



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE GRADUACIÓN
SEMINARIO DE GRADUACIÓN

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

ORIENTACIÓN

GESTION DE LA PRODUCCIÓN

TEMA:

ANÁLISIS Y PROPUESTAS PARA LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA
LÍNEA DE FABRICACIÓN DE PAPEL EN CARTORAMA C.A.

AUTOR:

García Clavijo Angel Johann

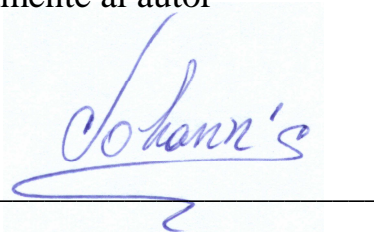
DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Ruiz Sánchez Thomas

2001 - 2002

GUAYAQUIL – ECUADOR

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta Tesis corresponden exclusivamente al autor”

A handwritten signature in blue ink that reads "Johann's". The signature is written in a cursive style with a long, sweeping underline that extends to the right.

García Clavijo Angel Johann

C.I.# 0913281762

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento primeramente a Dios, quien me ha ayudado a lo largo de toda mi vida. Así mismo deseo agradecer a mis padres y hermanos quienes me dieron la formación y a mi esposa que me ha dado las fuerzas para continuar en la ardua tarea de la capacitación profesional. Hago extensivo mi agradecimiento a los ingenieros de Cartorama C.A. y de la Universidad de Guayaquil, pues con sus conocimientos me han formado como un profesional.

RESUMEN

En la actualidad Cartorama c.a. se encuentra montando una línea de fabricación de papel, la misma que hasta el momento lleva un periodo de montaje de cerca de dos años. La línea necesita energía mecánica para poder funcionar, esta energía puede ser obtenida de otras formas tales como eléctrica o calorífica que a su vez se pueden obtener por distintos métodos. La alta gerencia de la empresa tienen definido un método para poner en funcionamiento la línea de producción. No obstante se puede entender por medio de un estudio que la misma no estará funcionando de manera que se optimicen los recursos, además los altos costos de producción no permitirán a la empresa obtener las utilidades deseadas. Además se han hallado problemas en ciertos equipos de la línea de producción.

Se pretende a través de este trabajo demostrar que el método escogido para el funcionamiento de la línea de producción no es óptimo, que se puede obtener un mejor método que sea más eficiente, más económico y más actual. Las grandes compañías papeleras alrededor del mundo tienen ventajas sobre Cartorama C.A. dada a su capacidad de producción, es por esto que se ve la necesidad de analizar la línea y determinar una solución para que de ese modo la empresa pueda estar a un nivel superior y competir en el sector de la industria papeleras.

.....
García Clavijo Angel Johan

INDICE GENERAL

CAPITULO I

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMPRESA

	Pág.
1.1 Generalidades de la empresa	1
1.1.1 Misión	3
1.1.2 Visión	4
1.2 Análisis de mercado	4

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1 Generalidades de la nueva linea	7
2.2 Metas a corto plazo	10
2.3 Descripción del proceso y distribución de planta	10
2.3.1 Preparación de pasta	11
2.3.2 Prensado	12
2.3.3 Secado	12
2.3.4 Calandria	13
2.3.5 Enrollado	13

CAPITULO III

ANÁLISIS TÉCNICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1	Principales problemas encontrados en la línea de producción	14
3.2	Análisis del pulper	14
3.3	Análisis de prensas	15
3.4	Análisis de la turbina	17
3.4.1	Cálculo del consumo de búnker por el uso de turbina	20
3.4.2	Cálculo de la capacidad de la caldera	21
3.5	Resumen de los problemas	23
3.6	Alternativas de solución a estos problemas	25

PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

CAPITULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.1	Análisis del uso de motor eléctrico	26
4.2	Análisis del montaje de una nueva prensa	30
4.2.1	Análisis del uso de la turbina y nueva prensa	32
4.2.2	Analisis del uso del motor electrico y nueva prensa	33
4.3	Comparacion técnica entre las distintas alternativas	34

CAPITULO V

ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCION

5.1	Análisis de costos de las distintas propuestas	37
5.1.1	Costos por el uso de turbina	37
5.1.2	Costos por el uso de motor eléctrico	38
5.1.3	Costos por el uso de turbina y nueva prensa	39
5.1.4	Costos por el uso de motor electrico y nueva prensa	40

CAPITULO VI

ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA OPTIMA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

6.1	Comparación de costos de las distintas alternativas	43
6.2	Cálculo del TIR para las distintas alternativas	44
6.3	Elección de la mejor alternativa	46
6.4	Capacidad económica para la ejecución de la mejora	47
6.5	Programación de la puesta en marcha	48
6.6	Conclusiones y recomendaciones	48
	Anexos	50
	Bibliografía	

INDICE DE ANEXOS

1	Ubicación de la empresa	51
2	Organigrama del molino	52
3a	Distribución de planta (vista de planta)	53
3b	Distribución de planta (vista lateral)	54
4a	Diagrama de flujo de preparación de pasta	55
4b	Diagrama de flujo de formación de papel	56
5	Tabla de cálculos para consumo de calderos	57
6a	Gasto másico de turbina a 25 psi de descarga	58
6b	Gasto másico de turbina a 40 psi de descarga	59
7	Características de la turbina	60
8	Diagrama de análisis de proceso de turbina	61
9	Diagrama esquemático del proceso de turbina	62
10	Diagrama de operaciones del proceso de turbina	63
11	Diagrama de análisis del proceso del motor	64
12	Diagrama esquemático del proceso del motor	65
13	Diagrama de operaciones del proceso del motor	66
14	Esquema explicativo del cuadro no. 6	67
15	Esquema explicativo del cuadro no. 7	68
16a	Tabla de amortización por motor eléctrico	69
16b	Tabla de amortización por prensas Hergen	70
17	Programación de la puesta en marcha	71

INDICE DE CUADROS

1	Crecimiento de la producción	6
2	Cargas de la línea de producción	18
3	Esquema del sistema de la turbina	19
4	Diagrama de Pareto	23
5	Diagrama Causa – Efecto	24
6	Ahorro producido por prensas	32
7	Calderas para distintas alternativas	36
8	Costos de motor eléctrico	39
9	Costos de prensas Hergen	40
10	Consumo de búnker para cada alternativa	42
11	Recuperación del capital	44
12	TIR motor eléctrico	44
13	TIR prensas Hergen	45
14	Valores de tercera alternativa de solución	45
15	TIR alternativa de motor y prensas Hergen	45
16	Comparación entre las distintas alternativas	46

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se procederá a investigar primeramente los costos por producción de cada uno de los equipos en los cuales se han encontrado problemas; con esta información se podrá elaborar diagramas propios de la ingeniería industrial, tales como el diagrama de paretto y el de causa – efecto.

Una vez tabulada esta información se procederá a analizar las alternativas de solución posibles para el óptimo funcionamiento de la línea de producción. Se tabularán costos por inversiones, recuperación de capital y tasas de retorno interna.

A partir de esta información ordenada, se procederá a emitir un plan de solución junto con su correspondiente programación de la puesta en marcha del mismo.

CAPITULO I

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Cartorama c.a. es una empresa dedicada a la satisfacción de las necesidades de productos de cartón corrugado. La empresa se encuentra ubicada en el Km. 14½ vía Daule y lleva un periodo de vida laboral de cerca de 12 años; su fundador y propietario es el Señor Juan Eljuri. Para apreciar la localización geográfica de la empresa véase el anexo 1.

Cartorama C.A. fue fundada el 28 de septiembre de 1992. Fue en el mes de marzo de 1994 cuando arrancó comenzando a laborar con una línea de corrugado de 90 pulgadas, imprentas (3 en total, que son: Ward, Isowa 1 y 2) y una troqueladora. Actualmente la empresa labora con más imprentas, estas son: Isowa 3 y 4, Simon 1 y 2, Peters y Clarck Aiken.

La empresa vende sus productos que sirven para embalaje de productos de consumo externo, tales como:

- banano
- frutas

- verduras
- flores
- pescado enlatado
- pescado fresco
- camarón congelado
- café
- cocinas
- refrigeradoras
- lavadoras, etc

Además la empresa produce cajas para embalaje de todo tipo de producto de consumo interno tales como:

- alimentos
- caramelos
- azulejos
- vajillas
- ollas
- licores
- cervezas
- cocinas
- refrigeradoras

- lavaplatos
- botellas
- envase de hojalata
- muebles
- químicos, etc

La empresa trabaja en la actualidad con un promedio de 200 trabajadores de planta repartidos en dos turnos de 12 horas cada uno y a más de eso tiene 30 personas en el área administrativa.

