	60	8.6	6.97
151	4.83	230	60	9.1	6.62
127	4.83	280	60	9.3	6.47

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de ciclo por TRIM de máquina se muestra en la Tabla 06:

Tabla 06: Tiempo de Ciclo TRIM de Máquina

TRIM	Tiempo Ciclo
435.4	7.54
447.4	7.34
483	6.80
419.4	7.83
438.7	7.49
500	6.57
461.4	7.12
499	6.58

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de ciclo en la Rebobinadora es 4.8 min/ ton y en Pesado es de 1.1 min/ton.

Con los tiempos de ciclo de cada proceso se realiza un ajuste de acuerdo a la disponibilidad de los equipos.

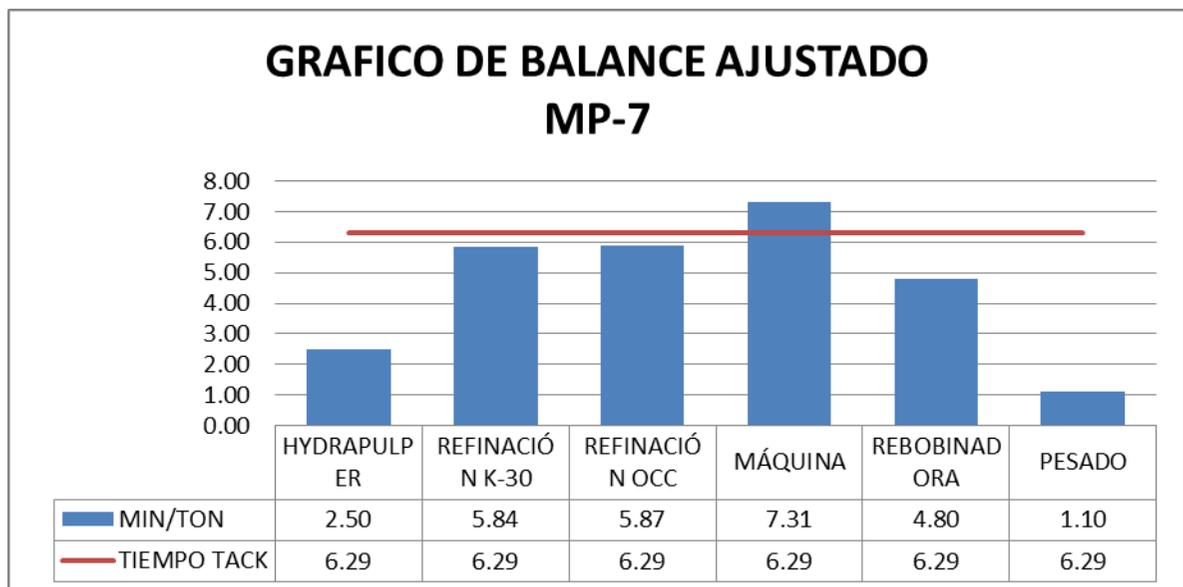
Tabla 07: Tiempo de Ciclo

	MIN/TON	%DISP	AJUSTE	TIEMPO TACK
HYDRAPULPER	2.5	100.00%	2.50	6.29
REFINACIÓN K-30	5.84	100.00%	5.84	6.29
REFINACIÓN OCC	5.87	100.00%	5.87	6.29
MÁQUINA	6.8	93.00%	7.31	6.29
REBOBINADORA	4.8	100.00%	4.80	6.29
PESADO	1.1	100.00%	1.10	6.29

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de Balance Ajustado se observa que la Máquina Papelera tiene un tiempo de ciclo mayor que el Tak Time.

Figura 16: Gráfico Balance Ajustado



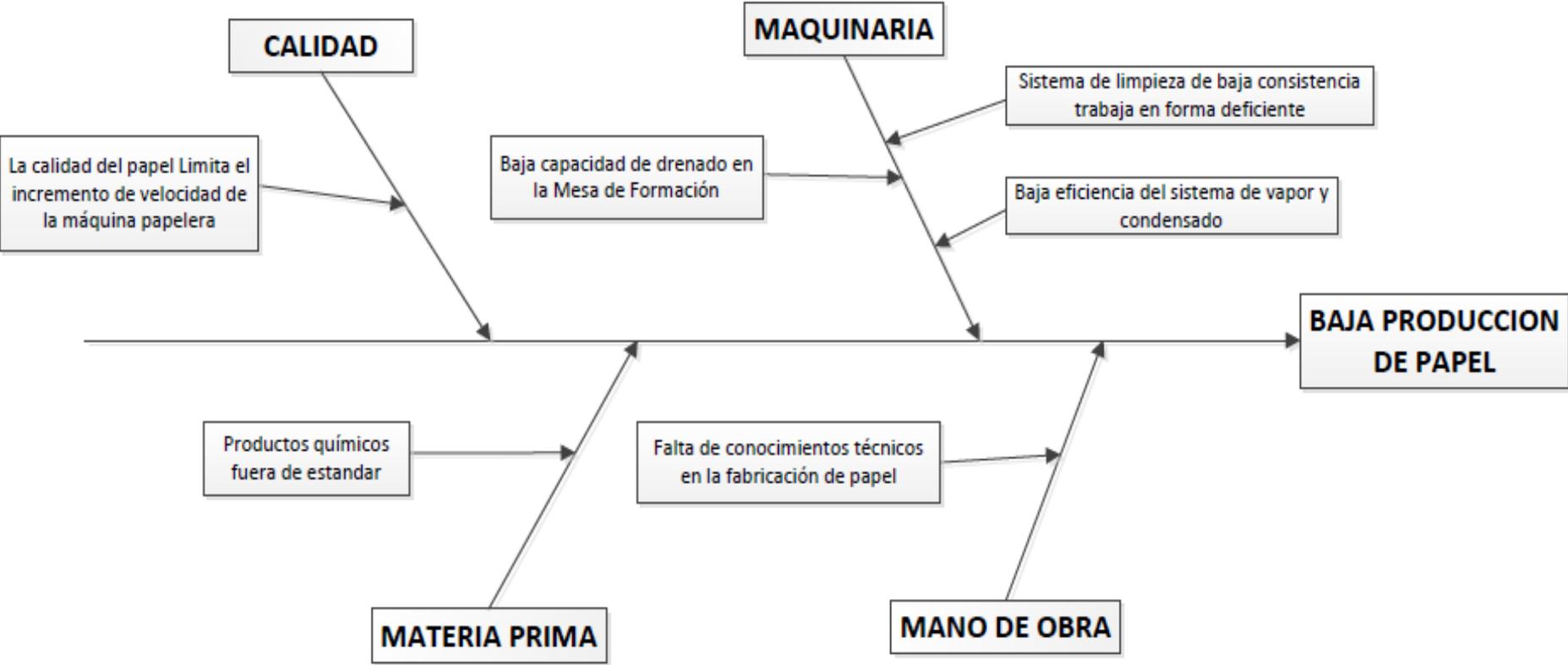
Fuente: Elaboración propia

En la Máquina Papelera, la velocidad de producción depende del estado de los equipos y las condiciones tanto de materia prima como de la calidad del papel, para balancear la línea de proceso, es necesario poder incrementar la velocidad de producción de la Máquina Papelera para poder así reducir el tiempo de ciclo en este proceso.

3.3.2 Diagrama de Causa – Efecto

Para identificar las causas que nos limita en el incremento de la producción de papel se realiza el siguiente diagrama de Causa – Efecto:

Figura 17: Diagrama Causa - Efecto



Fuente: Elaboración propia

A nivel de mano de obra, los incentivos para la jubilación de los operadores mayores a 65 años provocó que gran parte de los operadores de la Máquina Papelera se jubilaran y al no tener un plan de ascenso ni entrenamiento de los colaboradores generan retrasos al momento de corregir algunos defectos en el papel.

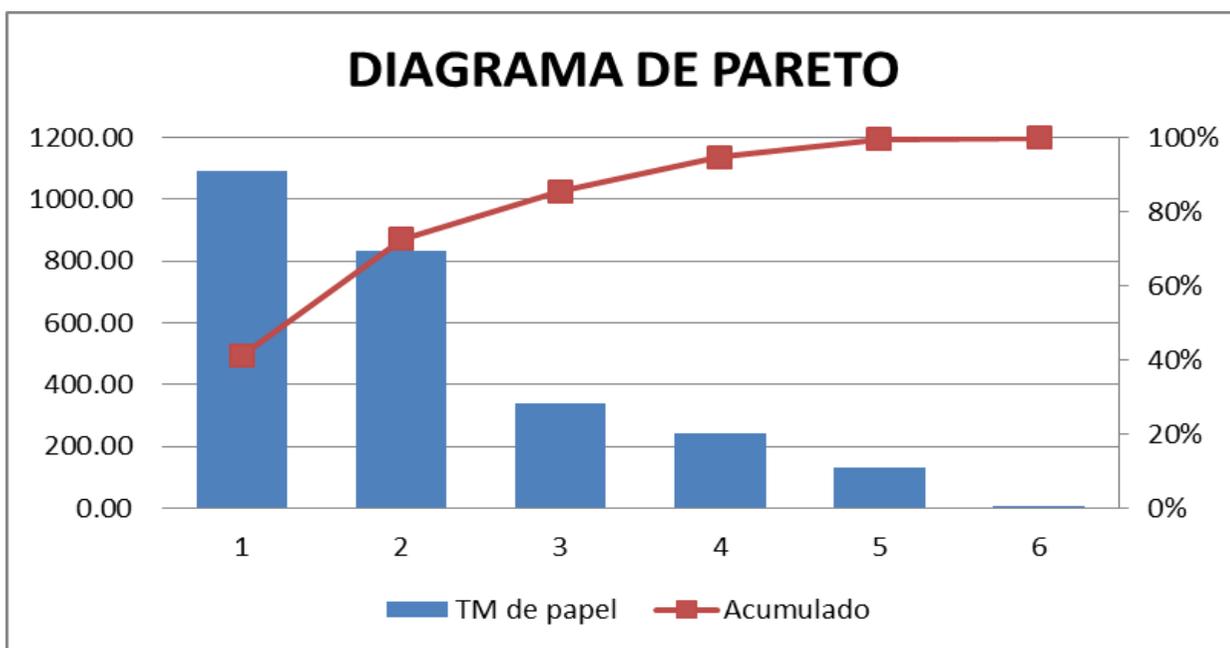
A nivel de materiales, los productos químicos fuera de estándares, provoca papel con mala calidad al tener alguna de las pruebas físicas fuera de los estándares establecidos por las Normas TAPPI, además que puede provocar roturas de la hoja de papel a la salida de la Mesa de Formación.

