

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FABRICACIÓN DE
CARTÓN CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA NEUMÁTICO**

Johnny Roberto Kestler Soto
Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FABRICACIÓN DE
CARTÓN CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA NEUMÁTICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JOHNNY ROBERTO KESTLER SOTO

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I: Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II: Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III: Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

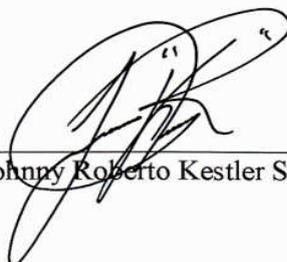
DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR: Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR: Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR: Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FABRICACIÓN DE CARTÓN
CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
NEUMÁTICO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la escuela de Ingeniería Mecánica, el 4 de septiembre de 2006.



Johnny Roberto Kestler Soto

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 31 de octubre de 2007
Ref. EPS. C. 699.10.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor - Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **JOHNNY ROBERTO KESTLER SOTO**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FABRICACIÓN DE CARTÓN CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“D y Enseñad a Todos”

Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor - Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



EESZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 31 de octubre de 2007
Ref. EPS. C. 699.10.07

Ing. Fredy Monroy
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Monroy.

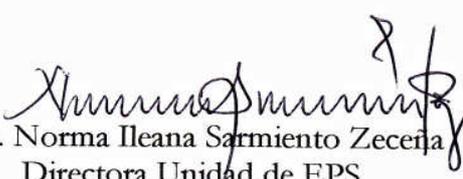
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FABRICACIÓN DE CARTÓN CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **JOHNNY ROBERTO KESTLER SOTO**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora de la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado, al trabajo de graduación, MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FABRICACIÓN DE CARTÓN CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO, del estudiante Johnny Roberto Kestler Soto, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
DIRECTOR



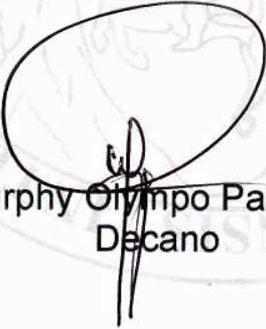
Guatemala, noviembre de 2007.

/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **MEJORA DEL PROCESO DE SECADO EN LA FÁBRICA DE CARTÓN CORRUGADO, MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NEUMÁTICO**, presentado por el estudiante universitario **Johny Roberto Kestler Soto**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2007

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Fuente de toda sabiduría

Mi Madre

Edna Azucely Soto Juárez de Kestler
Ejemplo de amor, superación y fortaleza de mi vida

Mi Padre

Roberto Kestler Velásquez
Ejemplo de desarrollo y responsabilidad

Mis Hermanas

Por su apoyo incondicional y entusiasmo

A mis amigos

Todos aquellos que me brindaron la mano
Incondicionalmente y desinteresadamente

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme llegar a otra etapa de mi vida
Mi Familia	Por ser el bastión de apoyo en todo momento para poder salir adelante
La empresa Empaques San Lucas, S. A.	Por su incondicional apoyo en la etapa final de mi carrera
Mis Catedráticos	Por transmitirme sus conocimientos
La Facultad de Ingeniería	Por la formación académica

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
SIMBOLOGÍA	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. PROCESO DE SECADO EMPRESA EMPAQUES SAN LUCAS, S.A.	1
1.1 Descripción de la empresa Empaques San Lucas	1
1.2 Organigrama la empresa Empaques San Lucas	2
1.3 Descripción del área del proceso de secado	2
1.3.1 Mesa de secado	2
1.4 Operación actual de la mesa de secado del proceso	3
1.5 Forma de transferencia de calor de la mesa de secado	5
1.6 Tipos de transferencias existentes	5
1.6.1 Transferencia de calor radiante	5
1.6.1.1 Cambio de radiación entre superficies sólidas	5
1.6.2 Transmisión del calor por conducción	6
1.6.3 Transmisión de calor por convección	7
1.7 Forma de controlar la transferencia de calor en el proceso	7
1.7.1 Sistema Baviera como recuperador de condensados	7
1.7.2 Instrumentos de medición utilizados en el proceso de secado	8
1.7.2.1 Pirómetro	8
1.7.2.2 Manómetro	9
1.7.2.3 Tacómetro	9

1.7.2.4	Micrómetro	10
1.8	Descripción del mecanismo actual de transferencia de calor	11
1.8.1	Componentes	11
1.8.1.1	Planchas	11
1.8.1.2	Rodillos cabalgantes o rodillos de peso	12
1.8.1.3	Cojinetes	13
1.8.1.4	Engranés (Sprocket)	14
1.8.1.5	Bandas	14
1.8.1.6	Cremallera	15
1.8.1.7	Barra de transmisión del movimiento	16
1.8.1.8	Motor eléctrico	16
1.9	Sistemas de accionamiento actual del mecanismo	17
1.9.1	Sistema mecánico	17
1.9.1.1	Descripción del funcionamiento del sistema mecánico	17
1.10	Necesidad de mejorar la forma de transferencia de calor	18
1.10.1	Descripción del mecanismo a implementar	18
1.11	Sistema de accionamiento del mecanismo a implementar	18
1.11.1	Neumático	18
1.12	Ventajas de la implementación del mecanismo	19
1.13	Ventajas del sistema de accionamiento neumático	19
2.	IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA NEUMÁTICO	21
2.1	Análisis del sistema de accionamiento neumático del mecanismo de transferencia de calor	21
2.2	Elaboración de diseños de funcionamiento del accionamiento neumático del mecanismo a implementar	21
2.2.1	Funcionamiento en conjunto	21
2.2.2	Funcionamiento seccionado	24
2.2.3	Funcionamiento individual	25

2.3	Análisis de las distintas formas de funcionamiento del accionamiento neumático del mecanismo a implementar	28
2.3.1	Ventajas y desventajas	28
2.4	Selección de la mejor forma de funcionamiento del accionamiento neumático	29
2.5	Estimación de costos de implementación	29
2.6	Elaboración de manual de operación	31
	CONCLUSIONES	33
	RECOMENDACIONES	35
	BIBLIOGRAFÍA	37
	APÉNDICE	39