Básicamente se tienen dos procesos de producción, estos son: corrugado y conversión. La corrugadora utiliza papel como materia prima y ciertos insumos tales como: almidón de yuca, borax, resinas hidro-resistentes, soda cáustica para la fabricación del cartón corrugado. De aquí se obtienen láminas que son hechas a la medida que el cliente solicite, estas mismas láminas serán la materia prima de la sección de conversión, esto es, la sección de troquelado, imprentas y doblado en las cuales las láminas son procesadas y convertidas en cajas.

1.1.1 MISION

Ser los líderes de la industria de cartón corrugado mediante la conformación de alianzas estratégicas con los clientes y proveedores. Esta alianza se fortalece

continuamente con el fin de proveerles siempre el mejor servicio global a los más óptimos costos totales.

1.1.2 VISION

Convertirse a corto plazo en el mejor proveedor de soluciones de empaque de cartón corrugado, alcanzando y manteniendo el mejor índice de satisfacción total.

1.2 ANALISIS DE MERCADO

En las grandes naciones se suele juzgar la calidad de vida de una nación por el consumo *per capita* del papel. Actualmente E.E.U.U. es el primer consumidor y productor de papel del mundo, el Japón está en segundo lugar, Canadá en tercero y en cuarto lugar está la ex-Unión Soviética. En el año 1960 el consumo *per capita* de papel en E.E.U.U era de 441 libras y ya para el año de 1985 este se ubicaba en 657 libras.

El uso de papel alrededor del mundo es realmente extenso. Lo vemos en uso a niveles comerciales, industriales y consumidores en general. El uso comercial del papel cubre los papeles de oficina y para imprimir, incluso los periódicos y otras publicaciones. En cuanto al uso de hogares y escuelas se

refiere a productos como las servilletas, toallas y papeles a colores a más de útiles escolares. El uso industrial incluye las muchas formas de producto de embalaje, tales como cartones, papel para la construcción, entre otras. En el Ecuador la Papelera Nacional, ubicada en el cantón Marcelino Maridueña, actualmente provee a Cartorama C.A. de materia prima para los procesos de corrugado. Otras fabricas, en cuanto a producción de papel se refiere, son las siguientes: Cartopel de Cuenca, Ecuapel del grupo Kimberly Clarck, Incasa en Quito y otra más en Latacunga. Cartorama c.a. ingresará a competir con todas estas empresas y además con las del exterior, puesto que las cartoneras en nuestro medio también trabajan con papeles importados.

En los actuales momentos el Ecuador se encuentra en una situación de tranquilidad social y económica. Es debido a esto que las empresas del medio tienen la oportunidad de crecer no solamente en sentido físico o productivo sino también en sentido económico y de mercado.

La empresa Cartorama c.a. también ha sabido aprovechar la oportunidad que las condiciones del medio brindan. A pesar de que la empresa inició sus labores en el año de 1994, ésta ha ascendido vertiginosamente hasta colocarse en el lugar de las mejores empresas del país. En el sitio de Internet que la empresa posee se puede apreciar un gráfico de producción a lo largo de los años, el mismo que se aprecia a continuación:

Cuadro No.1 Crecimiento de la Producción



Fuente: Internet-página web de Cartorama c.a.
Elaborado por: Angel J. García

Aprovechando la tranquilidad económica, la excelente aceptación por parte del mercado ecuatoriano y las ventajas que el gobierno ofrece a las empresas en proceso de montaje, Cartorama c.a. ha decidido montar una nueva línea de producción la misma que fabricará, exclusivamente, papel para corrugado medio.

Cartorama C.A. producirá papel midium Kraft, que servirá para proveer a la línea de corrugado de la empresa para la elaboración del corrugado medio. Prácticamente se está montando una línea que provea de materia prima a otra línea dentro de la misma empresa.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1 GENERALIDADES DE LA NUEVA LINEA

El largo de la línea de producción de papel, que incluye la mesa de formación (fourdrinier), la sección de prensas y la sequería tiene cerca de 97 metros y su ancho de 4 metros. Su velocidad lineal promedio está alrededor de 300 m/min.

El proyecto El Molino en Cartorama C.A. se da inicio en el año de 1998 con la compra de una línea de producción de papel de segunda mano, pero no ha sido instalada aún por la complejidad del sistema; la línea fue comprada en la ciudad de Filadelfia, EEUU, donde se contrató a una empresa de asesoría para que realizara los planos y diseños del galpón y de las instalaciones para las máquinas y equipos de la línea de proceso.

La empresa no adquirió el 100% de los elementos necesarios para la producción de papel, no obstante para satisfacer los planes de montaje realizados se efectuó otra compra de equipos a una empresa canadiense. El costo total de estas dos compras asciende aproximadamente a \$1'500.000,00 (en dólares

norteamericanos), sin embargo de todos los elementos adquiridos se ha aprovechado aproximadamente el 70% de los mismos. Esto se realizó debido a que los estudios de montaje realizados determinaron que la empresa debía innovar ciertos equipos e inclusive comprar algunos nuevos.

Mientras la empresa buscaba personas para que se encarguen del montaje la maquinaria permanecía almacenada en los patios de la empresa expuesta a los rayos solares y a las lluvias de temporada. Actualmente se lleva montado el 60% de la misma en un galpón, que fue construido en el año 2000 especialmente para el montaje. Las distintas áreas del galpón se detallan en la siguiente lista:

Preparación de pasta planta baja	842 m ²
Preparación de pasta planta alta	200 m ²
Mesa de formación	270 m ²
Sección de prensas	116 m ²
Batería de secadores	715 m ²
Calandria	76 m ²
Pope	80 m ²
Enrolladora	115 m ²
Talleres	208 m ²
Baños	104 m ²

Comedor	45 m ²
Area total del galpón	3600 m ²

Todas estas áreas mencionadas en las cuales se encuentra dividido el galpón serán explicadas más adelante cuando se describa el proceso de fabricación del papel.

Cabe destacar el hecho de que la empresa Cartorama se halla prácticamente dividida en dos, o sea, en lo que es cartonera y lo que es el proyecto de montaje del molino de papel. Ambas partes laboran independientes la una de la otra. En el proyecto se encuentran laborando 1 montacargista, 6 mecánicos y 4 electricistas, personal contratado exclusivamente para este montaje por la empresa. A más de este grupo de trabajadores, que es la plantilla de la empresa, se tiene a un contratista eléctrico con 15 personas a su cargo y un contratista mecánico con 17 personas a su cargo. En el anexo 2 se puede observar un organigrama de lo que corresponde al proyecto el molino de la empresa Cartorama.

La línea de producción de papel a montar en Cartorama c.a. es de origen americano marca Black Clawson. Esta línea fabrica papel hasta un ancho de 3,05 metros a una velocidad máxima de 300 m/min. Consiste fundamentalmente de una zona de preparación de pasta, 1 mesa de formación (ó fourdrinier,

llamada así en honor a los hermanos franceses Fourdrinier que proveyeron el dinero para su construcción en el año 1805), 2 prensas, 4 baterías de secadores, una calandria y una enrolladora.

La línea es puesta en marcha en su totalidad por un eje principal, llamado line shaft. Este eje parte desde la mesa de formación y se prolonga hasta una parte de la línea de producción llamada pope, de este modo trasmite movimiento a toda la máquina. El eje principal de la línea a su vez es puesto en marcha por una turbina que es alimentada por un caldero que utiliza búnker para su funcionamiento.

2.2 METAS A CORTO PLAZO

Se pretende tener montada la línea en su totalidad para el mes de Febrero del 2003, pero se dedicarán unos dos o tres meses para el periodo de prueba de la línea de producción, es decir un periodo destinado a la afinación de los equipos. Por lo tanto, se ha planificado que para el mes de Mayo del 2003 la línea ya estará produciendo papel en una cantidad aproximada de cien toneladas por día (100 TPD); la línea estaría produciendo entonces al 90% de su capacidad productiva.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Para apreciar la distribución de planta véanse los anexos 3a y 3b. A continuación se describe el proceso de la fabricación del papel (ver anexos 4a y 4b):

2.3.1 Preparación de pasta.

La preparación de pasta consiste en mezclar las fibras de la madera o las fibras del cartón reciclado con agua. Esto se logra introduciendo la materia prima en una máquina llamada pulper, que funciona de manera similar a una gran licuadora. Las fibras que tienen una longitud de 1 a 2.5 mm producen un papel de baja dureza, mientras que las fibras cuya longitud varía de 3 a 5 mm hacen el papel más fuerte.