A nivel de máquinas, el sistema de limpieza de baja consistencia en la Máquina Papelera está casi inoperativo, lo que provoca que pase suciedad y se realice la limpieza del sistema con más frecuencia; la baja eficiencia del sistema de vapor y condensado se abastece para la velocidad con la que corre actualmente la máquina papelera; la baja capacidad de drenado en la Mesa de Formación limita el incremento de velocidad de la máquina por el efecto de sellado de hoja, lo que provoca que se adelante el espejo de agua y rompa la hoja a la salida de la Mesa de Formación.

A nivel de calidad, la calidad del papel limita el incremento de velocidad de la máquina papelera, una de las principales pruebas físicas del papel corrugado es la Resistencia Física al aplastamiento, prueba que está íntimamente relacionada a la formación de la hoja de papel; la formulación del papel variada, la formulación del papel varía cuando varía la consistencia de la pulpa de bagazo y OCC; pulpa de bagazo fuera de estándar, la variación en el grado de refinación y cocimiento de la pulpa de bagazo repercute directamente en la calidad del papel.

3.3.3 Diagrama de Pareto.-

Figura 18: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Las causas se cuantifican en la Tabla 08.

Tabla 08: Causas de Baja Producción de Papel

Item	Causa ISHIKAWA	TM de papel	%	Acumulado
1	La Calidad del papel limita el incremento de la velocidad de la máquina papelera	1091.21	41%	41%
2	Baja capacidad de drenado en la Mesa de Formación	832.54	31%	73%
3	Baja eficiencia del sistema de vapor y condensado	341.97	13%	86%
4	Sistema de limpieza de baja consistencia trabaja en forma deficiente	241.80	9%	95%
5	Productos químicos fuera de estándar	130.82	5%	100%
6	Falta de conocimientos técnicos en la fabricación de papel	9.34	0%	100%
	TOTAL	2647.68		

Fuente: Elaboración propia

Según el Diagrama de Pareto el 20% de las causas que están provocando una baja producción de papel son:

La calidad del papel limita el incremento de velocidad de la máquina papelera, para poder incrementar la velocidad de la máquina papelera es muy necesario poder mejorar las pruebas físicas del papel como el CMT y RCT ambas características ligadas a la formación del papel.

Baja capacidad de drenado en la Mesa de Formación, el sistema de vacío en la Mesa de Formación está limitado por el uso de elementos de drenaje por gravedad y rollos desgotadores que terminan de sellar la hoja de papel lo que dificulta aún más del desgote de la hoja de papel.

3.3.5 Calidad del papel que limita el incremento de velocidad en la Máquina Papelera

En el papel para corrugar es muy importante la resistencia física al aplastamiento como el CMT y RCT, ambas características ligadas a la formación de la hoja de papel.

El indicador de No conformidad 2012 llegó a **1.29%** muy superior a la meta de **0.75%**, la Tabla 09 nos muestra los motivos por el cual se observó papel de baja calidad:

Tabla 09: No Conformidades 2012

No Conformidad	Cantidad TN AD	%	% Acum.
Rechazos	226.135	28.10	28.10
Rebobinado Flojo	109.890	13.66	41.76
Var Humedad	86.170	10.71	52.47
Refile/Medidas	84.665	10.52	62.99
Arrugas	82.245	10.22	73.21
Var Gramaje	67.240	8.36	81.57
CMT0 bajo	39.855	4.95	86.52
Huecos/Moleduras	31.415	3.90	90.42
Cobb alto	24.920	3.10	93.52
Picaduras	16.400	2.04	95.56
Cruzadas	11.420	1.42	96.98
Pegas	11.150	1.39	98.36
Daños	9.335	1.16	99.52
Rodajas	2.040	0.25	99.78
Manchas	1.800	0.22	100.00
Broke Total	804.680	100.00	
Producción Vendible	62,558.410		
% Broke generado	1.29 %		

Fuente: La empresa

Dentro del registro de las No Conformidades del 2012 podemos observar que, el indicador por CMT bajo esta en el 4.95 % del total de las No Conformidades 2012, siendo esta un de las pruebas físicas ligadas a la formación de la hoja del papel.

Dentro del control de Calidad realizado al papel, estas son las pruebas físicas que se realiza al papel:

- Peso base del papel gr/m² (Perfil)
- Humedad % (Perfil)
- Cóncora o CMT N (Perfil)
- Tensión D.M. KN/m
- Tensión D.C. KN/m
- Calibre μm
- CCTo N
- RCT D.C. KN/m
- COBB gr/m²

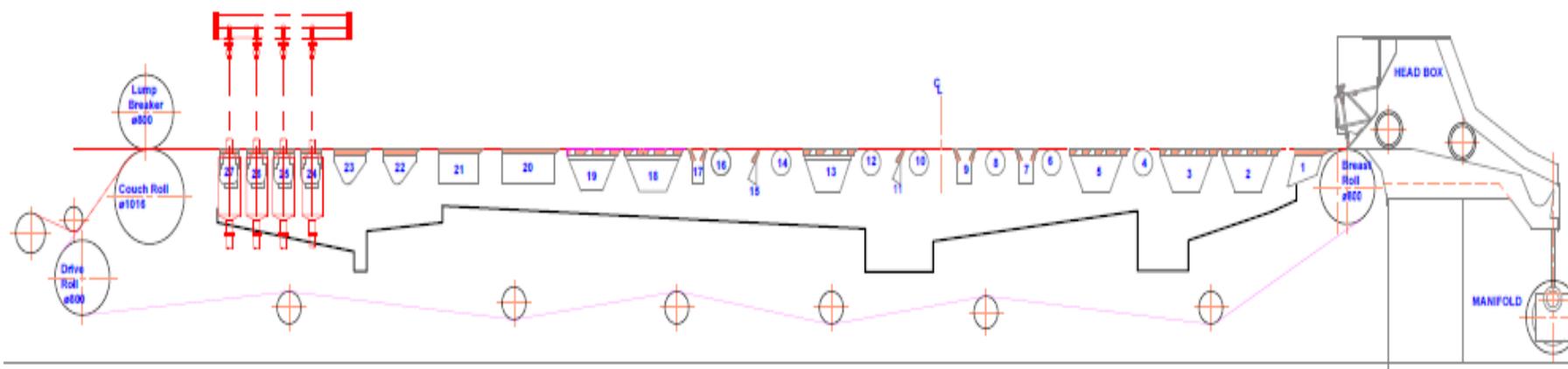
De las pruebas físicas mencionadas, las que se controla en el perfil de la hoja son las más importantes del papel corrugado.

3.3.6 Sistema de Vacío actual en la Mesa de Formación

El sistema de vacío actual en la Mesa de Formación, consta de rollos desgotadores, hidrofoils, monofoils y cuatro cajas de alto vacío, a continuación se muestra la ubicación de los elementos de drenaje en la Mesa de Formación actual:

En el presente esquema se muestra de derecha a izquierda el flujo de la pasta:

Figura 19: Sistema de Drenado Actual



Fuente: Elaboración propia

Leyenda:

- 1 Forming board
- 2, 3, 5, 13, 18, 19 Hidrofoils
- 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 Rollos desgotadores
- 7, 9, 11, 15, 17 Monofoils
- 20, 21 Wet Suction Box
- 22, 23 Vacuum foil
- 24, 25, 26, 27, Cajones absorbentes.

Finalmente el mayor punto de sellado de hoja se encuentra en las unidades de mediano vacío actuales ya que las velocidades de salida de agua son muy pronunciadas porque las cajas son muy pequeñas por la restricción que tienen a las descargas como se muestra a continuación.

Figura 20: Descarga Lateral Cajón de Vacío



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 4

SOLUCION PROPUESTA

4.1 Incrementar la velocidad de la Máquina Papelera:

Para poder incrementar la velocidad de la Máquina Papelera, es necesario mejorar la calidad del papel como lo muestra el Diagrama de Pareto en el Capítulo 3, por ello se propone:

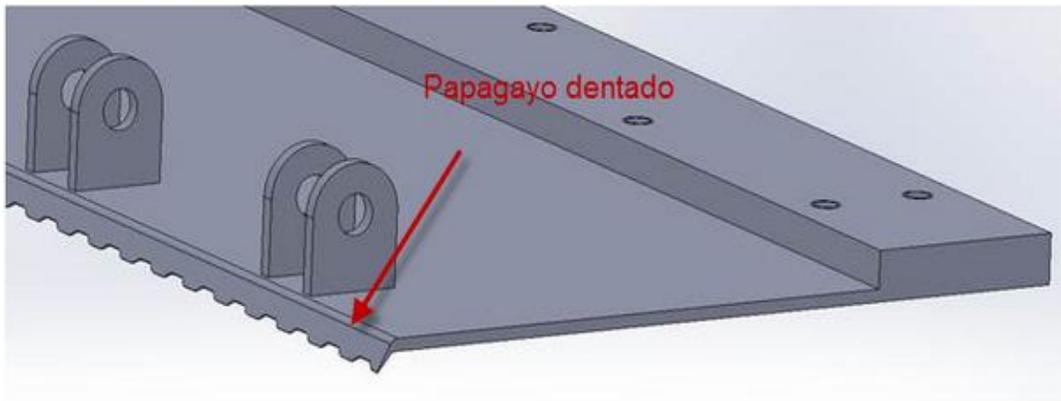
- a) **Mejorar la formación de la hoja de papel**, como las principales características del papel corrugado son el CMT y RCT, ambas ligadas a la formación del papel, se debe mejorar la formación utilizando elementos generadores de actividad en la zona de formación para orientar la fibra en sentido transversal y bajar la consistencia en el Head Box para proporcionar mayor libertad a la fibra de acomodarse.

- b) **Incrementar la capacidad de drenado de la Mesa de Formación**, utilizando elementos de drenaje asistidos en tres etapas, Bajo, Medio y Alto Vacío, permitiendo de esta manera desalojar una mayor cantidad de agua y poder incrementar la velocidad de la Máquina Papelera.

4.1.1 Generación de actividad en la Mesa de Formación

Para incrementar las resistencias físicas del papel ligadas a la formación como el CMT y RCT, es necesario generar actividad en la zona de formación; ello se logra con la modificación del labio superior del Head Box pasando de un labio Liso a un labio Dentado, con la finalidad de modificar la energía cinética del Jet incrementando la velocidad de salida combinándola con chorros a la velocidad normal.