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama de la empresa Empaques San Lucas, S.A.	2
2	Piezas de la mesa de secado	3
3	Secciones de la mesa de secado	4
4	Fotografía de un pirómetro	9
5	Fotografía de Tacómetros	10
6	Planchas de la mesa de secado	12
7	Rodillos cabalgantes o de peso	13
8	Cojinete o rodamiento	14
9	Banda	15
10	Cremallera	15
11	Barra de transmisión del movimiento	16
12	Motorreductor	16
13	Diagrama del sistema neumático, funcionamiento en conjunto	22
14	Diagrama del sistema eléctrico, funcionamiento en conjunto	23
15	Diagrama del sistema neumático, funcionamiento seccionado	24
16	Diagrama del sistema eléctrico, funcionamiento seccionado	25
17	Diagrama del sistema neumático, funcionamiento individual	26
18	Diagrama del sistema eléctrico, funcionamiento individual	27

TABLAS

I	Rango de temperatura en las secciones	4
II	Cuadro de costos de accesorios para el accionamiento neumático	30

GLOSARIO

Absortancia	También Absorbancia, relación entre los flujos de radiación absorbido y recibido.
Absortividad	Es la fracción de irradiancia monocromática recibida que es absorbida por el cuerpo.
Adhesivo	Es una sustancia que puede mantener unidos a dos o más cuerpos por contacto superficial.
Cadenas	Se utilizan para evitar un deslizamiento, las cadenas se enganchan con los dientes de los engranes y con este enganchamiento se logra transmitir el movimiento.
Cojinete	Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, sirviéndole de apoyo y facilitando su desplazamiento.
Conducción	Es un mecanismo de transferencia de energía térmica entre dos sistemas basado en el contacto directo de sus partículas sin flujo neto de materia y que tiende a igualar la temperatura dentro de un cuerpo y entre diferentes cuerpos en contacto.
Conmutador	Es un dispositivo electrónico de interconexión de redes.
Convección	Forma de transferencia de calor, se caracteriza porque ésta se produce a través del desplazamiento de partículas entre regiones con diferentes temperaturas.

Corrugador	Máquina para el proceso de corrugación del cartón.
Corrugado	Superficie ondulada, realizada por el corrugador.
Electro-válvula	Es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.
Engranés	Son mecanismos utilizados para transferir y transformar el movimiento rotacional. Se emplean cuando es necesario obtener un cambio en la velocidad, o el par de rotación de un dispositivo que esta girando.
Emitancia	Es una propiedad de una superficie y se define como la razón entre la intensidad monocromática emitida por una superficie en una dirección particular y la intensidad monocromática que sería emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura.
Franqueador	Dispositivo electrónico que funciona como interruptor, dependiendo del componente que lo active.
Fuelle	Es una bolsa hecha de hule que se presuriza, para ejercer presión.
Gelatinización	Punto en el cual el adhesivo se adhiere a una superficie.
Manómetro	Los manómetros miden una presión relativa, diferencial, o presión manométrica, generalmente una sobre presión (o depresión) respecto de la presión atmosférica.

Micrómetro	Es un instrumento que sirve para medir con alta precisión (del orden de una micra, equivalente a 10^{-6} metros) las dimensiones de un objeto.
Motorreductor	Es un motor con una caja reductora incorporada, se usa para controlar su velocidad.
Microswitch	Dispositivo que controla un sistema, al momento en que se le quita la energía.
Obturador	Es el dispositivo que controla el tiempo durante el que llega la luz al elemento sensible (película o sensor).
Pirómetro	Es un dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella.
Relé	Es un interruptor electromagnético que permite accionar un componente de elevada potencia eléctrica desde un dispositivo de control de potencia mucho menor actuando como un adaptador de consumo.
Radiación	Forma de transmisión de energía sin intervención de materia. Esta forma de energía la producen y absorben todos los cuerpos. Se puede entender como campos electromagnéticos que se desplazan a la velocidad de la luz. Es la transferencia de calor, en forma de energía electromagnética, por el espacio.
Solenoides	Cuando una bobina tiene su núcleo vacío, puede ser empleada como elemento de accionamiento introduciendo un núcleo de hierro desplazable en su interior.

Tacómetro

Es un dispositivo para medir la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro del motor, se mide en Revoluciones por minuto (RPM).

Válvula reguladora

Se utiliza para regular el caudal de aire comprimido en una sola dirección. Se regula mediante el tornillo. Si el aire circula en sentido contrario, la presión levanta la junta dejando el paso libre

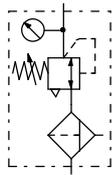
Cilindro de doble efecto

Es aquel que puede realizar trabajo en ambos sentidos, el avance y retroceso del pistón se produce por la presión que ejerce el aire. Para que el pistón pueda moverse es necesario que entre aire a una de las cámaras y por la otra salga a la atmósfera.

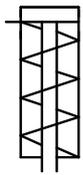
LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO

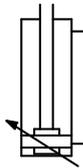
SIGNIFICADO



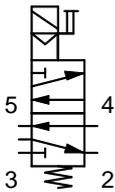
- Unidad de mantenimiento, se compone de un filtro de aire comprimido con separador de agua y una válvula reguladora de presión.



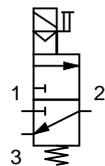
- Representación gráfica de un fuelle utilizado en los patines del Hot-Foot.



- Representación de un cilindro de doble efecto.



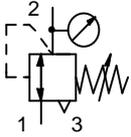
- Electro-válvula de 5/n vías, pilotada con esfuerzo electro neumático y retorno de muelle.



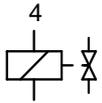
- Electro-válvula de 3/n vías, pilotada con esfuerzo electro neumático y retorno de muelle.



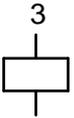
- Fuente de aire comprimido.



- Válvula reguladora de presión con manómetro.



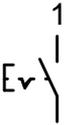
- Solenoide de válvula.



- Relé.



- Interruptor (franqueador) que se abre y bloquea durante el accionamiento.



- Interruptor (obturador) que se cierra y bloquea durante el accionamiento.



- Obturador común que se especializa, dependiendo del componente que lo active.



- Pulsador (normalmente cerrado). Contacto que se abre cuando se acciona y se cierra inmediatamente al soltarlo.

+24V


- Fuente de tensión (24V). Polo 24V de la conexión.

0V


- Fuente de tensión (0V). Polo 0V de la conexión.



- Distribuidor – T.



- Representación señal luminosa.



- Representación señal auditiva.