Una bomba se encarga de enviar la mezcla hacia depuradores, que servirán para sacar impurezas tales como piedras, vidrios, metales, entre otras cosas. Luego la mezcla pasa por máquinas que le dan mas consistencia a la mezcla quitándole agua. El proceso requiere bastante filtrado y reciclado del agua. Se tiene previsto que se requerirán 676 lt/min en el proceso. Las aguas residuales de las fábricas de papel se descargan a clarificadores. Estos neutralizan el agua y tratan de dejarla lo menos contaminante para la naturaleza.

Después de un proceso de filtrado y refinado la mezcla de 0.5% de consistencia (99.5% agua, 0.5% fibra) es enviada a la mesa de formación. En esta sección se remueve agua a la pasta por gravedad, por fricción y por vacío. Al salir de la mesa de formación (fourdrinier) la pasta debe de tener una consistencia de 19%.

2.3.2 Prensado

La hoja húmeda pasa a través de 2 prensas dispuestas una a continuación de la otra con lo cual se alcanza una consistencia del 35%. Toda el agua escurrida, tanto de las prensas como del fourdrinier, va hacia unos pozos para ser tratada y retro-alimentada en la línea. Se trata siempre de aplicar la máxima presión posible que poseen las prensas ($30,7 \text{ KN/m}_{\text{lineal}}$) en esta sección pues de este modo se quita lo máximo de agua de la hoja y no se necesita mucho vapor en la siguiente sección, que es la de los secadores.

2.3.3 Secado

Se hace pasar la hoja a través de 3 baterías de secadores. Cada batería de secadores consiste de un grupo de cilindros de hierro por los cuales se hace pasar vapor. Se trabajará con 3 baterías de secadores teniendo 64 cilindros en total. En esta sección existe una gran pérdida de agua de 7.261,9 litros por

minuto debido a la evaporación de la misma. La consistencia obtenida al finalizar esta sección es del 96%; menos de esa cantidad la hoja es muy húmeda y más de esa cantidad la hoja queda muy frágil, que podría romperse con mucha facilidad.

2.3.4 Calandria

Después de pasar por los secadores la hoja pasa por una calandria que sirve para darle un grado de acabado superficial. Para el caso de Cartorama la hoja no debe tener un acabado muy fino puesto que se va a utilizar para el corrugado medio.

2.3.5 Enrollado

El eje principal de la línea trasmite movimiento solamente hasta esta sección. Después de que el papel pase por la calandria se lo enrolla en el eje de la máquina llamada pope reel. Luego, la hoja es desenrollada y vuelta a enrollar en un canuto de cartón en la máquina denominada enrolladora, luego es transportada hacia la parte final del galpón en donde será recogida por el carro o montacargas que la llevará a su lugar de almacenamiento.

CAPITULO III

ANÁLISIS TÉCNICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 PRINCIPALES PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN.

Descritos ya los procesos para la elaboración del papel midium craft (corrugado medio) se realizó un análisis de cada uno de estos, y se pudieron encontrar algunos problemas que afectarían a la óptima utilización de los recursos e insumos. Estos problemas fueron encontrados en los equipos que a continuación se enlistan:

- Pulper
- Prensas
- Turbina

3.2 ANALISIS DEL PULPER

Cuando se estudió este equipo se encontró que su capacidad está sobredimensionada, es decir, que puede procesar más de lo que la línea requiere. Según los datos técnicos de este equipo su capacidad es de 300 TPD (toneladas por día), pero la capacidad requerida para la empresa, según los planes del proyecto, es de 100 TPD.

El pulper consiste de un tanque metálico de 5 metros de diámetro y 3,5 metros de alto. Debajo del mismo se encuentra un motor de 298,4 Kw (400 HP) y un reductor engranado a unas aspas que giran para poder desintegrar la materia que ingresa con agua. Este motor tendrá que trabajar las 24 horas al día pero aprovechando casi la mitad de la capacidad total del equipo para satisfacer los planes de producción de la empresa.

El motor del pulper en un día de producción normal, trabajaría durante 24 horas. Esto en costo para la empresa significa:

$$298,4 \text{ Kw} \times 24 \text{ h} / \text{ día} = 7.161,6 \text{ Kw-h} / \text{ día}$$

$$7.161,6 \text{ Kw-h} / \text{ día} \times \$0.08 / \text{ Kw-h} = \text{US\$ } 572,93 / \text{ día}$$

Esto es lo que se requerirá en un día de producción, valor que es innecesario ya que se puede trabajar con un pulper y un motor de menor capacidad (200HP) satisfaciendo igualmente el requerimiento de la línea.

3.3 ANALISIS DE LAS PRENSAS

En la actualidad las fábricas de papel han mejorado sus procesos productivos y optimizado sus recursos al mejorar este equipo. En el estudio realizado en las prensas se notó que estas tienen una capacidad de entregar la

hoja con una consistencia del 35%, esto indica 35 partes de fibra y 65 partes de agua. En otros países las empresas tienen prensas que alcanzan a entregar una consistencia de más del 50%, esto depende del nivel tecnológico de las mismas.

Las prensas de Cartorama C.A. tienen una presión de trabajo de 30,7 KN/m_{lineal} y entregan la hoja a la sección de secadores con un 35% de consistencia. Para poder alcanzar el 96% de consistencia deseado al final de la línea los secadores requieren 30.000 lb vapor por hora, sin considerar la turbina, no obstante la empresa producirá con turbina lo cual hace que el sistema requiera de 35.000 lb de vapor por hora, como se explicará en el punto 3.4.1.

Para obtener los costos de operación por el uso de búnker se tuvo que realizar una investigación documental en una compañía de servicios a calderos, de la cual se obtuvo una tabla con la que se pueden obtener los costos de operación por el uso de búnker. Dicha tabla se encuentra en el anexo 5. Haciendo uso de esta tabla de cálculo tenemos:

$$30.000 \text{ lb vapor/h} \times 1\text{BHP} / 34.5 \text{ lb vapor por hora} = 869,57 \text{ BHP}$$

$$\text{Galones por hora} = 869,57 \text{ BHP} \times 0.28$$

$$\text{Galones por hora} = 243,48 \text{ GPH}$$

$$243,48 \text{ GPH} \times 24\text{h/día} = 5.843,48 \text{ gal / día}$$

$$5.843,48 \text{ galones de búnker / día} \times \text{US\$}0,60 / \text{galón} =$$

US\$ 3.506,09/día

3.4 ANALISIS DE LA TURBINA

La línea de producción está planificada para trabajar utilizando la turbina como elemento motriz en el eje principal de la máquina (line shaft.) La línea fue comprada sin caldero pero con la turbina de 900 HP de salida con su reductor, la misma que requiere una cantidad de 15.200 libras de vapor por hora, trabajando al 66.67% (600HP) de su capacidad y con la salida de 25 psi (ver anexo 6a), pudiéndose aumentar esta presión a 40 psi debido a que este equipo tiene 2 salidas (ver anexo 6b). En las condiciones de 40 psi de descarga, como se puede apreciar en el anexo 6b, se requiere 16.800 lb vapor por hora. A continuación se lista las características de la turbina, las mismas que se pueden analizar en el anexo7:

- Marca Westing House modelo E-125
- Reductor incluido
- Presión de vapor a la entrada de 400 psi
- Temperatura del vapor a la entrada de 650 °F (344°C)
- Presión de salida: una de 25 y otra de 40 psig
- Potencia de salida 900 HP
- Velocidad normal 5366 rpm

- Velocidad de salida del reductor 675 rpm

Se requieren de 600HP para dar movimiento a toda la línea. A continuación se muestran las cargas de cada parte de la línea:

Cuadro No.2 Cargas de la línea de producción

SECCION	POTENCIA
Couch	120
1 ^{era} Prensa	25,7
2 ^{da} Prensa	28,7
1 ^{era} Sección de Secadores	62,4
2 ^{da} Sección de Secadores	46,6
3 ^{era} Sección de Secadores	40
Size Press	22,65
4 ^{ta} Sección de Secadores	36,75
Calandria	84,6
Pope reel	30,2
Total Teórico	497,6
10% Pérdidas Line Shaft	49,76
Total H.P.	547,36