Figura 22: Labio Dentado del Head Box

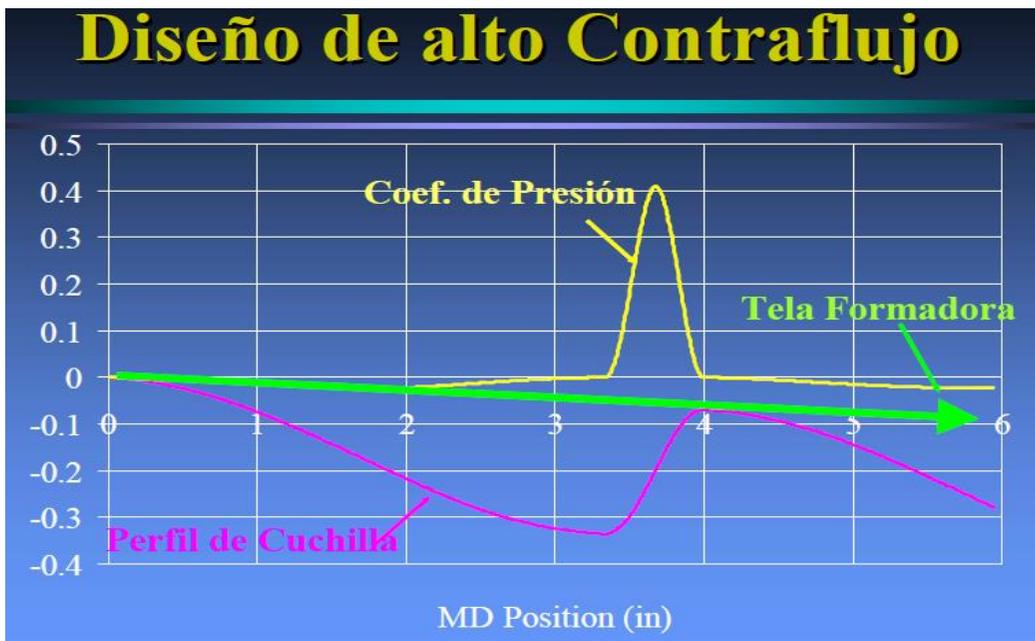


Fuente: KADANT AES

Este efecto se maximiza al depositarse el chorro sobre el *Forming Board* y se potencializa al pasar por las cuchillas *Velocity Induced Drainage* VID.

El peculiar diseño de los VID permite que haya una generación de contraflujos en la cuchilla.

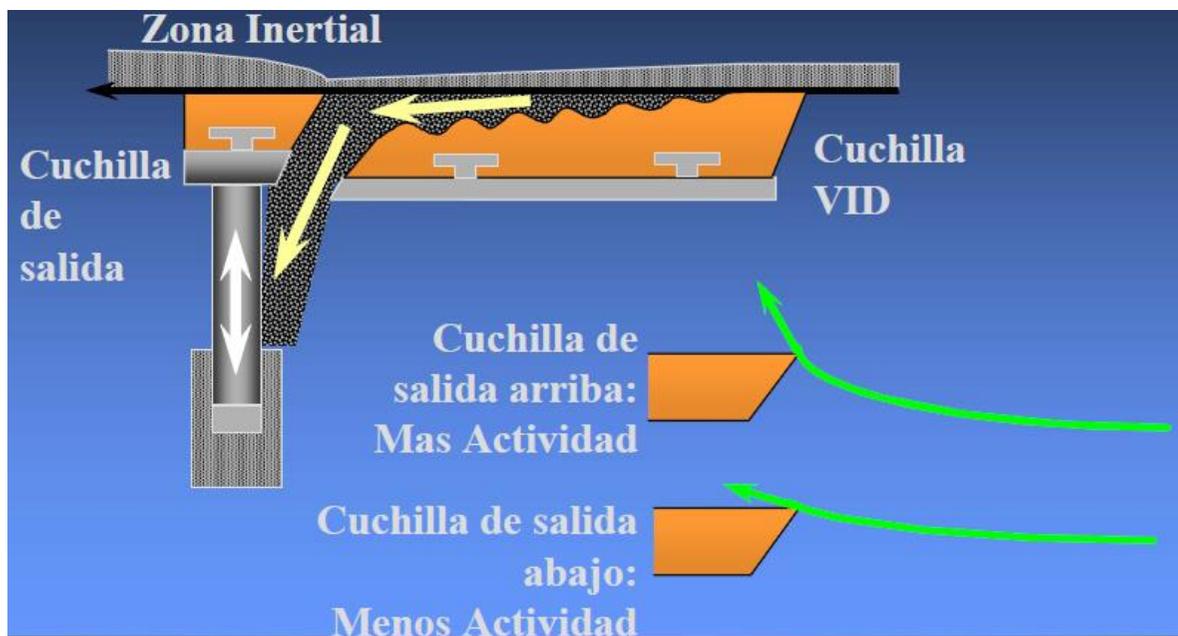
Figura 23: Diseño VID



Fuente: KADANT AES

Permite pulso largo de bajo vacío por divergencia de la Tela, el agua se drena gradualmente, la hoja se forma sin sobrepresión y los finos aún permanecen en la hoja, y evita el Sellado de la Hoja.

Figura 24: Drenado gradual VID



Fuente: KADANT AES

4.1.1.2 Incremento del índice CMT

Con la implementación de la propuesta de generación de actividad en la zona de formación en la Mesa de Formación, el índice CMT incrementará en un mínimo de 6% en todo los papeles que se fabrican en la máquina papelera, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Incremento de índice CMT

	Actual	Propuesto
Velocidad (m/min)	210	210
Peso base del Papel (g/m ²)	161	161
CMT (N)	353	376
Consistencia en HB	1.25%	0.85%
Indice CMT	2.19	2.33
Margen de seguridad		5%
Incremento de Indice CMT		6%

Fuente: Elaboración propia

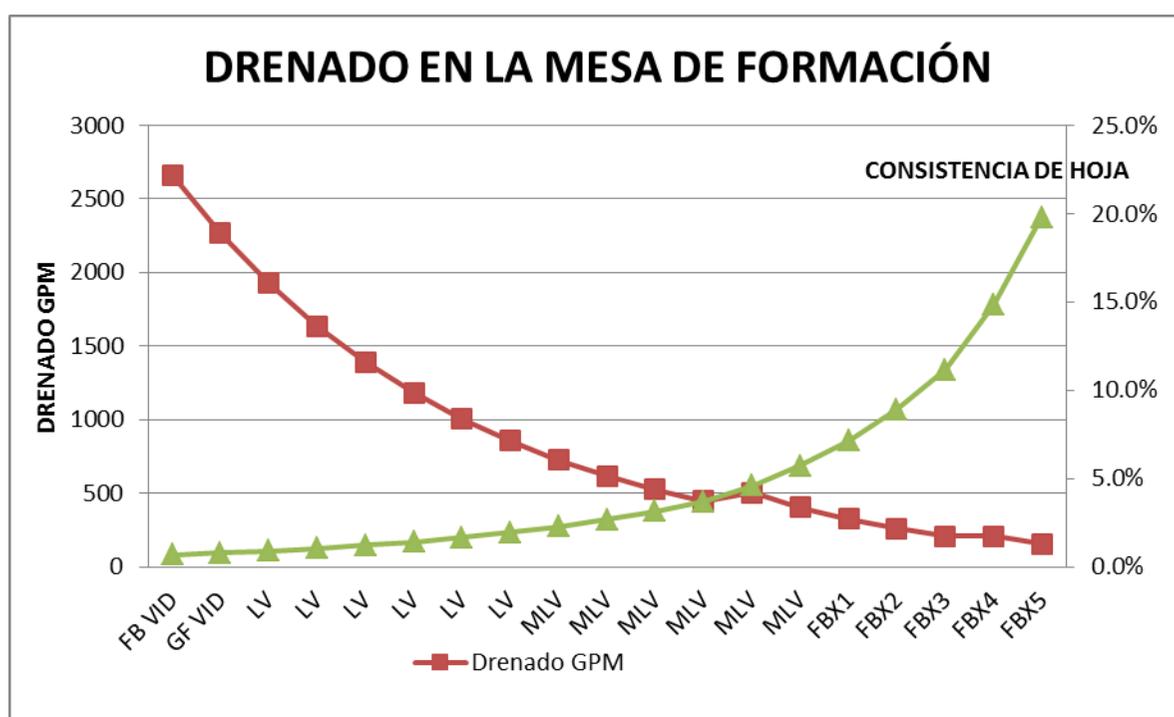
4.1.2 Volumen de agua y sistema de Vacío en la Mesa de Formación.

El segundo paso es incrementar el volumen de agua presente en la Mesa de Formación con la finalidad de dar más libertad a la fibra de poder acomodarse en sentido transversal y ello nos lleva a la necesidad de poder desalojar esa mayor cantidad de agua, por lo que deberemos agotar el flujo de la bomba Fan de 18,000 GPM.

Con la mejora propuesta, el Drenado en la Mesa de Formación debe ser de la siguiente manera:

Drenado calculado para un papel de 161gr/m² con una consistencia de 0.6% en el Head box.

Figura 25: Drenado Propuesto



Fuente: KADANT AES

Comparando la curva de drenado propuesta con la curva de drenado actual, es necesario cambiar los elementos de drenado que provocan el sello de la hoja por elementos que ayuden a romper este sello.