- Conmutador común que se especializa dependiendo del componente que lo active.
El conmutador se acopla sobre una marca con un relé de arranque de deceleración, así se transforma el conmutador del circuito en un conmutador de arranque de deceleración.



- Manómetro de presión.

RESUMEN

En la empresa Empaques San Lucas, S.A., por sus requerimientos basados en las normas internacionales como ISO 9001:2000, donde contempla el contexto de la política de calidad total, es necesario mantener constante supervisión de nuevos métodos o sistemas para la mejora de sus productos, dentro de un marco de satisfacción para sus clientes, y se ve en la necesidad de tomar en consideración un proyecto que mejore la calidad del proceso de secado en su línea de producción.

El actual proceso de secado, contempla un sistema en el cual la transferencia de calor proporcionada por éste no llena los requerimientos deseados, hasta el momento, por parte del laboratorio de control de calidad, ya que el área de contacto que proporciona dicho sistema es insuficiente para la eliminación de la humedad en el cartón corrugado, debido a esto, es necesario implementar un sistema neumático para poder mejorar el proceso.

Con dicho sistema se logrará mejorar el proceso de secado, basándose en los controles neumáticos, para poder controlar la transferencia de calor requerida para minimizar o eliminar la humedad en las láminas de cartón corrugado.

Con lo anteriormente expuesto, se presenta un panorama de necesidades constantes de mejoras en los procesos, y en especial, en el de secado; el cual influye grandemente en la calidad del producto que dicha empresa proporciona a sus clientes, con lo que se logrará mantener siempre los principios de las normas internacionales que la rigen.

OBJETIVOS

General

Lograr que la mejora del proceso de secado permita un aumento en la línea de producción de la empresa Empaques San Lucas, S.A.

- **Específicos**

1. Eliminar los contactos puntuales para dar más área de transferencia de calor.
2. Permitir un mejor control de planchado de la lámina de cartón corrugado.
3. Capacitar al personal del proceso de secado para el uso del nuevo sistema y así poder controlar la humedad en el cartón corrugado.
4. Mejorar la calidad del cartón corrugado.

INTRODUCCIÓN

La forma tradicional de ejercer el control de calidad fue sustituida por un nuevo enfoque, por medio del cual se pueden producir productos y servicios de alta calidad, razón por la cual surgió la idea de efectuar un estudio acerca del control total de calidad a través de **“mejora del proceso de secado en la fabricación de cartón corrugado, mediante la implementación de un sistema neumático”**.

En el proceso productivo de la empresa Empaques San Lucas, S.A., la experiencia indica que aún en las empresas mejor manejadas pueden haber consecuencias muy costosas y fatales, al obtener desviaciones de producción como cartón curvo, tostado y mal pegado.

El propósito del proyecto es que permita demostrar la mejora del proceso de secado para obtener cartón corrugado de calidad e incrementar la producción.

El trabajo consta de tres fases: Investigación, Servicio Técnico Profesional y Enseñanza-Aprendizaje (docencia), para que la empresa Empaques San Lucas, S.A., por sus requerimientos basados en las normas internacionales como ISO 9001:2000 donde contempla el contexto de la política de Calidad Total, se vea en la necesidad de mantenerse en constante supervisión de nuevos métodos o sistemas para la mejora de sus productos, dentro de un marco de satisfacción para sus clientes.

1. PROCESO DE SECADO EMPRESA EMPAQUES SAN LUCAS, S.A.

1.1 Descripción de la empresa Empaques San Lucas, S.A.

Empaques San Lucas inicia el 5 de febrero de 1999 en Guatemala, con el respaldo de un grupo empresarial (Grupo COMECA) con más de 25 años de existencia dedicada principalmente a la industria del empaque (cajas de cartón, envases de hojalata, envases plásticos y cajas de cartulina) en Centro América y Sur América.

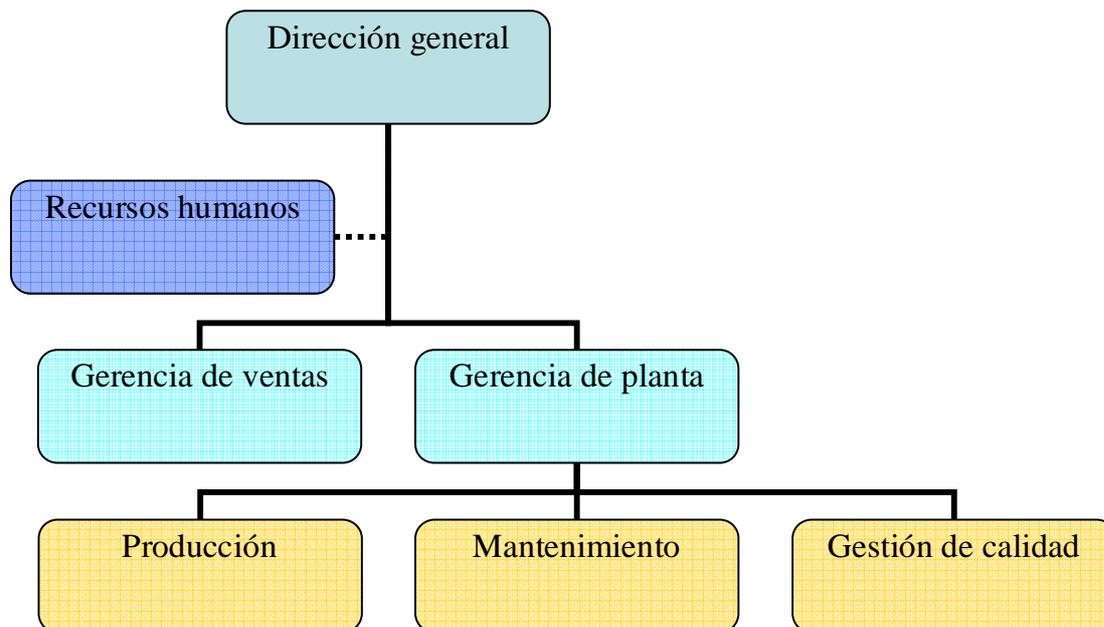
Es una empresa joven en Guatemala, que confía en el desarrollo de su gente y busca el logro de sus objetivos en un ambiente de respeto y motivación. Su propósito es la fabricación de cajas de cartón corrugado que sirven para proteger, transportar y mercadear los productos de los clientes.