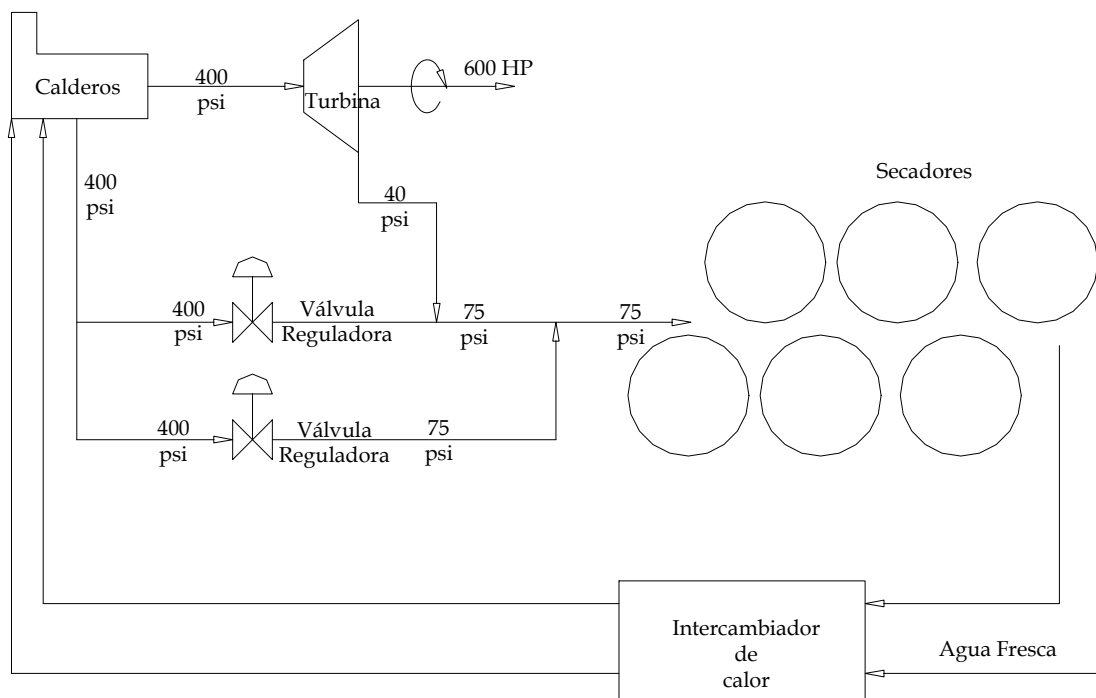
Fuente: Datos técnicos de la empresa
Elaborado por: Angel J. García

Realizando una investigación documental en los folletos del fabricante se ha constatado que la eficiencia es del 40%. Además se producirá haciendo que la descarga de la turbina se la envíe a la sección de secadores antes de ser condensada. Pero, los secadores requieren de una presión de 75 psi en una cantidad de 30.000 libras de vapor por hora, mientras que la presión de salida de la turbina trabajará a 40 psi y con un gasto másico de 16.800 lb vapor por hora.

Es notorio que la descarga de la turbina jamás abastecería a los secadores, tanto por la presión requerida como por el gasto másico.

Para solucionar ese problema se mezclará la descarga de la turbina con parte del vapor del caldero (a 400psi). Se regulará una salida del vapor de la caldera y al mezclarse con la descarga de la turbina dará como resultado 75 psi, con lo cual se dará solución a la falta de presión. Pero la cantidad de vapor que el caldero entrega para llegar a 75 psi es poca, de manera que se hará una conexión en paralelo para suplir la cantidad de vapor que hace falta. A continuación se aprecia el sistema de producción a implantarse; nótese que la necesidad de vapor en la línea se hace indispensable debido a los secadores:

Cuadro No.3 Esquema del Sistema de Turbina



3.4.1 CALCULO DEL CONSUMO DE BUNKER POR EL USO DE TURBINA

El sistema requiere de 35.000 lb vapor por hora para poner en marcha la turbina y abastecer a la sección de secadores. Los secadores requieren 30.000 lb realmente, las 5.000 lb de vapor por hora excedentes son a causa de la pérdida de presión existente en la turbina (ver cuadro No.3). Ya sea que el elemento motriz de la línea de producción sea una turbina o un motor eléctrico, el requerimiento de los secadores sigue siendo de 30.000 lb vapor por hora. Por lo tanto para efectuar los cálculos del consumo de búnker de la turbina se deben considerar solo 5.000 lb vapor por hora.

A continuación se procederá a explicar el cálculo para obtener la cantidad de búnker requerida para la producción de 1 tonelada de papel utilizando la turbina como elemento motriz.

Dado que 1 BHP equivale a 34.5 libras de vapor por hora y que la turbina requiere 5.000 libras de vapor por hora, haciendo uso de una regla de tres se tiene:

$$1 \text{ BHP} \text{ ————— } 34,5 \text{ lb vapor / h}$$

$$x \text{ ————— } 5.000 \text{ lb vapor / h}$$

$$x \approx 145 \text{ BHP}$$

O sea que se necesita de 145 BHP del caldero para que el sistema de la turbina funcione. Según la tabla del anexo 5 tenemos que:

$$\text{Galones / hora} = 0,28 \times \text{BHP}$$

$$\text{GPH} = 0,28 \times 145$$

$$\text{GPH} = 40,6 \text{ galones de búnker por hora}$$

Como un galón de búnker tiene un costo de US\$0,60, tenemos que:

$$\text{Costo} = 40,6 \text{ gal/h} \times \text{US\$}0.60/\text{gal}$$

$$\text{Costo} = \text{US\$} 24,35 / \text{hora}$$

Como se producirán 24 horas al día para obtener 100 TPD tenemos:

$$\text{US\$}24,36 / \text{h} \times 24 \text{ horas} / \text{día}$$

$$\text{US\$} 584,64 / \text{día}$$

3.4.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LA CALDERA

Según lo analizado, el sistema requiere de 35.000 lb vapor por hora para su funcionamiento, que implican 1.014,49 BHP. La empresa laborará con los calderos al 80% de su capacidad para evitar el desgaste acelerado de los equipos y por seguridad, así, para calcular la capacidad real del caldero tenemos:

$$\begin{array}{r} 1.014,49 \text{ BHP} \text{-----} 80\% \\ x \text{-----} 100\% \\ x = 1.268,12 \text{ BHP} \end{array}$$

Cartorama C.A. al trabajar con este sistema deberá adquirir 2 calderos de 700 BHP cada uno. Cada caldero será capaz de proveer 24.150 libras de vapor por hora. Así, se trabajará con una capacidad del 72% y satisfará el requerimiento de la turbina y los secadores. Para calcular el consumo de bunker por cada tonelada producida hacemos uso del anexo 5, así tenemos:

$$\begin{array}{r} 34,5 \text{ lb vapor / h} \text{-----} 1\text{BHP} \\ 35.000 \text{ lb vapor / h} \text{-----} x \\ x \approx 1.014,49 \text{ BHP} \end{array}$$

$$\text{GPH} = 0,28 \times 1.014,49 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 284,06 \text{ gal / h}$$

$$284,06 \text{ gal / h} \times 24\text{h / día} = 6.817,37 \text{ gal / día}$$

$$6.817,37 \text{ gal / día} \times 1\text{día / 100 ton} \approx 68 \text{ gal / tonelada}$$

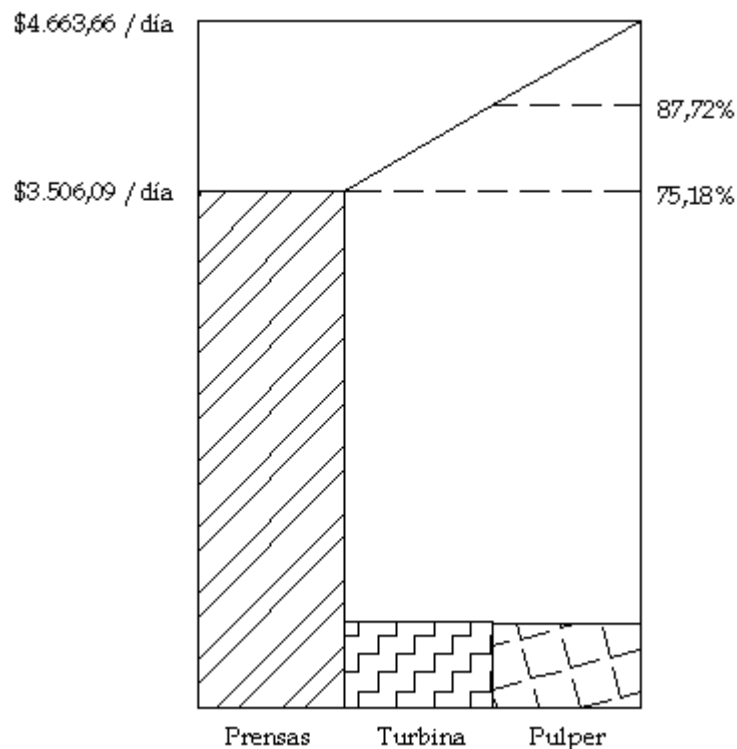
En el anexo 8 se puede observar el diagrama de análisis de proceso que nos indica cómo sería el proceso de producción de vapor al utilizar la turbina. En el anexo 9 se aprecia un esquema del mismo proceso, y en el anexo 10 se tiene un diagrama de flujo de proceso de esta alternativa de producción.