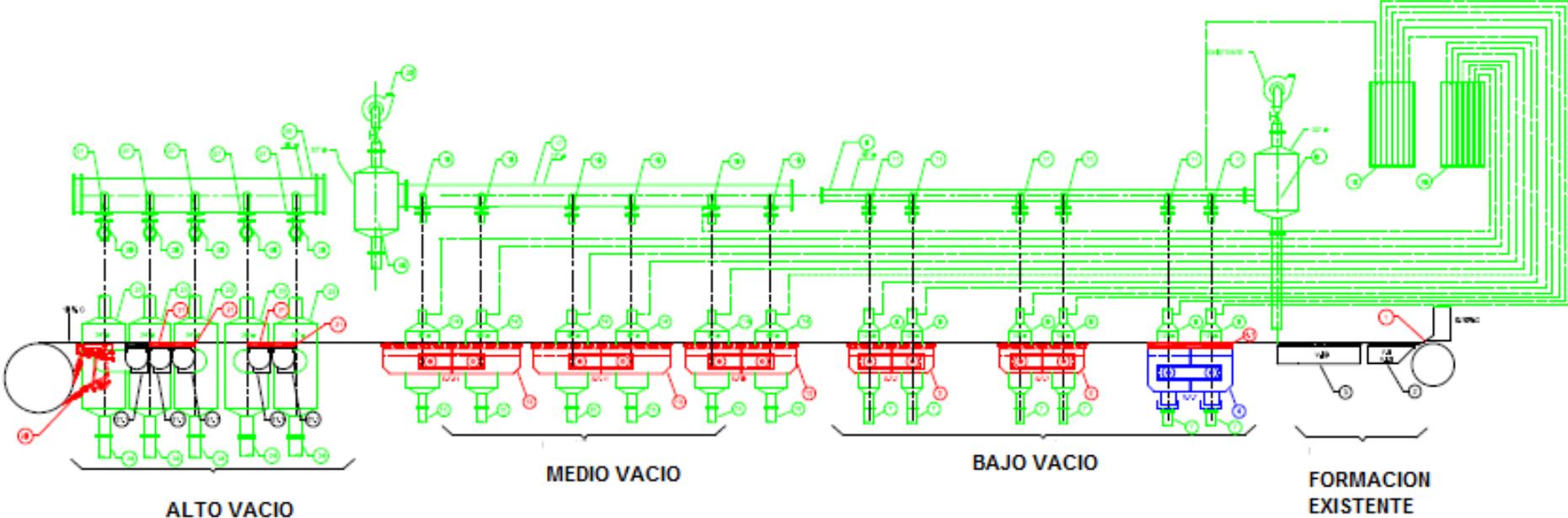
Para ello se utilizan cajas de vacío con cubiertas ranuradas del tipo *Setp Foil*, que además de generar actividad en el flujo de pasta, evitan el sellado de la hoja.

4.1.2 .1 Ubicación de los equipos a utilizar en la Mesa de Formación

La disposición propuesta de los elementos de drenaje se muestra a continuación:

UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE DRENAGE EN LA MESA DE FORMACION

Figura 26: Sistema de Drenado Propuesto



Fuente: KADANT AES

Leyenda:

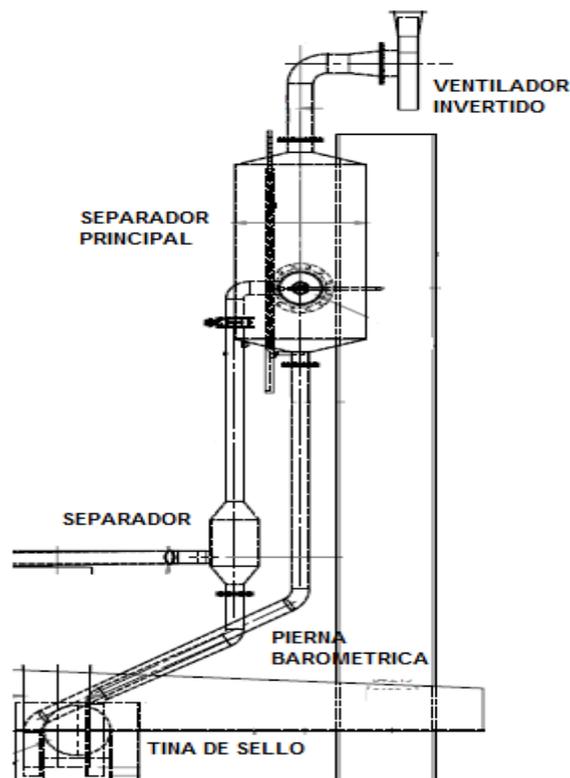
ITEM	SECCION		CANT.	UNIDAD
1	HEAD BOX	NUEVO	1	LABIO DENTADO
2	FORMACION	EXISTENTE	1	FORMING VID, PERFIL J
3			2	GRAVITY VID, PERFIL M
4	BAJO VACIO	EXISTE MODIFIC.	1	STEP FOIL 2 COMP.
4.1		NUEVO	1	CUBIERTA
5		NUEVO	2	STEP FOIL 2 COMP.
6		POR CTE.	7	SEPARADORES 12"ø
7		POR CTE.	8	PIERNAS SELLO 4"ø
8		POR CTE.	1	SEPARADOR PPAL.
9		POR CTE.	1	CABEZAL 10"ø
10		POR CTE.	1	VACUOM. 7 COLUM.
11		POR CTE.	6	VALV. MARIPOSA 3"ø
12		MEDIO VACIO	NUEVO	1
13	NUEVO		2	STEP FOIL 2 COMP. 11 CUCHILLAS
14	POR CTE.		6	SEPARADORES 18"ø
15	POR CTE.		6	PIERNAS SELLO 24"ø
16	POR CTE.		1	SEPARADOR PPAL.
17	POR CTE.		1	CABEZAL 12"ø
18	POR CTE.		1	VACUOM. 7 COLUM.
19	POR CTE.		6	VALV. MARIPOSA 4"ø
20	POR CTE.		1	VENTILADOR INVERTIDO 4000 CFM
21	ALTO VACIO		NUEVO	4
21.1		EXISTENTE	5	CAJAS ALTO VACIO EXISTENTE, 1 CAJA CUBIERTA ACTUAL
22		NUEVO OPC	2	FLAT BOX 2 COMP. P/CUBIERTA CERAMICA EXIST. OPCIONAL
23		POR CTE.	5	SEPARADORES 24"ø
24		POR CTE.	5	PIERNAS SELLO 6"ø
25		POR CTE.	1	CABEZAL 18"ø
26		POR CTE.	5	VACUOM. CARATULA
27		POR CTE.	5	VALV. MARIPOSA 6"ø
28	COUCH		1	DOCTOR DOBLE

En la parte de formación, se propone el uso de un Labio Dentado para el Head Box y 3 VID como mecanismo de generación de actividad con el fin de orientar el posicionamiento de las fibras y lograr las resistencias físicas deseadas. Luego la Mesa de formación se divide en tres etapas de drenado:

Bajo Vacío.- Está compuesta por tres cajas de succión de doble compartimiento, las cueles trabajan con piernas de sello integradas a cada cajón de 10 “de columna de H2O.

La descarga de agua se realiza por la pierna de sello integrada a la caja de succión, la aplicación de vacío se realiza por la descarga lateral y está unida a un separador de agua/aire, este a su vez a un colector principal y un separador principal de agua/aire, la succión se realiza por el efecto de un ventilador invertido con una capacidad de 200CFM a 60”H2O.

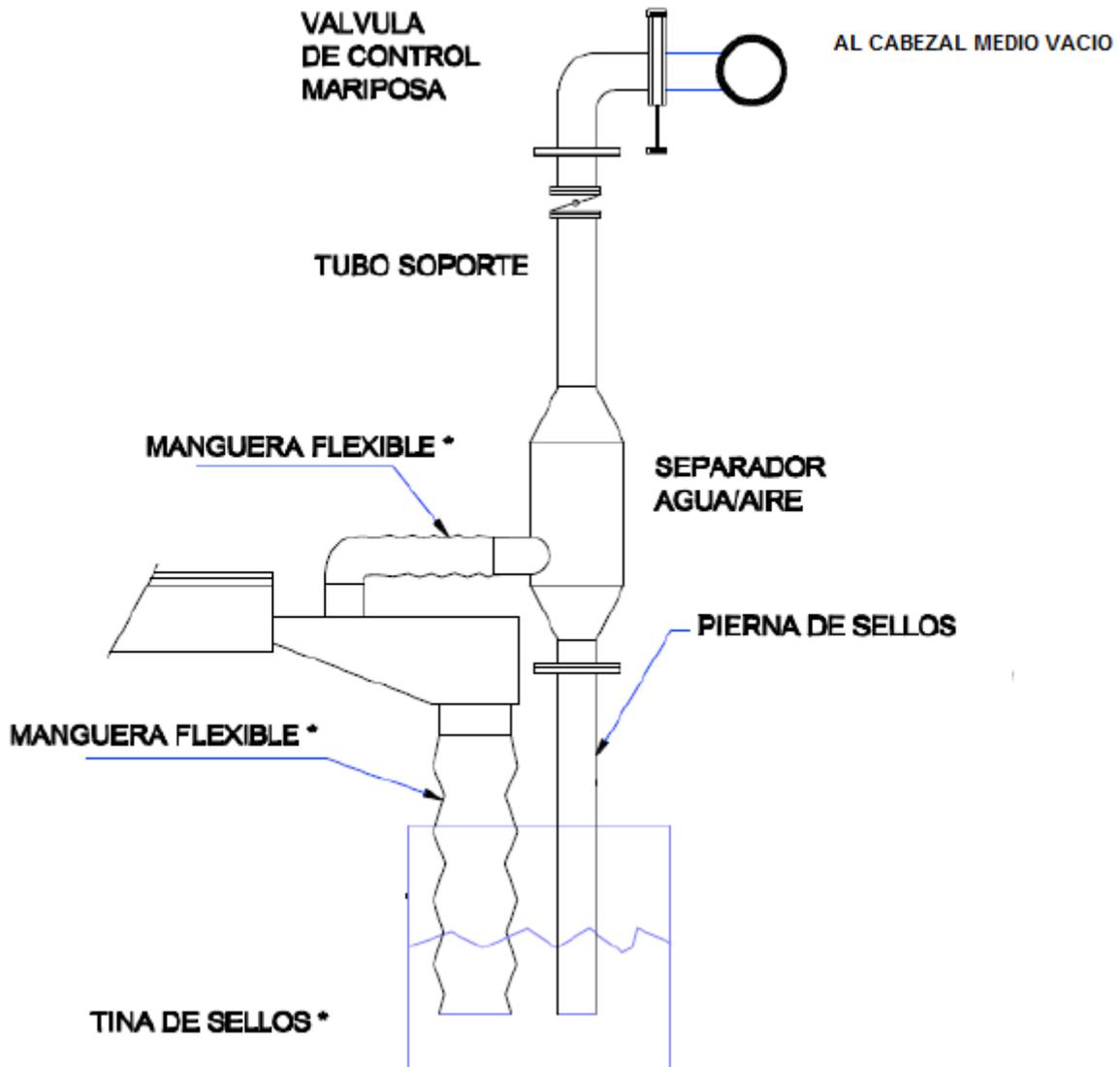
Figura 27: Separadores Agua/Aire Bajo Vacío



Fuente: KADANT AES

Medio Vacío.- Está compuesta por tres cajas de succión de doble compartimiento, las cueles trabajan con piernas de sello integradas a cada cajón de 12 “de columna de H₂O, como se muestra en la siguiente figura:

Figura 28: Separadores Agua/Aire Medio Vacío

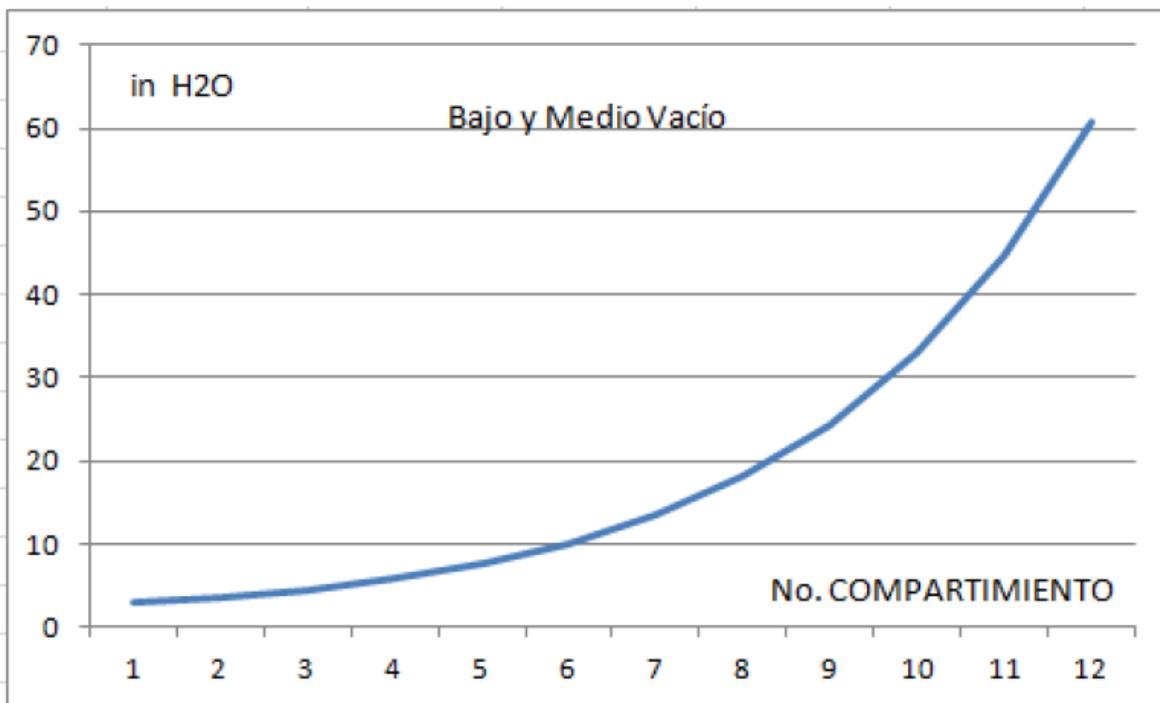


Fuente: KADANT AES

El la succión en este punto se ve reforzada por pierna de sello que va directo a la tina de sello, a comparación del Bajo Vacío que la succión es directo de la descarga del cajón, el ventilador invertido utilizado debe ser de 400CFM a 60”H₂O.

Curva ideal de Bajo y Medio Vacío.- la curva ideal para el Bajo y Medio Vacío se muestra a continuación:

Figura 29: Curva ideal de Vacío

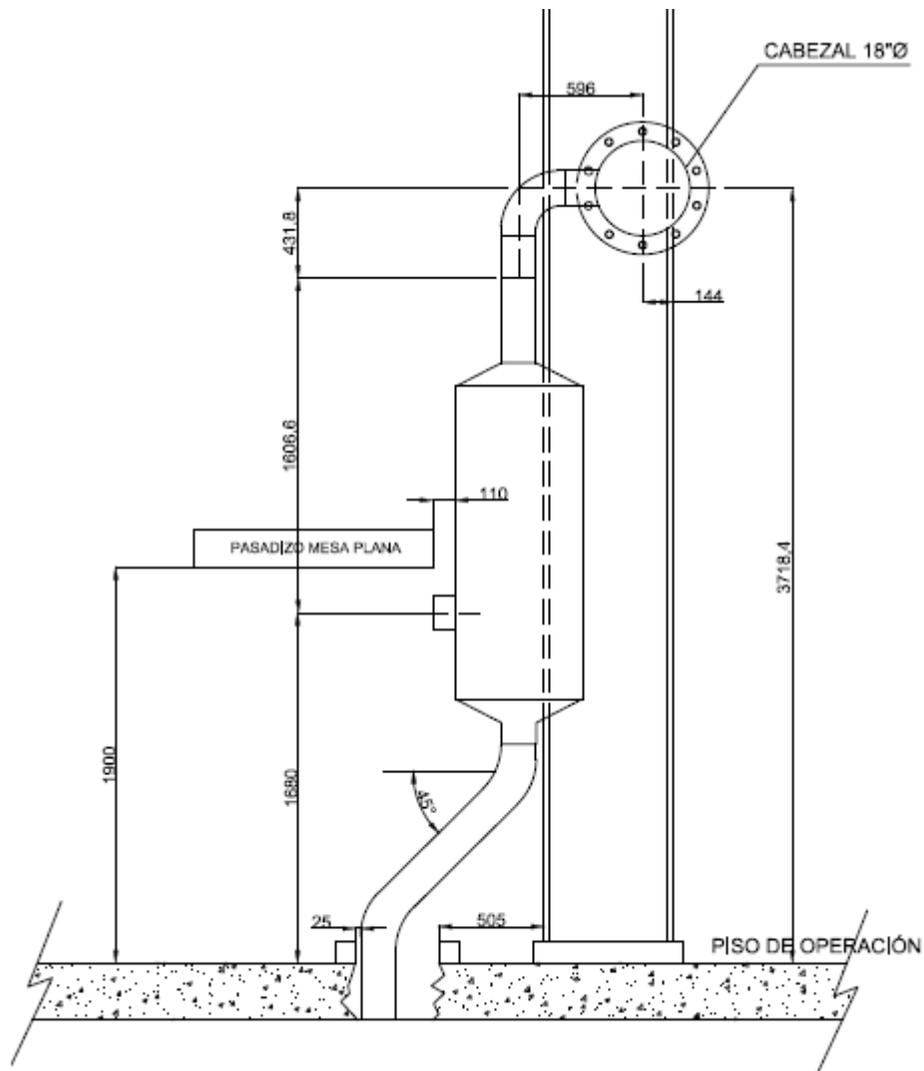


Fuente: KADANT AES

Esta curva ideal de vacío en los primeros 12 compartimientos de debe medir y regular en los vacuómetros que se deben instalar en cada etapa de succión.

Alto Vacío.- Está compuesta por cinco cajas de succión selladas, las cuales trabajan con dos bombas de vacío haciendo un equivalente de 8000 CFM a 18”Hg, la posición de los separadores de alto vacío se muestra en la siguiente figura:

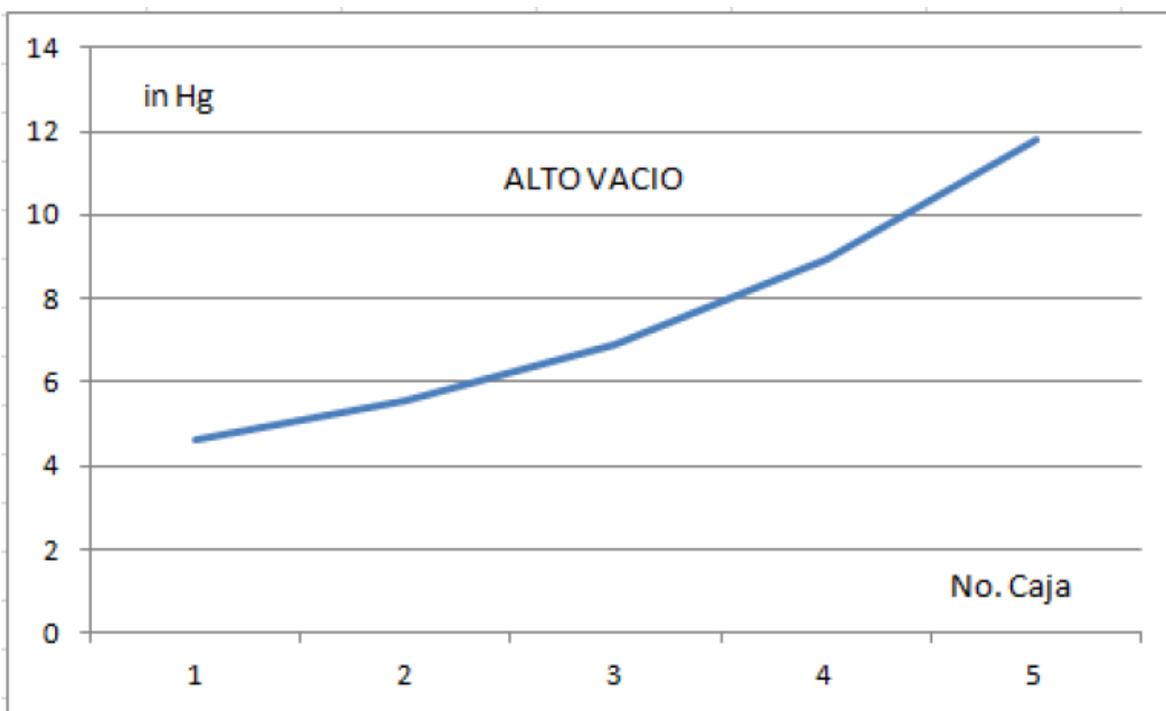
Figura 29: Separadores Agua/Aire Alto Vacío



Fuente: KADANT AES

Curva ideal Alto Vacío.- la curva ideal para el Alto Vacío se muestra a continuación:

Figura 30: Curva ideal de Alto Vacío



Fuente: KADANT AES

Esta curva de vacío es la ideal para lograr el máximo desempeño del sistema de vacío en la Mesa de Formación.

4.1.2.2 Incremento de Velocidad de la Máquina Papelera

Con el incremento del índice CMT y el aumento en la capacidad de drenado en la Mesa de Formación, la velocidad de la Máquina Papelera incrementará en un mínimo de 11% en todo los papeles que se fabrican, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Incremento de Velocidad Máquina Papelera

	Actual	Escenario 1	Escenario 2
Velocidad (m/min)	210	210	233
Flujo GPM	3,955	7,706	17,292
Consistencia %	1.3%	0.6%	0.6%
Masa saliendo del HB	0.18	0.18	0.39
Inc. Velocidad (m/min)			23.02
Incremento de Vel.			11.0%

Fuente: Elaboración propia

El escenario 1, describe un eventual incremento de la capacidad de drenado que necesitaría el sistema para poder reducir la consistencia en el Head Box de 1.3% a 0.6%.