La planta de producción se encuentra ubicada en el Km. 37.2, sobre la carretera Interamericana, jurisdicción del departamento de Sacatepéquez. La empresa inició con una corrugadora, dos impresoras y pocos colaboradores.

En estos últimos años, la empresa ha tenido un fuerte y exitoso crecimiento que ha permitido ampliar sus instalaciones, introducción de nueva maquinaria, crecimiento del número de sus colaboradores, manifestándose la necesidad de implementar nuevos sistemas operativos para su producción.

1.2 Organigrama de la empresa Empaques San Lucas, S.A.

Figura 1. Organigrama de la empresa Empaques San Lucas, S.A.



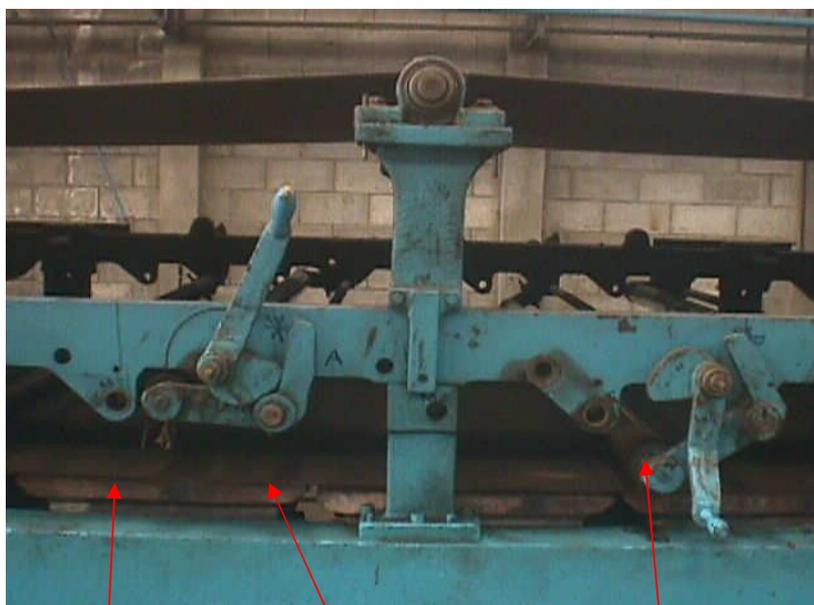
1.3 Descripción del área del proceso de secado

El área del proceso empieza al finalizar la línea del corrugador, que consiste en una mesa de secado, con tracción por medio de bandas de arrastre donde se le da cierta temperatura para que el pegamento seque al salir del corrugado.

1.3.1 Mesa de secado

Consiste en una mesa larga formada por planchas en las cuales se le hace circular vapor, donde la temperatura es regulada por medio de un panel de control y dividida por secciones.

Figura 2. Piezas de la mesa de secado



Planchas

Bandas

Rodillos

1.4 Operación actual de la mesa de secado del proceso

El personal que realice estas operaciones debe contar con previa capacitación, y así poder desempeñar dichas funciones.

- Revisar que el panel de control de la mesa de secado esté funcionando (ver fig. 2).
- Programar las temperaturas de las secciones 2, 3 y 4 de la mesa de secado (ver figura 2), con base al Test de cartón, según la siguiente tabla:

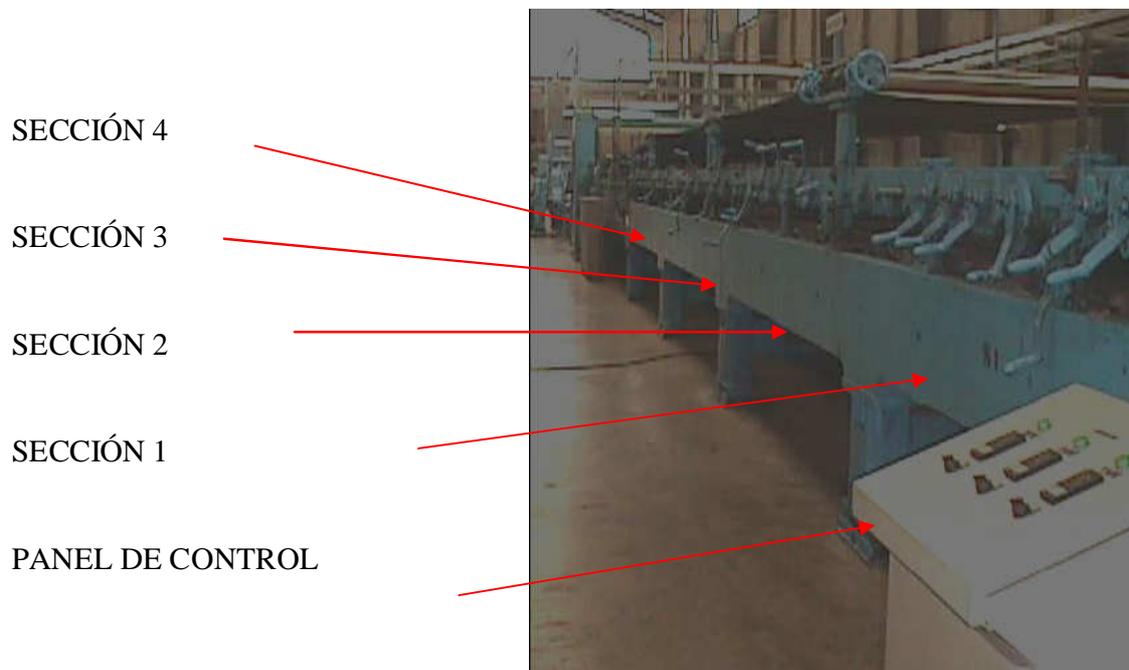
Tabla I. Rango de temperatura en las secciones

Sección	Rango
2	165°C a 185°C
3	160°C a 185°C
4	150°C a 175°C

- Observar la unión y arrastre de la cara sencilla con el *liner* externo, en la entrada de la mesa de secado.

Las temperaturas pueden variar de acuerdo a las condiciones del papel, velocidad, test, tipo de cartón, etc.; se deberán ajustar las temperaturas de la mesa en caso que la temperatura del cartón, a la salida de las bandas, esté fuera del parámetro indicado en el registro.

Figura 3. Secciones de la mesa de secado



1.5 Forma de transferencia de calor de la mesa de secado

Actualmente se logra por conducción, por medio de contactos puntuales, donde la velocidad y la pequeña superficie de contacto no permite cubrir con eficiencia la conducción sobre el cartón.