3.5 RESUMEN DE LOS PROBLEMAS

Analizando los tres problemas en conjunto se ha procedido a realizar un diagrama de Pareto en el cual se observan los mismos y sus respectivas incidencias en el costo. Así tenemos:

Cuadro No.4 Diagrama de Pareto

	f(\$/día)	fr %	fa %
Prensas	3506,09	75,18	75,18
Turbina	584,64	12,54	87,72
Pulper	572,93	12,28	100,00
	4663,66	100	

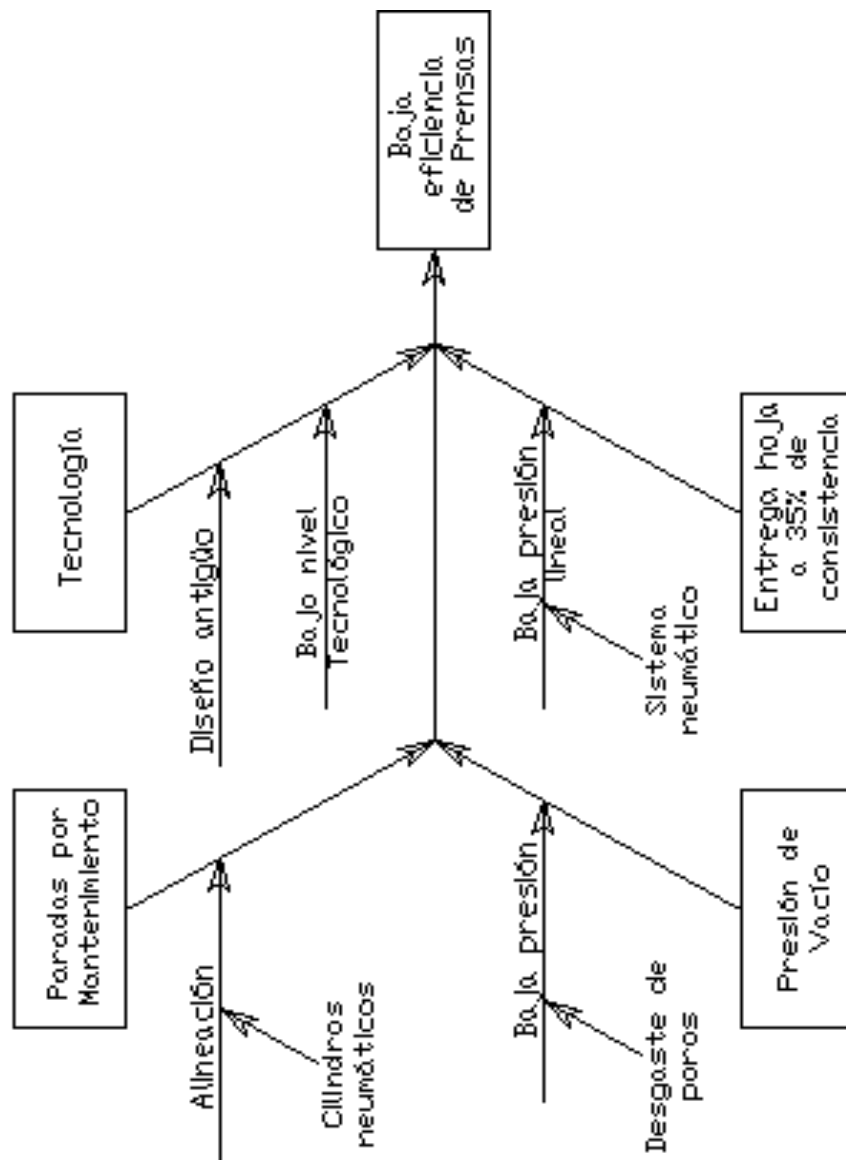


Elaborado por : Angel J. García

Como podemos apreciar en el cuadro anterior, la tercera parte de los problemas de la línea de producción inciden en el 75% de los costos de los mismos. Con el diagrama de Pareto que se ha realizado se puede proceder a el

análisis del principal problema mediante el uso del diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa).

Cuadro No.5 Diagrama causa-efecto



Elaborado por : Angel J. García

3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES A ESTOS PROBLEMAS

Después de haber analizado la situación actual de Cartorama C.A. se presenta ahora tres alternativas de solución para la empresa, éstas son:

- Producir utilizando un motor eléctrico como elemento motriz
- Producir utilizando Prensas nuevas
- Producir utilizando un motor eléctrico como elemento motriz y prensas nuevas

PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

CAPITULO IV

ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN

4.1 ANALISIS DEL USO DE MOTOR ELÉCTRICO

La primera alternativa que se tiene es la del uso de un motor eléctrico cuya alimentación proviene de la acometida de energía eléctrica de la red local.

Se tiene que analizar una serie de factores que intervienen con la adquisición de un motor eléctrico; para el uso del mismo se necesita un variador de velocidad, mandar a construir una base especial de manera que el motor pueda, radialmente, alejarse y acercarse al eje principal (para el ajuste de las bandas), un par de poleas y 16 correas 8V.

El variador de velocidad del motor es requerido para que la máquina pueda comenzar a moverse lentamente; paulatinamente el motor incrementa la velocidad, gracias a este dispositivo, hasta que consigue rotar hasta 900 rpm. Este dispositivo se encuentra dentro de un gabinete con un breaker al otro lado del mismo. El variador debe ser de tipo vectorial pues ofrece una velocidad

variable y un torque constante. La fórmula para obtener el número de revoluciones que un motor eléctrico puede dar por minuto viene dada por:

$$N = 120 \times f / P$$

Donde

N = revoluciones por minuto

F = frecuencia

P = número de polos que tiene el motor

Podemos notar en la fórmula que para variar el número de revoluciones de un motor podemos o bien variar el número de polos, o bien variar la frecuencia de la electricidad. Obviamente es más sencillo variar la frecuencia que el número de polos. Es de este modo que opera el variador de velocidad, cambiando la frecuencia podemos variar la velocidad del motor. Este dispositivo puede variar de 0 a 200 Hz y tiene una potencia de 500 KW. El motor en funcionamiento con este instrumento podrá tener una velocidad máxima de 1000 rpm y una mínima de 225 rpm.

El motor debe acoplarse al eje por medio de poleas cuya relación de transmisión es de 2 a 1, pues se necesita que el eje principal rote a 450 rpm. La base debe ser móvil para que las correas puedan ser instaladas y además para

tensarlas cada vez que se requiera. La base consistiría de una placa de hierro de 1 pulgada y dos tornillos sinfín rosca cuadrada.

El motor que se debe instalar fue cotizado y es de las siguientes características: es de inducción jaula de ardilla (MIJA) marca Siemens, modelo 1LA8-357 frame size 355, 460 VAC, 460 KW, 900 rpm, 60 Hz con TFC (total fan cooling, enfriamiento total con ventilador). Se prefiere el tipo jaula de ardilla por ser más fácil para reparar que los motores de rotor devanado, y se pretende adquirir un motor de una velocidad media, puesto que si es de menos rpm costaría más (por el incremento del número de polos), y si es de más rpm se debería invertir más dinero en hacer un engranaje de mayor costo (por incremento de la relación de velocidad). El tipo de montaje del motor es horizontal.

El motor aproximadamente tiene una potencia de 617 HP, esta potencia requerida por la línea en general fue calculada por la compañía Simpson, que fue la que vendió la línea (ver cuadro No.2). La inspección y mantenimiento del motor eléctrico es otro factor relevante en esta alternativa. Para la detección de mal funcionamiento del motor se deben utilizar los cuatro sentidos: vista, oído, olfato y tacto. La simple inspección visual nos revela un conjunto de averías, un motor ruidoso indica cojinetes desgastados, sobrecargas o funcionamiento en una sola fase. Un olor a quemado es propio de la combustión del aislamiento y

es síntoma de sobrecarga o de agarrotamiento. Un cojinete sobrecalentado se puede detectar por el tacto (debido a su alta temperatura).

Cada seis meses el motor eléctrico deberá parar para darle un mantenimiento programado que durará 24 horas. Se le hace un cambio de rodamientos; las barras deben ser limpiadas con un solvente apropiado, secadas y barnizadas. Se le debe hacer además una prueba de resistencia entre devanados, ésta debe indicar un valor de 3 omhios, conforme pase el tiempo la misma irá decreciendo; los valores deben ser tabulados. También se le hace una medición de la resistencia (utilizando un meger) de devanados a tierra, para determinar si existe aislamiento entre el devanado y la carcasa del motor, que es lo requerido.