El escenario 2, describe la capacidad de drenado propuesta con el incremento mínimo de velocidad al que llegaría a desarrollar la Máquina Papelera.

4.2 Impacto en los indicadores luego de implementar la mejora:

4.4.1 Impacto en el indicador TVC de la MP7

Como el indicador TVC es un indicador integrado, la propuesta de mejora impacta directamente en la eficiencia, al incrementar la velocidad de la maquina papelera. Con esta modificación del sistema de vacío se puede incrementar en un mínimo del 11% la velocidad de la maquina papelera sin sacrificar calidad, ello significa incrementar en un 11% el volumen de producción de la MP7.

El incremento en la velocidad de producción, incrementará en un 11% la eficiencia y el TVC en un 10.4%.

4.4.2 Impacto en el indicador No Conformidades MP7

Debido al incremento del 11% en el volumen de producción mejorando la calidad del papel, se está reduciendo el indicador de 1.29% a 0.73% de No Conformidades.

4.4.3 Impacto en el indicador Cumplimiento Plan de producción MP7

En este indicador incrementa en 11% debido a las reformas mencionadas.

CAPITULO 5

EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA

5.1 Inversión del proyecto.-

El presente proyecto utilizará equipos de importación y de fabricación nacional, así mismo los equipos serán montados el personal técnico especialista de TRUPAL.

Los equipos de importación se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12: Relación de equipos de importación

Equipos de Importación	Cantidad	Precio	Total
Labio Dentado Head Box	1	\$ 28,160.00	\$ 28,160.00
Cubierta ranurada Step Foil	1	\$ 47,831.52	\$ 47,831.52
Step Foil 2 comp. 7 Cuchillas	2	\$ 39,471.52	\$ 78,943.04
Step Foil 2 comp. 9 Cuchillas	1	\$ 43,105.04	\$ 43,105.04
Step Foil 2 comp. 11 Cuchillas	2	\$ 50,760.16	\$ 101,520.32
Cubiertas con inserto de cerámica	4	\$ 28,886.88	\$ 115,547.52
Transporte			\$ 15,000.00
Desaduanaje de equipos (10%)			\$ 24,906.45
Total equipos de Importación			\$ 455,013.89

Fuente: Elaboración propia

Relación de equipos de fabricación nacional se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13: Relación de equipos de fabricación nacional

Equipos de fabricación Nacional	Cantidad	Precio	Total
Modificación 1 Cajon Bajo Vacío (exPPX8)	1	\$ 33,000.00	\$ 33,000.00
Separadores Bajo Vacío 12"Diam.	6	\$ 3,500.00	\$ 21,000.00
Piernas de sello Bajo Vacío	6	\$ 1,000.00	\$ 6,000.00
Separador principal 32" diam.	1	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
Cabezal de Bajo Vacío	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Vacuometro de 7 Columnas	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Valv. Mariposa 3"diam	6	\$ 100.00	\$ 600.00
Ventilador Invertido de 2000CFM	1	\$ 6,500.00	\$ 6,500.00
Separadores Medio Vacío 18"Diam.	6	\$ 3,200.00	\$ 19,200.00
Piernas de sello Medio Vacío	6	\$ 1,000.00	\$ 6,000.00
Separador principal 32" diam.	1	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
Cabezal de Medio Vacío	1	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
Vacuometro de 7 Columnas	1	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
Valv. Mariposa 4"diam	6	\$ 100.00	\$ 600.00
Ventilador Invertido de 4000CFM	1	\$ 8,500.00	\$ 8,500.00
Separadores de Alto Vacío 24" diam	5	\$ 5,500.00	\$ 27,500.00
Piernas de sello Separadores Alto Vacío	5	\$ 1,500.00	\$ 7,500.00
Cabezal Alto Vacío	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Válvulas mariposa 6"Diam	5	\$ 250.00	\$ 1,250.00
Vacuometros	5	\$ 150.00	\$ 750.00
Montaje de equipos			\$ 35,000.00
Total equipos de fabricación nacional			\$ 195,100.00

Fuente: Elaboración propia

El monto total del proyecto seria se observa en la Tabla 14:

Tabla 14: Resumen inversión del proyecto

Equipos de Importación	\$ 455,013.89
Equipos de fabricación Nacional	\$ 195,100.00
Contingencias 10%	\$ 65,011.39
Inversión total	\$ 715,125.28

Fuente: Elaboración propia

5.2 Evaluación Económica sin implementar la propuesta.

Para el presente análisis se tiene las siguientes consideraciones:

- La producción vendible se tiene 2 destinatarios: Ventas a terceros (40% de la producción mensual aprox.) y traslado a Convertidoras de Trupal – Lima (60% de la producción mensual aprox.)
- El precio de transferencia del papel a las Convertidoras de Trupal – Lima es de 535 USD/TM de papel
- El precio de venta a terceros varía según el destino y la cantidad de papel vendido, para efectos de cálculo se considerará el mismo valor que el precio de transferencia a Convertidoras de Trupal – Lima, es decir 548 USD/TM de papel.

Con las consideraciones anteriores, se presenta la evaluación económica de la operación de Trupal en la Planta Trujillo, lo que permite apreciar que bajo las condiciones descritas genera un beneficio costo de **1.034**, el costo de oportunidad del presente proyecto es el costo de capital que es el 10%.

Tabla 15: Estado de Resultados sin implementar la propuesta

PERIODO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos	\$33,781,541.40	\$36,830,985.55	\$37,130,400.00	\$37,324,800.00	\$37,519,200.00	\$37,713,600.00	\$37,908,000.00
Costos operativos	\$30,215,712.03	\$33,123,390.25	\$33,392,664.11	\$33,567,494.81	\$33,742,325.51	\$33,917,156.22	\$34,091,986.92
GAV	\$ 1,857,984.78	\$ 2,025,704.21	\$ 2,042,172.00	\$ 2,052,864.00	\$ 2,063,556.00	\$ 2,074,248.00	\$ 2,084,940.00
Utilidad antes de impuestos	\$ 1,707,844.59	\$ 1,681,891.10	\$ 1,695,563.89	\$ 1,704,441.19	\$ 1,713,318.49	\$ 1,722,195.78	\$ 1,731,073.08
Impuestos (30%)	\$ 512,353.38	\$ 504,567.33	\$ 508,669.17	\$ 511,332.36	\$ 513,995.55	\$ 516,658.73	\$ 519,321.92
Utilidad después de impuestos	\$ 1,195,491.22	\$ 1,177,323.77	\$ 1,186,894.72	\$ 1,193,108.83	\$ 1,199,322.94	\$ 1,205,537.05	\$ 1,211,751.16

Fuente: Elaboración propia

5.2 Evaluación Económica de la propuesta

Se tiene en cuenta las mismas consideraciones para la evaluación económica actual, y se le tiene en consideración lo siguiente:

- La propuesta se aplica en el año 2013, considerando como año 0.
- Para el año 2018 se considera el incremento de producción en 11%.
- En cuanto al costo de producción, se considera que el costo variable de producción aumenta en función al volumen de producción, y los costos fijos se mantienen.
- La cuenta de Otros Servicios de Terceros se ve incrementada por la necesidad de transportar el excedente de materia prima a utilizar.
- La depreciación de los equipos a utilizar será en 15 años según fabricante.

Los cálculos de las consideraciones se muestran en el anexo Evaluación Económica

Con las consideraciones anteriores, se presenta la evaluación económica de la operación de Trupal en la Planta Trujillo (Propuesta), lo que permite apreciar que bajo las condiciones descritas genera un beneficio costo de **\$1.313**, los resultados se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16: Estado de Resultados de la propuesta

PERIODO	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos	\$ -	\$3,498,943.63	\$3,683,098.56	\$3,867,253.48	\$4,051,408.41	\$4,235,563.34
Costos operativos	\$ -	\$2,379,697.44	\$2,504,944.67	\$2,630,191.91	\$2,755,439.14	\$2,880,686.37
Depreciación	\$ -	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02
GAV	\$ -	\$ 192,441.90	\$ 202,570.42	\$ 212,698.94	\$ 222,827.46	\$ 232,955.98
Utilidad antes de impuestos	\$ -	\$ 879,129.27	\$ 927,908.44	\$ 976,687.62	\$1,025,466.79	\$1,074,245.96
Impuestos (30%)	\$ -	\$ 263,738.78	\$ 278,372.53	\$ 293,006.28	\$ 307,640.04	\$ 322,273.79
Utilidad después de impuestos	\$ -	\$ 615,390.49	\$ 649,535.91	\$ 683,681.33	\$ 717,826.75	\$ 751,972.17

Fuente: Elaboración propia

El flujo de Caja se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17: Flujo de Caja

AÑO	0	1	2	3	4	5
PERIODO	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utilidad después de impuestos	\$ -	\$ 615,390.49	\$ 649,535.91	\$ 683,681.33	\$ 717,826.75	\$ 751,972.17
depreciación	\$ -	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02
amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FNE	-\$ 715,125.28	\$ 663,065.51	\$ 697,210.93	\$ 731,356.35	\$ 765,501.77	\$ 799,647.19

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en el Flujo de Caja y el Estado de Resultados se calcularon los principales indicadores económicos, obteniendo un VAN de \$2,032.714, y un TIR de 93.3%.

CAPITULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados y Discusiones

La nueva capacidad de drenado en la Mesa de Formación ha permitido incrementar en 10% aproximado la velocidad de la máquina papelera después de haber implementado la primera etapa del proyecto, como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 18: Velocidades de la Máquina Papelera 1ra etapa

VELOCIDADES PARA CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA MAQUINA MP7

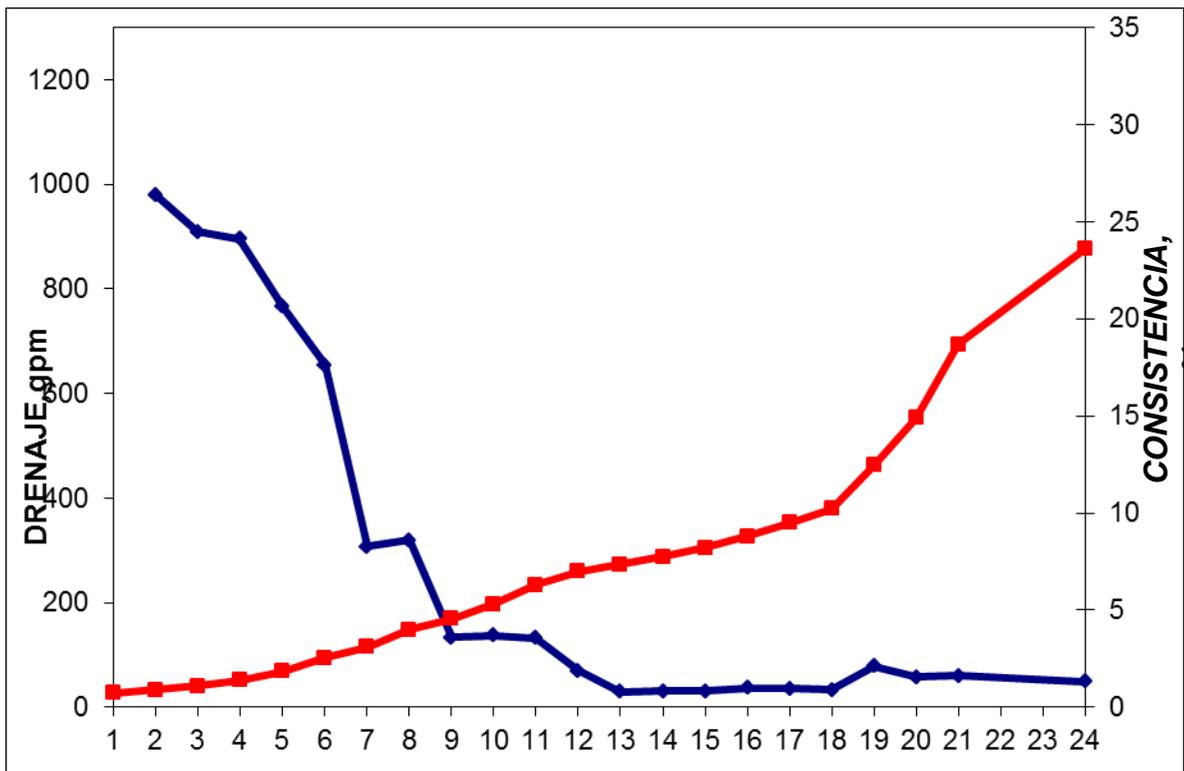
CODIGO	NOMBRE	Velocidad Actual (m/min)	Velocidad Sugerida (m/min)	Incremento (m/min)	Incremento (%)
HCNB 90	Corrugado Medio de 90 g/m ²	280	300	20	7.14
HCNB 110	Corrugado Medio de 110 g/m ²	300	320	20	6.67
HCNB 127	Corrugado Medio de 127 g/m ²	280	300	20	7.14
HCNB 135	Corrugado Medio de 135 g/m ²	260	290	30	11.54
HCNR 140	Corrugado Medio de 140 g/m ² con RH	250	280	30	12.00
HCNR 146	Corrugado Medio de 146 g/m ² con RH	240	270	30	12.50
HCNR 151	Corrugado Medio de 151 g/m ² con RH	230	260	30	13.04
HCNR 161	Corrugado Medio de 161 g/m ² con RH	210	230	20	9.52
HCNR 175	Corrugado Medio de 175 g/m ² con RH	190	210	20	10.53
HCNR 185	Corrugado Medio de 185 g/m ² con RH	180	200	20	11.11
HTLN 100	Test Liner de 100 g/m ²	280	300	20	7.14
HTLN 120	Test Liner de 120 g/m ²	280	305	25	8.93
HTLN 150	Test Liner de 150 g/m ²	220	250	30	13.64
HTLN 170	Test Liner de 170 g/m ²	190	210	20	10.53
Promedio:					10.10

Fuente: Elaboración propia

Sistema de Vacío en Mesa de Formación

Después de la implementación de la primera etapa de la mejora, permitió ir incrementando la velocidad de la Máquina Papelera sin afectar las pruebas físicas del papel como lo muestra la Tabla 18, se realizó un *Blow Test* para verificar la capacidad de drenado en la Mesa de Formación:

Figura 32: Corrida de Drenado después de la 1ra etapa



Fuente: Elaboración propia

Según el *Blow Test* realizado muestra un drenado variado, empezando con un alto drenaje y bajando gradualmente en los puntos 7, 8 y 9, así mismo se observa que en los siguientes puntos el drenaje es mínimo, también se observa un aumento gradual de consistencia.

La capacidad de drenado actual incrementó en 45.34% con 5,748 GPM, según el *Blow Test*.

Calidad del Papel

Con la implementación de la primera etapa de la mejora, se ha logrado incrementar la velocidad de la Máquina Papelera en 11% aproximadamente, este incremento no se ha logrado mantenerlo debido al continuo monitoreo que se tiene que tener en la regulación de vacío en el Bajo, Medio y Alto Vacío.

Balance de línea proyectado

Después de haber implementado la propuesta, se tendría los siguientes tiempos de ciclo:

- El tiempo de ciclo en Hydrapulper es de 2.5 min/Ton.
- Refinación OCC, de 5.87 min/Ton
- Refinación Pulpa de Bagazo, de 5.84 min/Ton.
- Rebobinado, de 4.8 min/Ton.
- Pesado, de 1.1 min/Ton.

El Tiempo de Ciclo proyectado por gramaje en la Máquina Papelera se muestra en la Tabla 19

Tabla 19: Tiempo de Ciclo proyectado por Gramaje

GRAMAJE	TRIM	VELOCIDAD	MIN/HORA	RATE (TON/H)	T. CICLO
161	4.83	235	60	10.4	5.76
110	4.83	320	60	9.7	6.19
151	4.83	260	60	10.8	5.55
127	4.83	300	60	10.5	5.72

Fuente: Elaboración propia

Con los tiempos de ciclo proyectados de cada proceso se realiza un ajuste de acuerdo a la disponibilidad de los equipos.

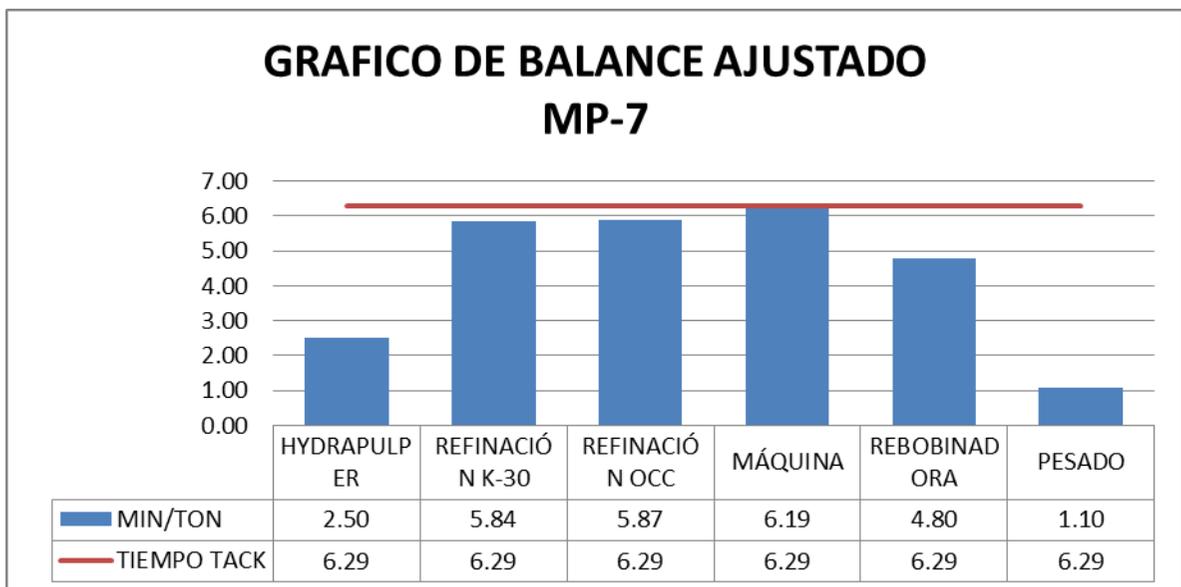
Tabla 20: Tiempo de Ciclo proyectado

	MIN/TON	%DISP	AJUSTE	TIEMPO TACK
HYDRAPULPER	2.5	100.00%	2.50	6.29
REFINACIÓN K-30	5.84	100.00%	5.84	6.29
REFINACIÓN OCC	5.87	100.00%	5.87	6.29
MÁQUINA	5.76	93.00%	6.19	6.29
REBOBINADORA	4.8	100.00%	4.80	6.29
PESADO	1.1	100.00%	1.10	6.29

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de Balance Ajustado se observa que después de la implementación de la mejora el tiempo de ciclo de la Máquina Papelera es menor al Tak Time.

Figura 33: Gráfico Balance Ajustado proyectado



Fuente: Elaboración propia

El incremento de velocidad en la Máquina Papelera, redujo el tiempo de ciclo en la línea de producción, lo que permitirá incrementar el volumen de producción, satisfacer la demanda de los clientes internos y externos.

6.2 Evaluación Económica Actual

Teniendo en cuenta todas las modificaciones realizadas, el costo beneficio aumentó en \$0.279 al pasar de \$1.034 a \$1.313.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- a. El Sistema de Vacío actual en la Mesa de Formación, no cuenta con la capacidad de drenado suficiente para poder incrementar la velocidad de la Máquina Papelera, ya que al incrementar la velocidad se adelanta el espejo de agua en la Mesa de Formación, provocando que la sequedad de la hoja de papel baje y no sea capaz de pasar hasta la Primera Prensa rompiéndose y generando tiempo perdido al normalizar nuevamente las operaciones.
- b. La formación actual de la hoja, trabaja con una frecuencia 37 Hz para una Velocidad de Máquina de 210 m/mim y un papel de 161GSM, sin embargo con la modificación presentada llega a 60 Hz.
- c. Con la implementación de la propuesta, en la primera etapa se logró alcanzar un incremento del 11% en la velocidad de la máquina papelera, pero este incremento en la velocidad no se mantiene constante.
- d. Después de implementar la propuesta de mejora en la Máquina Papelera, el tiempo de ciclo para la fabricación de papel bajo de 7.31min/Ton a 6.19min/Ton, lo que nos permite satisfacer la demanda de mis clientes al tener un tiempo de ciclo menor al Tak Time 6.29min/Ton.
- e. Se calcularon los indicadores económicos para la propuesta obteniendo un VAN de \$ 2,032.714 y un TIR de 93.3%. Este resultado indica que es viable la propuesta presentada para incrementar la velocidad de la máquina papelera.