1.6 Tipos de transferencias existentes

El calor es la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o un sistema y sus alrededores), debido a una diferencia de temperatura. El calor se transfiere por tres formas.

1.6.1 Transferencia de calor radiante

Un cuerpo caliente pierde energía en forma continua por radiación, con una velocidad que depende de la forma, el tamaño y, en especial, de la temperatura del mismo; la radiación emitida puede pasar hasta un cuerpo distante, que a su vez la absorbe, la refleja, la dispersa o la transmite.

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas, como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas, la transferencia de energía por radiación es la más rápida y no sufre atenuación en el vacío; ésta es exactamente la manera en que la energía del Sol llega a la Tierra.

1.6.1.1 Cambio de radiación entre superficies sólidas

La relación entre la potencia radiante total de una superficie real a la de una superficie negra, a la misma temperatura, se llama emitancia de la superficie (para una superficie perfectamente plana, emisividad).

Si la radiación incide sobre una superficie, la fracción absorbida se llama absorptancia. Según la ley de Kirchhoff, la emisividad y la absorptividad de una superficie son iguales, cuando los alrededores se encuentran a su misma temperatura, tanto para la radiación monocromática como para la total.

Si las superficies y sus alrededores son diferentes, la emisividad total y la absorptividad de la superficie suelen tener valores distintos.

En lo que se refiere a nuestra necesidad de la transferencia de calor de este tipo, nos resulta un poco compleja, ya que nuestro sistema está afectado por una superficie en movimiento a distintas velocidades y por lo rápida que es la radiación, se tiende a disipar mucho el calor.

1.6.2 Transmisión del calor por conducción

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia a las adyacentes menos energéticas, debido a las interacciones entre ellas. La conducción puede tener lugar en sólidos, líquidos o gases.

En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas de una estructura y a la energía transportada por electrones libres. Por ejemplo, una bebida fría enlatada que está en una habitación caliente se calentará, a medida que pase el tiempo, hasta la temperatura ambiente; esto se debe a que el calor de la habitación se transfiere a la bebida a través de la lata de aluminio, por conducción.

En nuestro medio, es la forma más aceptada para la transferencia de calor, ya que es la necesaria para que el sistema a implementar funcione

con los propósitos programados, siendo éstos la fricción que ejercen los patines contra la banda de arrastre, ésta sobre el cartón y el cartón sobre las planchas de vapor.

1.6.3 Transmisión de calor por convección

Es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y un líquido o gas adyacente que ésta en movimiento, e involucra los efectos combinados de la conducción y del movimiento de un fluido.

Este tipo de transferencia lo experimentamos en las planchas que pasan el calor hacia el cartón.

1.7 Forma de controlar la transferencia de calor en el proceso

Existen diversas formas de controlar la transferencias de calor; en el proceso se hace por medio de una caldera y del sistema Baviera como recuperador de condensados.

1.7.1 Sistema Baviera como recuperador de condensados

Se trata de un sistema cerrado de vapor y condensados. Ésto quiere decir que los condensados se recogen a presión en la sala de calderas y de ahí son reinyectados a la caldera, a alta temperatura, evitando las pérdidas de vapor vivo, tan normales en los circuitos abiertos y obteniendo un ahorro energético de cerca de un 20% a 30%.

En la unidad de recolección de condensados siempre hay un diferencial de presiones entre la presión de vapor y la presión del retorno de condensados de 4 bares.

Con esta diferencia de presión tenemos la suficiente garantía de que las espirales (trampas recuperadoras de condensado), instaladas en los diferentes puntos de la línea en donde el vapor de agua es requerido para el proceso de corrugado, en condiciones óptimas, regulan el drenaje continuo del condensado aprovechando al máximo la transferencia térmica.

Una bomba retorna los condensados a la caldera a una temperatura aproximada de 180 °C.

1.7.2 Instrumentos de medición utilizados en el proceso de secado

En el proceso son utilizados distintos instrumentos para poder controlar y regular el sistema, con el propósito de obtener una buena calidad de la materia prima.

1.7.2.1 Pirómetro

También le llaman pirómetro óptico, es un dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella.

La temperatura es un factor de medida engañoso, debido a su simplicidad. A menudo pensamos en ella como un simple número, pero en realidad es una estructura estadística, cuya exactitud y repetitividad pueden verse afectadas por la masa térmica, el tiempo de medida, el ruido eléctrico y los algoritmos de medida.

En el proceso, se establece un rango de temperatura, el pirómetro la registra y manda señal a la una válvula para que esta se abra o cierre, para dejar pasar mas vapor o menos

según sea la temperatura establecida. La temperatura es difícil de medir con exactitud, aún en circunstancias óptimas, y en las condiciones de prueba en entornos reales es aún más difícil.

En el proceso es muy importante poder tener las condiciones óptimas en las transferencias de calor, ya que si no es controlada se puede dañar la materia prima.

Figura 4. Fotografía de un pirómetro



1.7.2.2 Manómetro

Se utiliza para obtener la presión de operación del mecanismo. Un manómetro es un tubo, casi siempre doblado en forma de U, que contiene un líquido de peso específico conocido, cuya superficie se desplaza proporcionalmente a los cambios de presión.

En el proceso son utilizados para medir presión de vapor en las planchas de la mesa de secado así como también serán útiles en la regulación de presión en el mecanismo a implementar.

1.7.2.3 Tacómetro

Se utiliza para medir la velocidad con que se va a desplazar el cartón sobre la mesa de secado (velocidad tangencial).

El tacómetro es un dispositivo que mide las revoluciones (RPM) del rotor de un motor o una turbina, velocidad de superficies y extensiones lineales. Son utilizados para llevar un registro de las velocidades del elemento que tengamos en estudio, que nos permita saber si ésta trabajando de forma adecuada, con esto evitamos que se detenga la maquinaria, ya que le podríamos hacer un mantenimiento en el momento adecuado.

La última tecnología nos muestra dos tipos de tacómetros muy utilizados: el tacómetro óptico y el tacómetro de contacto.

Figura 5. Fotografía de Tacómetros



1.7.2.4 Micrómetro

El micrómetro es una herramienta para tomar mediciones más precisas, que las que pueden hacerse con calibre.

En el micrómetro, con un pequeño movimiento del husillo, por medio de un tornillo super preciso, se indica la revolución del manguito.