Los diagramas de análisis del proceso, esquemático y de operaciones de proceso de esta alternativa de producción se pueden estudiar en los anexos 11, 12, y 13 respectivamente.

El uso del motor eléctrico nos ofrece una eficiencia de cerca del 95%, lo cual es algo muy aceptable y preferible en las industrias.

Se debe tener presente que para este caso el requerimiento de vapor solo sería de 30.000 libras de vapor por hora y no de 35.000 libras como en el caso

de la turbina. Con el procedimiento utilizado para calcular el consumo de búnker en el punto 3.3 procedemos a calcular la cantidad de búnker que cada tonelada de papel producida requiere, haciendo uso de la tabla del anexo 5 tenemos:

$$34.5 \text{ lb vapor / h} \text{ ————— } 1 \text{ BHP}$$

$$30.000 \text{ lb vapor / h} \text{ ————— } x$$

$$x \approx 869,57 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 0.28 \times 869,57 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 243,48 \text{ galones / h}$$

$$243,48 \text{ gal / h} \times 24 \text{ h/día} = 5.843,52 \text{ gal/día}$$

$$5.843,52 \text{ gal/día} \times 1 \text{ día/100 ton} \approx 58 \text{ galones / tonelada}$$

4.2 ANALISIS DEL MONTAJE DE UNA NUEVA PRENSA

El ahorro en los costos de producción puede ser aún mejor si se monta en la línea una nueva prensa que sustituya a la actual. Este es otro punto importante a tratar para la optimización de los recursos energéticos de la empresa.

El papel ingresa al proceso con un 0,5% de consistencia, sale de la mesa de formación con un 19% e inmediatamente ingresa a la sección de prensas. En esta sección la hoja de papel es comprimida por dos prensas dispuestas una a continuación de la otra, al salir de esta sección el papel inmediatamente ingresa

a la sección de secadores y debe de hacerlo con una consistencia alrededor del 50% como se hace en las grandes empresas papeleras de hoy en día. Los que vendieron la línea de producción sostienen que las prensas entregan el papel con una consistencia del 35%, por lo consiguiente se necesitará de una mayor cantidad de vapor en los secadores para dejar el papel hasta la consistencia deseada.

Se puede llegar a reducir los costos por producción de vapor si la empresa decide adquirir una nueva prensa para la línea de producción que trabaje casi al doble de lo que lo hacen las dos prensas originales debido a su alta presión lineal.

Se procedió a cotizar precios de prensas en fábricas de otros países. Entre las compañías dedicadas a la fabricación de maquinaria para la industria papeleras, se encuentran a las alemanas, norte americanas, brasileras, colombianas, entre otras. Las compañías alemanas tienen un gran prestigio en el medio papeleras, no obstante las latino americanas tienen una calidad muy aceptable.

La cotización de prensas más atractiva es la de la empresa brasileña Hergen dedicada a la fabricación de maquinaria para la industria papeleras. Dicha prensa satisface los requerimientos de la línea, trabaja a $250 \text{ KN/m}_{\text{lineal}}$, entrega

el papel a una consistencia del 53% y por lo tanto es conveniente para ser adquirida. El precio que se tiene es redondeado y está sujeto al cambio por parte del fabricante, sin embargo con este valor se puede hacer los respectivos cálculos para evaluar la inversión.

A continuación se aprecia un cuadro cuya explicación puede verse en el anexo 14.

Cuadro No.6 Ahorro producido por prensas

Ahorro de Vapor por Prensas Hergen			
	Unidades	Prensas Actuales	Prensas Hergen
Producción	Ton/día	100	100
Consistencia a Secado	%	35%	53%
Consistencia a final de línea	%	96%	96%
TPH	Ton/h	4,17	4,17
	Kg/h	4166,67	4166,67
Fibra al Final de la Línea	Kg/h	4000,00	4000,00
Agua al Final de la Línea	Kg/h	166,67	166,67
Fibra al entrar a Secadores	Kg/h	4000,00	4000,00
Agua al entrar a Secadores	Kg/h	7428,57	3547,17
Agua Evaporada	Kg/h	7261,90	3380,50

Ahorro en Secado 3881,40Kg/h
 % ahorro en Secado 53,45%
 % uso propuesto 46,55% de la cantidad actual
 Elaborado por: Angel J. García
 Fuente : Anexo #14

4.2.1 ANALISIS DEL USO DE LA TURBINA Y NUEVA PRENSA

El sistema comprendido de turbina y prensas existentes generan un consumo de 35.000 lb vapor / hora de las cuales 5.000 lb son a causa de la turbina, pero si se instala la nueva prensa la sección de secado requeriría

aproximadamente de un 47% de vapor que necesitan los secadores, esto significa que lo que se usaría en esta alternativa es 5.000 lb vapor/h y el 47% de 30.000 lb vapor/hora (14.100 lb vapor/h), dando un consumo total de 19.100 lb vapor/ hora, que es un ahorro significativo de búnker por cada tonelada producida. Haciendo los cálculos que el anexo 6 nos muestra:

$$34,5 \text{ lb vapor/h} \text{-----} 1 \text{ BHP}$$

$$19100 \text{ lb vapor/h} \text{-----} x$$

$$x \approx 553,62 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 0.28 \times 553,62 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 155,01 \text{ gal / hora}$$

$$155,01 \text{ gal/h} \times 24\text{h/día} = 3.720,33 \text{ gal/día}$$

$$3.720,33 \text{ gal / día} \times 1 \text{ día} / 100 \text{ ton} \approx 37 \text{ gal / tonelada}$$

4.2.2 ANALISIS DEL USO DEL MOTOR ELÉCTRICO Y NUEVA PRENSA

Como se ha manifestado en el punto anterior el ahorro en costos de producción de vapor es menor al utilizar una nueva prensa con mayor potencia y más aún si en lugar de utilizar una turbina para la generación del movimiento en la línea se utiliza un motor eléctrico. Hay que considerar que para esta alternativa solo se requerirá del 47% de 30.000 lb vapor por hora. Haciendo uso

del anexo 6 procedemos a calcular las cantidades de búnker utilizadas en esta alternativa:

$$34.5 \text{ lb vapor / h} \xrightarrow{\hspace{10em}} 1 \text{ BHP}$$

$$14.100 \text{ lb vapor / h} \xrightarrow{\hspace{10em}} x$$

$$x \approx 408,70 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 0,28 \times 408,7 \text{ BHP}$$

$$\text{GPH} = 114,44 \text{ galones por hora}$$

$$114,44 \text{ gal/h} \times 24\text{h/día} = 2.746,56 \text{ gal / día}$$

$$2.746,56 \text{ gal/día} \times 1 \text{ día} / 100 \text{ ton} \approx 27 \text{ gal / tonelada}$$

La implementación de este método de producción es bastante eficiente ya que el ahorro de búnker por la producción de vapor es significativo. Si para la alternativa motor y prensa antigua se necesitan 58 galones de búnker por tonelada, para esta alternativa solo se requeriría de 27 galones por cada tonelada debido al ahorro del 53% en vapor que la nueva prensa ofrece.

4.3 COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS

Al haber estudiado la situación actual que existe en la empresa Cartorama C.A. podemos apreciar de manera resumida que tenemos las siguientes alternativas:

- Línea de producción con Motor Eléctrico
- Línea de producción con Turbina y nueva Prensa
- Línea de producción con Motor Eléctrico y nueva Prensa

Se debe analizar como primer punto que desde el momento que se ingresa combustible en un caldero y se obtiene vapor ya existe una pérdida de energía, es por esto que se habla de eficiencia en las maquinarias. Los calderos en su mayoría poseen una eficiencia mayor o igual al 90%, y si a esto le añadimos que la turbina posee una eficiencia del 40% se tiene que: para generar movimiento en la línea de producción habrá una eficiencia del 36%, que resulta de multiplicar las eficiencias de las máquinas y equipos que intervienen en el proceso, esto es, el caldero y la turbina.

Por otra parte si se elige instalar un motor eléctrico para generar movimiento en la línea de producción se tendría una eficiencia bastante alta, dado que la única pérdida que se tendría en el uso de la energía estaría dada por la eficiencia del motor eléctrico, y ésta es del 95% según datos del mismo fabricante. Si a estas propuestas que se tienen le agregamos la mejora que viene dada por la instalación de una nueva prensa en la línea, se obtendrá una mejora económica que pasaremos a estudiar en el capítulo #6. A continuación vemos una comparación entre las distintas alternativas de producción. Se puede

apreciar la diferencia en el consumo de vapor que cada una de las alternativas presenta.