7.2 Recomendaciones

- a. Se debe implementar un control de Variación de Peso y Humedad para controlar y realizar la corrección de variaciones en línea, esto ayudaría a reducir el tiempo de respuesta a las variaciones que se presentan en el papel.

- b. Al incrementar la velocidad de la Máquina Papelera, se tendrá más carga de trabajo en los equipos críticos dentro de la línea de producción para lo cual se debe implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo en la Máquina Papelera.

- c. Para reducir los rechazos de papel entre cambio de polines en la Bobinadora, y debido al incremento de velocidad, se debe implementar un cortador de hoja para dejar de utilizar agua en los cambios de polines.

Bibliografía

Textos:

- **Hannu Paulapuro, D. Sc. (Tech.)**, Papermaking Part 1, Stock Preparation and Wet End, Second Edition. Año 2008
- **Render, Barry**, Principios de administración de operaciones
- **Niebel, Benjamín**, Ingeniería industrial : métodos, estándares de trabajo y diseño del trabajo
- **Gaithier, Norman**, Administración de producción y operaciones
- <http://www.techlabsystems.com/es/datasheets/pulp/refinometro-web.pdf>
- http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/18_RM.pdf

ANEXOS

Anexo N° 01:

BALANCE DE LÍNEA MÁQUINA PAPELERA

Familia de Productos

Productos		Procesos				
		Hydrapulper	Refinación	Máquina	Rebobinadora	Pesado
	Corrugar Agro	X	X	X	X	X
	Corrugar Industria	X	X	X	X	X
	Test Liner	X	X	X	X	X

Subfamilia de productos

Orden	Gramaje	TM	%	% Acum
1	161	20,647.49	32.72%	32.72%
2	110	12,385.42	20.43%	53.15%
3	127	9,390.11	15.48%	68.63%
4	151	8,208.65	13.09%	81.72%
5	146	5,120.42	7.79%	89.50%
6	150	1,617.95	2.53%	92.04%
7	120	1,506.04	2.43%	94.47%
8	175	1,404.53	2.11%	96.58%
9	90	732.37	1.10%	97.68%
10	100	663.13	1.00%	98.67%
11	185	335.91	0.50%	99.18%
12	140	248.10	0.37%	99.55%
13	135	135.33	0.20%	99.76%
14	145	83.55	0.13%	99.88%
15	195	48.93	0.07%	99.95%
16	250	30.52	0.05%	100.00%
TOTAL		62,558.41		

Cálculo de Tak Time

Demanda 2012	80,053.865
Promedio día	228.725
Tak time	6.296

Tiempo de Ciclo Refinación

Ton de Papel	1.00
Humedad	7%
Masa de Bag	697.5 Kg
Masa de OCC	232.5 Kg
% Bagazo	0.75
% OCC	0.25

	Flujo en GPM	% Consistencia	Masa BD (Kg/min)	T. Ciclo (min/Ton)
Pulpa de Bagazo	700	4.4%	119.35	5.84
Pasta de OCC	310	3.3%	39.64	5.87

Tiempo de Ciclo por Gramaje

GRAMAJE	TRIM	VELOCIDAD	MIN/HORA	RATE (TON/H)	T. CICLO
161	4.83	210	60	8.8	6.80
110	4.83	300	60	8.7	6.89
151	4.83	230	60	9.1	6.62
127	4.83	280	60	9.3	6.47

Tiempo de Ciclo TRIM de Máquina

TRIM	Tiempo Ciclo
435.4	7.54
447.4	7.34
483	6.80
419.4	7.83
438.7	7.49
500	6.57
461.4	7.12
499	6.58

Anexo N° 02:

PRINCIPALES CAUSAS DE BAJA VELOCIDAD DE MÁQUINA PAPELERA

Item	Causa ISHIKAWA	TM de papel	%	Acumulado
1	La Calidad del papel limita el incremento de la velocidad de la máquina papelera	1,091.21	41.21%	41.21%
2	Baja capacidad de drenado en la Mesa de Formación	832.54	31.44%	72.66%
3	Baja eficiencia del sistema de vapor y condensado	341.97	12.92%	85.57%
4	Sistema de limpieza de baja consistencia trabaja en forma deficiente	241.80	9.13%	94.71%
5	Productos químicos fuera de estandar	130.82	4.94%	99.65%
6	Falta de conocimientos técnicos en la fabricación de papel	9.34	0.35%	100.00%
	TOTAL	2,647.68		

Fuente: Elaboración Propia.

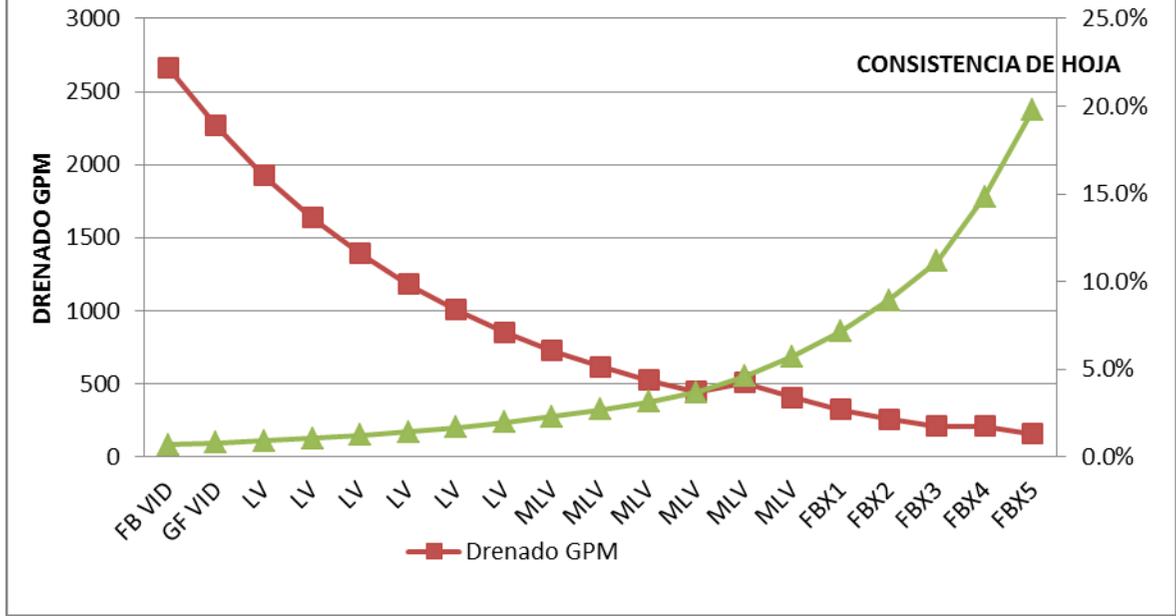
Anexo N° 03:**CORRIDA DE DRENADO PROPUESTA**

Abreviatura	Elemento	Eficiencia desgote	Consistencia desgote	Drenado GPM	GPM restante	Consistencia de Hoja	perdida de fibra	106.55
FB VID	FORMING BOARD VID	15%	0.12%	2664	15094	0.7%	3.20	103.35
GF VID	GRAVITY FOIL VID	15%	0.12%	2264	12830	0.8%	2.72	100.64
LV	LOW VACUUM	15%	0.12%	1925	10906	0.9%	2.31	98.33
LV	LOW VACUUM	15%	0.12%	1636	9270	1.0%	1.96	96.36
LV	LOW VACUUM	15%	0.05%	1390	7879	1.2%	0.70	95.67
LV	LOW VACUUM	15%	0.05%	1182	6697	1.4%	0.59	95.08
LV	LOW VACUUM	15%	0.05%	1005	5693	1.7%	0.50	94.58
LV	LOW VACUUM	15%	0.05%	854	4839	1.9%	0.43	94.15
MLV	MID LOW VACUUM	15%	0.05%	726	4113	2.3%	0.36	93.79
MLV	MID LOW VACUUM	15%	0.05%	617	3496	2.7%	0.31	93.48
MLV	MID LOW VACUUM	15%	0.05%	524	2972	3.1%	0.26	93.22
MLV	MID LOW VACUUM	15%	0.05%	446	2526	3.7%	0.22	92.99
MLV	MID LOW VACUUM	20%	0.05%	505	2021	4.6%	0.25	92.74

MLV	MID LOW VACUUM	20%	0.04%	404	1617	5.7%	0.16	92.58
FBX1	FLATBOX 1	20%	0.04%	323	1293	7.1%	0.13	92.45
FBX2	FLATBOX 2	20%	0.04%	259	1035	8.9%	0.10	92.35
FBX3	FLATBOX 3	20%	0.04%	207	828	11.1%	0.08	92.26
FBX4	FLATBOX 4	25%	0.04%	207	621	14.8%	0.08	92.18
FBX5	FLATBOX 5	25%	0.04%	155	466	19.8%	0.06	92.12

Fuente: Elaboración Propia.

DRENADO EN LA MESA DE FORMACIÓN



Anexo 04:**CALCULO DE INDICADORES FINANCIEROS**

VAN	\$ 2,032,714	SI, PORQUE VAN > 0
TIR	93.3%	SI, PORQUE TIR > COK
B/C	1.313	BC > 1.05

Flujo de Caja

AÑO	0	1	2	3	4	5
PERIODO	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utilidad después de impuestos	\$ -	\$ 615,390.49	\$ 649,535.91	\$ 683,681.33	\$ 717,826.75	\$ 751,972.17
depreciación	\$ -	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02	\$ 47,675.02
amortización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FNE	-\$ 715,125.28	\$ 663,065.51	\$ 697,210.93	\$ 731,356.35	\$ 765,501.77	\$ 799,647.19

Anexo 05:

BALANCE DE LINEA PROPUESTO

Tiempo de ciclo de Máquina

GRAMAJE	TRIM	VELOCIDAD	MIN/HORA	RATE (TON/H)	T. CICLO
161	4.83	235	60	10.4	5.76
110	4.83	320	60	9.7	6.19
151	4.83	260	60	10.8	5.55
127	4.83	300	60	10.5	5.72

Resumen Tiempo de Ciclo

	MIN/TON	%DISP	AJUSTE	TIEMPO TACK
HYDRAPULPER	2.5	100%	2.50	6.29
REFINACIÓN K-30	5.84	100%	5.84	6.29
REFINACIÓN OCC	5.87	100%	5.87	6.29
MÁQUINA	5.76	93%	6.19	6.29
REBOBINADORA	4.8	100%	4.80	6.29
PESADO	1.1	100%	1.10	6.29

Gráfico de Balance Ajustado