El rango de medición del micrómetro estándar está limitado a 25 milímetros (en el sistema métrico), o a una pulgada (en el sistema inglés). Para un mayor rango de mediciones, se necesitan micrómetros de diferentes rangos de medición.

En el proceso, éste se utiliza para medir los diferentes calibres del cartón.

1.8 Descripción del mecanismo actual de transferencia de calor

En nuestro medio le denominaremos Cara Doble (*DOUBLE FACER-D.F.*). Después de que la cara sencilla (*Single Face*), toma adhesivo en la máquina (*Glue Machine*), se une en forma permanente con el *liner* interior al gelatinizarse el adhesivo en la doble cara (*Double Facer-D.F.*). Para ello se calienta el papel por medio de unas cámaras huecas (planchas), calentadas por vapor.

El D.F. consta, en términos generales, de dos secciones: Una sección de planchas calientes y una sección fría de tracción.

1.8.1 Componentes

Es necesario describir las partes que conforman la mesa de secado para poder determinar y entender el funcionamiento de la misma.

1.8.1.1 Planchas

Son fabricadas en fundición con una parte interior hueca. Su función es transmitir calor al *liner* interior para alcanzar la temperatura de gelatinización del adhesivo.

Para ello, las planchas reciben vapor por un extremo, en la parte inferior, y el condensado es retirado por el otro extremo.

En el caso del sistema de vapor Langston, las planchas se dividen en tres secciones, cada una de las cuales agrupa de seis a ocho planchas. Con el fin de obtener una máxima transmisión de calor,

las planchas deben estar perfectamente niveladas en sentido transversal y en sentido longitudinal y además, no deben existir desniveles entre cada plancha.

Cuando se utilizan rodillos de peso, con el tiempo se produce un desgaste en la plancha, en el punto de presión de los rodillos, disminuyéndose la transferencia de calor. Actualmente, se han empezado a desarrollar planchas hechas en acero, algunos diseños obligan al papel a seguir un laberinto.

Figura 6. Planchas de la mesa de secado

Planchas



1.8.1.2 Rodillos cabalgantes o rodillos de peso

Dependiendo del tipo de máquina, sobre cada plancha se colocan de tres a seis rodillos que hacen presión sobre la banda superior y así obligar al *liner* interior a recibir el calor emitido por la plancha.

En la actualidad, se han desarrollado nuevos sistemas que sustituyen a los tradicionales rodillos de peso metálico por rodillos con un elastómero que soporta altas temperaturas, y que al deformarse por su propio peso va a dar más área de contacto.

Otros sistemas que se han desarrollado son los de una platina seccionada que es empujada por resortes, y el de una banda eslabonada metálica que presiona la banda de la doble cara (*Double Facer*), por medio de una bolsa presurizada.

Estos sistemas presentan la ventaja de absorber cualquier deformación de las planchas.

Figura 7. Rodillos cabalgantes o de peso

Rodillos cabalgantes o
rodillos de peso



1.8.1.3 Cojinetes

Es el conjunto de esferas que se encuentran unidas por un anillo interior y uno exterior, el rodamiento produce movimiento al objeto que se coloque sobre éste y se mueve sobre el cual se apoya.

Dichos cojinetes o rodamientos son utilizados para permitir la rotación de los ejes o rodillos de pesos.

Figura 8. Cojinete o rodamiento



1.8.1.4 Engranés (Sprocket)

Los engranes son ruedas provistas de dientes que posibilitan que dos de ellas se conecten entre sí, por medio de cadenas, y regularmente éstas se clasifican por el número de pasos. Éstos nos permitirán la transferencia de movimiento del motor a las cremalleras.

1.8.1.5 Bandas

Las bandas son utilizadas para transportar el material combinado por las planchas y por la sección fría.

Para tener un control parejo del calor y una buena adhesión, las bandas deben ser uniformes en su espesor y en lo ancho, estar limpias y trabajar rectas y templadas, sin esfuerzos exagerados o dispares, no deben patinar en los tambores propulsores.

Además las bandas superior e inferior deben correr a la misma velocidad.

Son de un material especial (Kevlar) resistente al calor, y es la parte esencial en la transportación del cartón

Figura 9. Banda

Banda



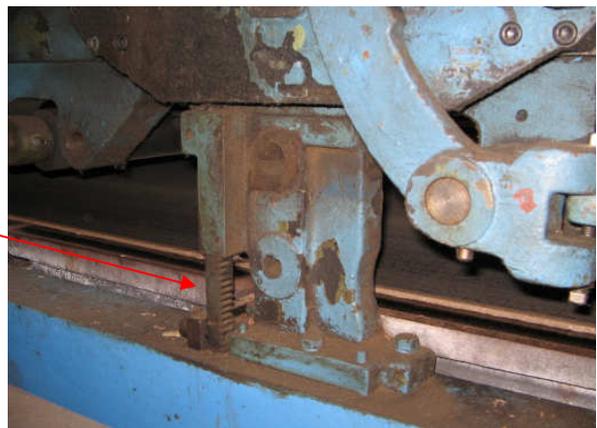
1.8.1.6 Cremallera

Este mecanismo permite transformar el movimiento circular en movimiento lineal para mover puertas, accionar mecanismos y múltiples aplicaciones en máquinas de producción en línea. En nuestra línea son utilizadas para el levantamiento de bandas.

Su función es muy importante, porque ayuda a la banda en su vida útil, cuando ocurre un paro (*stop*) en la línea de producción, ésta levanta la banda, con el objetivo principal de no permitir que se quemé, ya que por su alto costo representaría una gran pérdida para la empresa.

Figura 10. Cremallera

Cremallera



1.8.1.7 Barra de transmisión del movimiento

Dependiendo de las modernizaciones que tenga la máquina, se pueden encontrar sistemas de transmisión movidas por un eje principal (barras de transmisión), que el movimiento lo da el reductor principal de la mesa, o motores de corriente directa que dan movimiento al reductor principal.

Figura 11. Barra de transmisión del movimiento

Barra de transmisión



1.8.1.8 Motor Eléctrico

Es el componente principal del movimiento en el sistema, el cual acciona los distintos componentes del proceso. Para la función es necesario un motorreductor, la variación de velocidad es controlada por éste, para el buen desempeño del proceso.