Cuadro No.7 Calderas para las distintas alternativas

Requerimiento de Calderas					
	Unidades	Situación Actual	Motor eléctrico	Prensas y Turbina	Prensas y Motor eléctrico
Gasto másico	Lb vapor/h	35.000,00	30.000,00	19.100,00	14.100,00
Requerimiento	BHP	1.014,49	869,57	553,62	408,70
Búnker	gal/h	284,06	243,48	155,01	114,43
Caldera	Lb vapor/h (100%)	43.750,00	37.500,00	23.875,00	17.625,00
	BHP	1.268,12	1.086,96	692,03	510,87
Caldera a comprar	BHP	2u x 700	2u x 600	1u x 700	1u x 600

Elaborado por : Angel J. García

CAPITULO V

ANÁLISIS DE COSTOS DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN

5.1 ANALISIS DE COSTOS DE LAS DISTINTAS PROPUESTAS

Un resumen de las cantidades requeridas de búnker para cada alternativa de solución y sus respectivos costos calculados en el capítulo anterior se pueden comprobar en el cuadro No. 10. A continuación se procederá a evaluar costos utilizando dicho cuadro.

5.1.1 COSTOS POR EL USO DE TURBINA (SITUACIÓN ACTUAL)

Para producir una tonelada de papel, utilizando turbina, se requiere de 68 galones de búnker (ver cuadro No. 10). Si se sabe que la línea de producción producirá 100 TPD se calcula que se requerirá de más de un millón y medio de dólares para adquirir búnker en un año. Tales costos pueden ser disminuidos al aplicar otra alternativa de producción como se verá en los siguientes puntos.

Se debe de considerar también el costo del Kilwatio hora que la turbina genera. Por los factores de conversión que se explicaron en el capítulo 3 y el anexo 6b se puede calcular este valor.

$$16.800 \text{ Lb vapor/h} = 600 \text{ HP}$$

$$486 \text{ BHP} = 600 \text{ HP}$$

$$136 \text{ gal búnker/h} = 600 \text{ HP}$$

$$136 \text{ gal búnker/h} = 447,6 \text{ Kw}$$

$$136 \text{ gal búnker} = 447,6 \text{ Kw-h}$$

$$\times \$0,60/\text{galón de búnker}$$

$$\$81,6 = 447,6 \text{ Kw-h}$$

$$\text{Kw-h} = \$0,18$$

Este valor es mucho mayor que el costo del Kw-h que la empresa eléctrica del Ecuador ofrece, este valor se ubica por los \$0,08. Es notorio que el producir con turbina es mucho más caro que hacerlo con un motor eléctrico.

5.1.2 COSTOS POR EL USO DE MOTOR ELECTRICO

Si se opta por instalar un motor eléctrico que sustituya la turbina se necesitará de 58 galones de búnker aproximadamente para producir una tonelada de papel por el funcionamiento de los calderos para los secadores (Ver cuadro No.10).

Para esta opción se debe de considerar los costos de adquisición del motor y de todos los equipos y/o elementos necesarios para su funcionamiento y se

pueden analizar los costos financieros que se dan por hacer un préstamo a un banco de la localidad. Los costos que intervienen en la aplicación de esta alternativa de producción se pueden ver en el siguiente cuadro:

Cuadro No.8 Costos del Motor Eléctrico

MOTOR ELÉCTRICO		
Concepto	Parcial	Total
Compra		S/. 89.500,00
Motor Eléctrico	S/. 31.730,00	
Variador de Velocidad	S/. 42.900,00	
Poleas con Bandas	S/. 9.600,00	
Base Móvil	S/. 3.770,00	
Acople marca Omega	S/. 1.500,00	
Cimentación y Montaje		S/. 1.508,00
Cimentación	S/. 648,00	
Montaje	S/. 860,00	
	Total	S/. 91.008,00

Elaborado por: Angel J. García

5.1.3 COSTOS POR EL USO DE TURBINA Y NUEVA PRENSA

Existe la oportunidad de mejorar los costos de producción en la empresa aún utilizando la turbina como medio para generar movimiento en la máquina. Como ya se vio en el capítulo anterior la adquisición de una nueva prensa economizaría el uso del vapor en los secadores y demás elementos que intervienen en ese sistema, por ende reduciría los costos de producción.

La adquisición de la prensa, a pesar de ser una inversión fuerte, si se justifica debido a que el capital se recuperaría en un periodo muy aceptable de

tiempo, dicho periodo se analizará en el siguiente capítulo. Los costos de la compra e instalación de la prensa se aprecian en el siguiente cuadro:

Cuadro No.9 Costos de Prensas Hergen

PRENSAS HERGEN	
Concepto	Total
Compra	\$480.000,00
Flete	\$10.000,00
Montaje	\$3.800,00
Total	\$493.800,00

Elaborado por: Angel J. García

5.1.4 COSTOS POR EL USO DE MOTOR ELECTRICO Y NUEVA PRENSA

Es notable que éste es el método más conveniente para la empresa, primero por ser un método que innova a la empresa y la actualiza con respecto a otras empresas de la misma rama, y segundo por que a pesar de parecer una inversión bastante fuerte ésta genera muy buenos resultados.

Como resultado de la implementación de este método de producción se estima un periodo de recuperación del capital bastante aceptable en nuestro medio, y que sería alrededor de 5 años, y además se podrá apreciar una notable disminución de los costos de producción.

No solo se debe ver la parte económica del nuevo método a implementar, sino que se debe también considerar la parte tecnológica. Comprar un insumo

para generar energía calorífica para que esta a su vez sea transformada en energía motriz es un recorrido largo en un proceso. Es obvio que lo más eficiente es adquirir un insumo para generar directamente movimiento, tal es el caso del motor eléctrico.

La nueva prensa está adaptada a la tecnología moderna y no como es el caso de las prensas que fueron compradas con la maquinaria usada. Cada día la tecnología avanza y descubre nuevas formas de procesar el papel y si Cartorama C.A. no va acorde al desarrollo de la tecnología, es muy difícil hacer carrera en un mercado tan turbulento como es el actual.

A continuación se presenta un cuadro muy útil para la comprensión de el consumo de búnker y su incidencia económica. Presenta las tres alternativas de solución que se desarrollan en este trabajo y la situación actual.

Cuadro No.10 Consumo de Búnker para las distintas alternartivas

Requerimiento de Búnker para cada alternativa					
Producción Diaria	100	TPD			
Costo del Búnker	\$0,60/gal				
Situación Actual (turbina como elemento motriz)					
30,000 lb vapor/h para secadores y 5,000 lb vapor/h para compensar la turbina					
Gasto másico 35,000 lb vapor/h					
Consumo	68gal/Ton		284gal/h		
$\frac{68\text{Gal}}{\text{Ton}} \times \frac{100\text{Ton}}{\text{Día}} \times \frac{360\text{día}}{\text{año}} \times \frac{0,6\text{USD}}{\text{gal}}$					
			$\frac{68\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$	=	1.468.800,00USD/año
Alternativa trabajando con motor eléctrico como elemento motriz					
30,000 lb vapor/h para secadores exclusivamente					
Gasto másico 30,000 lb vapor/h					
Consumo	58gal/Ton		243gal/h		
$\frac{58\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$					
			$\frac{58\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$	=	1.252.800,00USD/año
Alternativa trabajando con turbina como elemento motriz y nueva prensa *					
47% de 30,000 lb vapor/h y 5,000 lb vapor/h para compensar la turbina					
Gasto másico 19,100 lb vapor/h					
Consumo	37gal/Ton		155gal/h		
$\frac{37\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$					
			$\frac{37\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$	=	799.200,00USD/año
Alternativa trabajando con motor eléctrico como elemento motriz y nueva prensa					
47% de 30,000 lb vapor/h					
Gasto másico 14,100 lb vapor/h					
Consumo	27gal/Ton		114gal/h		
$\frac{27\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$					
			$\frac{27\text{gal}}{\text{Ton}} \times 21600$	=	583.200,00USD/año

CAPITULO VI

ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA OPTIMA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

6.1 COMPARACIÓN DE COSTOS DE LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS

Se puede observar con detenimiento en el cuadro No.11 que al dividir el costo total de cada opción para el consiguiente ahorro que dicha mejora traería se obtiene el periodo de recuperación de capital. Este es uno de los índices económicos simples a través de los cuales se pueden evaluar inversiones y determinar su ventaja con respecto a otras.

Al utilizar el método actual sin implementar ninguna mejora no traerá beneficios a la empresa además de el escaso desarrollo tecnológico que esto conlleva. En el siguiente cuadro se puede apreciar como la simple implementación de una nueva prensa conjuntamente con una turbina no es tan atractiva económicamente como lo es el método de motor eléctrico más la nueva prensa.