Figura 12. Motorreductor

Motorreductor



1.9 Sistemas de accionamiento actual del mecanismo

El sistema de accionamiento usado es por medios mecánicos, los cuales serán descritos a continuación.

1.9.1 Sistema mecánico

Le denominamos así por la forma de transmitir el movimiento, donde su funcionamiento principal se hace a través de engranes, cremalleras, cadenas, rodamientos y motores reductores.

1.9.1.1 Descripción de funcionamiento del sistema mecánico

Antes de arrancar la máquina se debe bajar la banda y los rodillos. Algunos modelos de máquinas incorporan un microswitch que no permite que se accione el motor principal si la banda no está en posición de arrastre.

Los sistemas como éste, tienen un control para ir bajando los rodillos de peso por secciones, en la medida que la velocidad de la máquina sube de cero.

En el mecanismo mediante el accionamiento de un motor, se pone en marcha una caja reductora, la cual mueve las cremalleras bajando la banda transportadora o de arrastre y los rodillos de peso, quedando sobre las planchas y accionando otro motor, empieza el arrastre de la banda en donde se empieza a transportar el cartón.

1.10 Necesidad de mejorar la forma de transferencia de calor

La necesidad de mejorar la transferencia de calor, surge debido a que el área de contacto no es suficiente para la línea de producción, ya que ésta sufre cambio de velocidades afectando la superficie de contacto, en donde sólo obtenemos áreas puntuales, lo que nos produce menor calidad en cartón como por ejemplo: cartón curvo, cartón tostado y mal pegado de las caras del cartón.

Al mejorar dicha transferencia eliminaremos, en gran parte, las áreas puntuales y será de mayor facilidad controlar las temperaturas para poder dar más velocidad a la línea de producción, en cuanto al secado del cartón.

1.10.1 Descripción del mecanismo a implementar

El mecanismo consta de siete patines colgados bajo un brazo de 86 plgs., de largo, el brazo está sujeto a dos cilindros neumáticos de doble efecto; cada patín consta de una plancha de 32 cms. de ancho por 39 de largo, sujeta por cuatro barras y un fuelle entre la plancha y el brazo, dicho fuelle es el que le da la presión al patín, a este mecanismo lo denominaremos *HOT-FOOT*, que tiene un costo en el mercado aproximado de Q.62,500.00 (US \$ 8,000.00).

1.11 Sistema de accionamiento del mecanismo a implementar

1.11.1 Neumático

El mecanismo anteriormente descrito será accionado neumáticamente y controlado por un panel, que el operador de la línea deberá ajustar según sea la necesidad del cartón en la corrida, la temperatura deseada y la calidad exigida.

1.12 Ventajas de la implementación del mecanismo

Lo principal de la implementación del mecanismo es lograr una mejor superficie de contacto entre la plancha de vapor y cartón, para que la transferencia de calor sea la adecuada, debido a la velocidad que se requiere en las corridas de la línea, ya que con superficies puntuales obtenemos menor calidad de transferencia de calor y provoca problemas durante el proceso de secado; por ejemplo: cartón curvo, tostado, mal pegado, húmedo, etc.

Todo esto se reduce a un incremento de productividad, reducción de desperdicio así como también la satisfacción del cliente.

1.13 Ventajas del sistema de accionamiento neumático

Con la implementación del accionamiento neumático logramos una mejor eficiencia en el proceso, ya que este nos permitirá, de una forma rápida calibrar los *Hot-foot* de acuerdo a los requerimientos de la línea y accionar los brazos necesarios, así como también los patines que ejercerán la presión adecuada sobre la banda.

2. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA NEUMÁTICO

2.1 Análisis del sistema de accionamiento neumático del mecanismo de transferencia de calor

Para un mejor manejo y efectividad del sistema, es necesario someter a un análisis las formas en que podemos accionar los *Hot-Foot*, así como los requerimientos de calidad.

2.2 Elaboración de diseños de funcionamiento del accionamiento neumático del mecanismo.

Para poder determinar cómo será el funcionamiento, es necesario desarrollar el diseño de las distintas formas en que se puede controlar el sistema.

2.2.1 Funcionamiento en conjunto

En el diagrama del funcionamiento en conjunto (fig. 13), tres válvulas y dos reguladores ejecutan todas las funciones, si se acciona en el diagrama eléctrico (fig. 14) el botón con el nombre BG desciende o asciende según donde se encuentre la posición, los brazos generales, el botón CG activa o desactiva los fuelles centrales y el botón LG los fuelles laterales.

La facilidad solo se encuentra en el diseño ya que para su funcionamiento se limita por la capacidad de la electro-válvula, ya que son demasiados accesorios neumáticos que controla y su eficiencia disminuye, no se puede calibrar la línea debido que su funcionamiento controla todo el sistema y no se puede independizar.