Los periodos de recuperación del capital de las alternativas dos y tres que se ven en el cuadro 11 son levemente diferentes, no obstante se debe saber escoger con un sentido técnico y no solo monetario.

Cuadro No.11 Recuperación del Capital

Tiempo de Recuperación del Capital					
Proyectos	Búnker \$USD/año	Ahorro anual \$USD	Ahorro mensual \$USD	Inversión \$USD	Recuperación meses
Situación Actual	1.468.800,00	N/A	N/A	N/A	N/A
Motor Eléctrico	1.252.800,00	216.000,00	18.000,00	91.008,00	5,1
Turbina y nueva Prensa	799.200,00	669.600,00	55.800,00	493.800,00	8,8
Motor Eléctrico y nueva Prensa	583.200,00	885.600,00	73.800,00	584.808,00	7,9

Elaborado por: Angel J. García

6.2 CÁLCULO DEL TIR PARA LAS DISTINTAS ALTERNATIVAS

A continuación procederemos al cálculo de las tasas de retorno interna de cada una de las alternativas propuestas en este estudio.

Para la primera alternativa de solución, que es la del motor eléctrico, debemos hacer referencia a los cuadros No. 8 y 11. Así tenemos:

Cuadro No.12 TIR Motor Eléctrico

Años	VN	VPN	
		236,84%	236,85%
0	-S/. 91.008,00	-S/. 91.008,00	-S/. 91.008,00
1	S/. 216.000,00	S/. 64.125,40	S/. 64.123,50
2	S/. 216.000,00	S/. 19.037,35	S/. 19.036,22
3	S/. 216.000,00	S/. 5.651,75	S/. 5.651,24
4	S/. 216.000,00	S/. 1.677,87	S/. 1.677,67
5	S/. 216.000,00	S/. 498,12	S/. 498,05
5	S/. 8.950,00	S/. 20,64	S/. 20,64
		S/. 3,13	-S/. 0,68

Elaborado por: Angel J. García

La segunda alternativa propuesta, la de las prensas Hergen, se analiza con los cuadros No. 9 y 11 y así tenemos:

Cuadro No. 13 TIR Prensas Hergen

Años	VN	VPN	
		133,80%	133,90%
0	-S/. 493.800,00	-S/. 493.800	-S/. 493.800
1	S/. 669.600,00	S/. 286.398,63	S/. 286.276,19
2	S/. 669.600,00	S/. 122.497,28	S/. 122.392,56
3	S/. 669.600,00	S/. 52.394,04	S/. 52.326,87
4	S/. 669.600,00	S/. 22.409,77	S/. 22.371,47
5	S/. 669.600,00	S/. 9.585,02	S/. 9.564,55
5	S/. 48.000,00	S/. 687,10	S/. 685,63
		S/. 171,84	-S/. 182,74

Elaborado por: Angel J. García

Para la siguiente alternativa se debe considerar que los valores de las dos primeras alternativas propuestas se suman dando así los resultados vistos en el siguiente cuadro:

Cuadro No.14 Valores de Tercera alternativa propuesta

	Parcial	Total
Motor	S/. 91.008,00	S/. 584.808,00
Prensas	S/. 493.800,00	
VR Motor	S/. 8.950,00	S/. 56.950,00
VR Prensas	S/. 48.000,00	
Ingreso	S/. 885.600,00	S/. 885.600,00

Elaborado por: Angel J. García

Cuadro No.15 TIR alternativa Motor y Prensas Hergen

Años	VN	VPN	
		150,00%	150,10%
0	-S/. 584.808,00	-S/. 584.808,00	-S/. 584.808,00
1	S/. 885.600,00	S/. 354.240,00	S/. 354.098,36
2	S/. 885.600,00	S/. 141.696,00	S/. 141.582,71
3	S/. 885.600,00	S/. 56.678,40	S/. 56.610,44
4	S/. 885.600,00	S/. 22.671,36	S/. 22.635,12
5	S/. 885.600,00	S/. 9.068,54	S/. 9.050,43
5	S/. 56.950,00	S/. 583,17	S/. 582,00
		S/. 129,47	-S/. 248,93

Elaborado por: Angel J. García

Por lo visto en los cuadros anteriores se puede apreciar con claridad que cualquiera de las inversiones se las haría bajo certidumbre.

6.3 ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Se procedió a elaborar un cuadro en el cual se posiciona a cada propuesta, según su importancia, dentro de cada aspecto relevante a considerar para la implementación de la mejor alternativa. En la última columna vemos cuál es la mejor alternativa según el puntaje obtenido.

Cuadro No.16 Comparación entre las distintas alternativas

	Menor costo de producción	Menor costo de inversión	Menor consumo	Mayor tecnología	Menor tiempo de recuperación de capital	Mayor T.I.R.	Mejor eficiencia en generar movimiento	Primeros lugares obtenidos
Fuente	Cuadro No. 10	Cuadros No. 12,13,15	Cuadro No. 10		Cuadro No. 11	Cuadros No. 12,13,15	Cap. 4.3	
Propuesta 1	3	1	3	3	1	3	1	3
Propuesta 2	2	2	2	2	3	1	2	1
Propuesta 3	1	3	1	1	2	2	1	4

Elaborado por: Angel J. García

De las tres alternativas de solución que se presentan en este trabajo la mejor desde el punto de vista tecnológico y económico es la tercera, esto es la que sugiere el uso de un motor eléctrico y una nueva prensa.

Dicha alternativa economizará no solamente el consumo de búnker sino también tubería de hierro para el flujo de vapor en el sistema. La empresa al adquirir la línea también adquirió parte de la tubería y accesorios de vapor, sin embargo se deberá dar mantenimiento y acople antes de ser instalada para poder

usar la turbina. Debe recordarse además que el peso mismo de la tubería y accesorios del vapor hacen más dificultoso el trabajo, mientras que el uso de un sencillo motor eléctrico conlleva la instalación de cables y no de tuberías de gran peso.

6.4 CAPACIDAD ECONÓMICA PARA LA EJECUCIÓN DE LA MEJORA

Las empresas de nuestro medio, incluyendo Cartorama C.A., siempre prefieren utilizar uno de los mejores recursos disponibles, es decir, el crédito.

Este estudio se ha realizado considerando que la empresa recurriría a un préstamo bancario a cinco años plazo y con la tasa activa del mercado, que es del 18% de promedio. El préstamo se lo haría al 100% de la inversión; obviamente en nuestro medio no hay tal posibilidad, no obstante instituciones financieras del exterior si facilitarían el capital necesario.

En los anexos 16a y 16b se puede observar las tablas de amortización del préstamo que se haría ya sea para el motor eléctrico o para las prensas Hergen.

La decisión de recurrir a un préstamo o utilizar capital propio para la adquisición de una de los elementos nuevos mencionados ya queda a criterio de los administradores de la empresa.

6.5 PROGRAMACIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA

Una vez mostrados los beneficios económicos de la mejora a realizarse en Cartorama C.A. se puede proceder a la programación de la puesta en marcha. Se ha programado empezar el primer día del mes de noviembre, de este modo el proyecto terminaría el 24 de diciembre del presente, con dos meses de anticipación antes de que la línea de producción empiece a fabricar papel. En el anexo 17 se puede apreciar en un diagrama de Gantt el calendario de la programación de la puesta en marcha.

6.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se tiene como conclusión que el método que la alta gerencia ha decidido implementar para la producción de papel no es óptimo, que existe una oportunidad de mejorar el sistema de producción y no existe ningún inconveniente para ello, es más existe apertura. Se debe recordar que el Ecuador está en una etapa de tranquilidad económica para las industrias y este es un factor que se debe de aprovechar y no esperar a otro tiempo cuando las condiciones económicas del país no sean las deseadas.

Se recomienda recurrir a un préstamo para la adquisición de la maquinaria, además el periodo de recuperación de capital de la tercera opción no es nada

malo, todo lo contrario es bastante bueno dado a que la maquinaria tiene un periodo de vida de 5 años de manera que a lo mucho la máquina empezaría a arrojar utilidades a partir del primer año de haberse implementado el método.

BIBLIOGRAFÍA

Manual del Ingeniero Industrial	Mynard	
Editorial McGraw Hill	1 ^{era} edición en español	Año 1998
El abecedario de la Pulpa	David Saltman	
Editor Rosanna M. Bechtel	1 ^{era} edición en español	Año 1990
The consistency control book	Gerald F. Ostroot	
Editor Tappi Press	1 ^{era} edición	Año 1993
Reparación de motores eléctricos	Robert Rosenberg	
Ediciones G. Gili S.A.	7 ^{ma} edición	Año 1985