Figura 13. Componentes del Hot-foot en funcionamiento en conjunto

Diagrama del sistema neumático

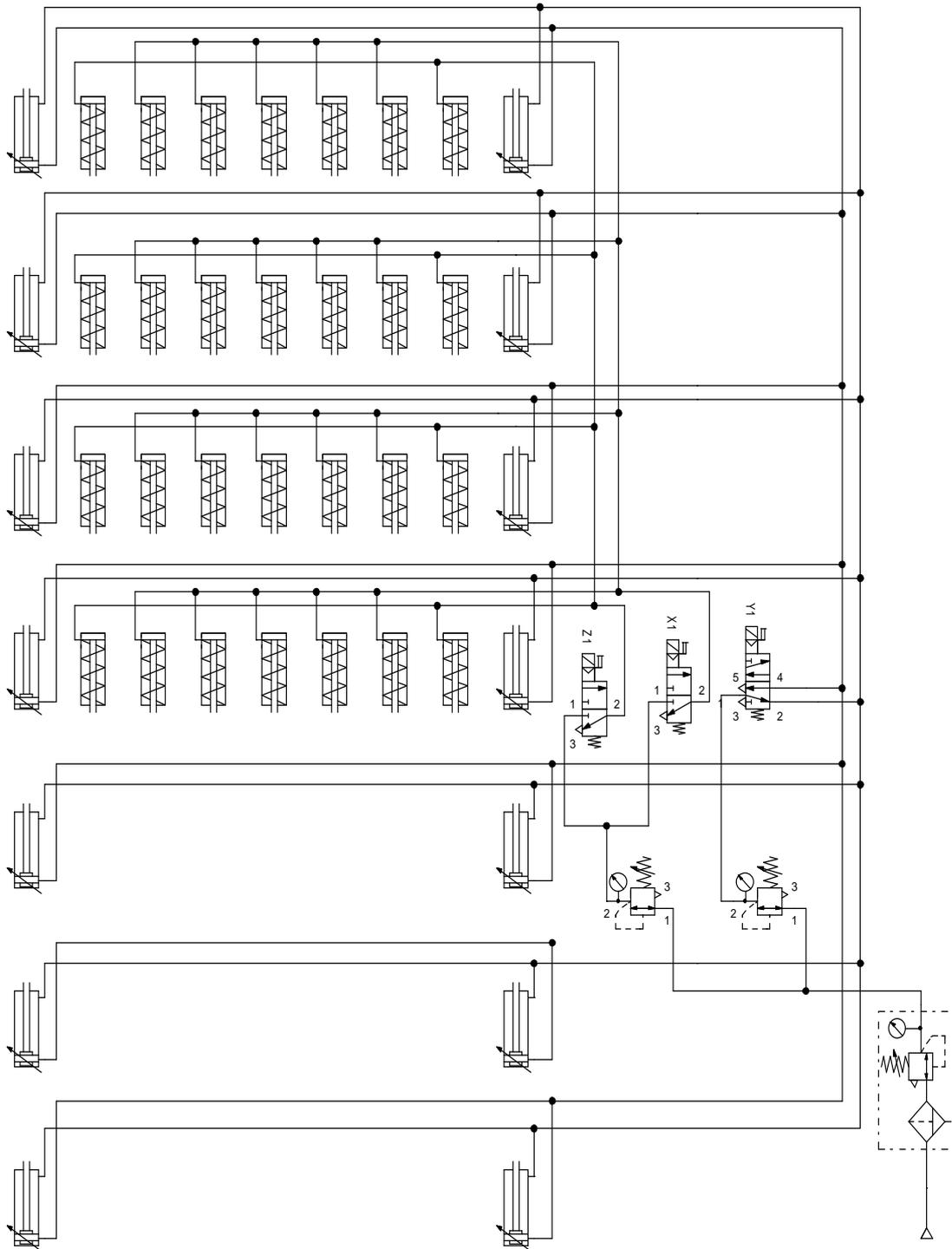
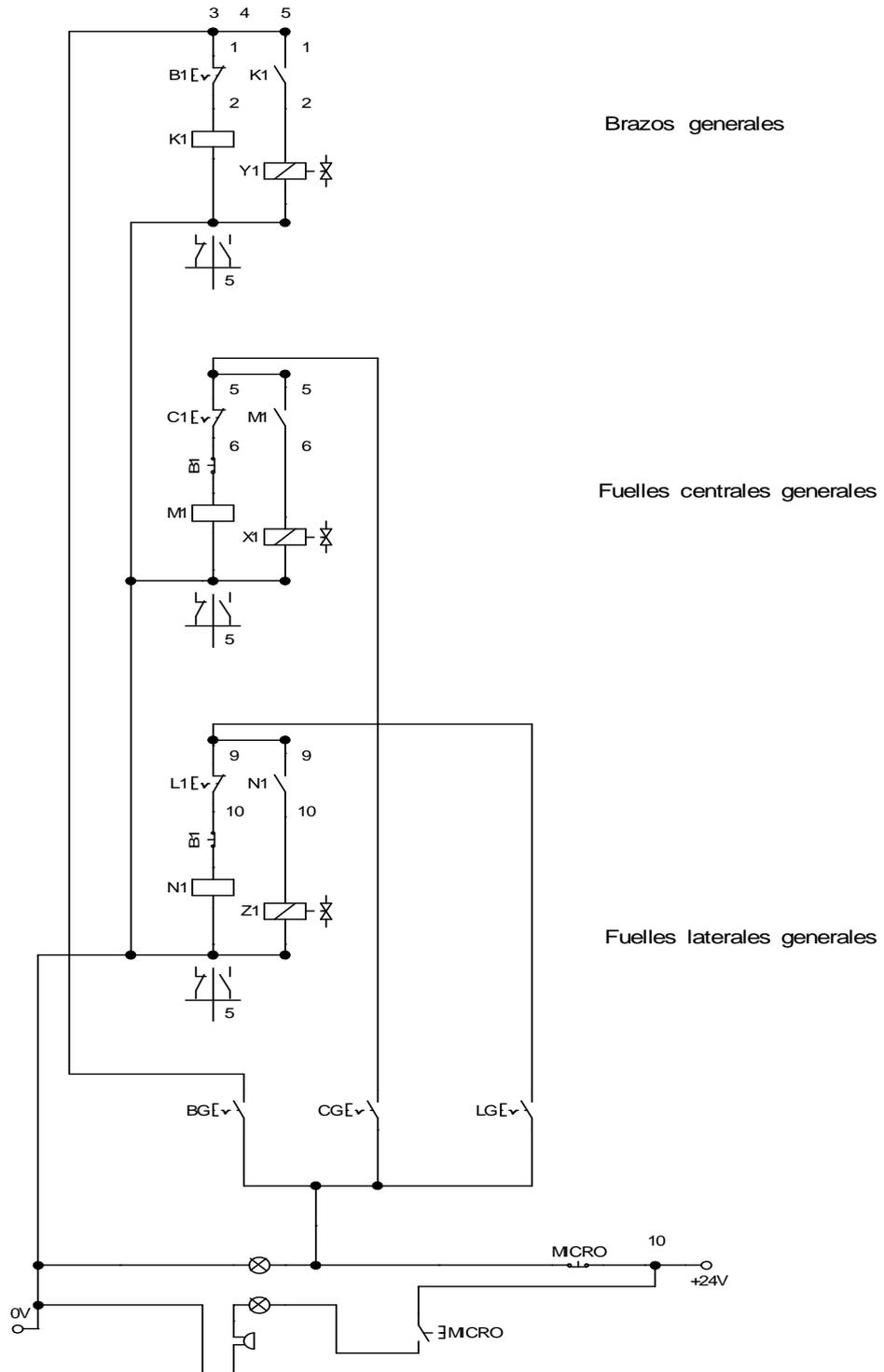


Figura 14. Diagrama del sistema eléctrico



2.2.2 Funcionamiento seccionado

En el diagrama del funcionamiento seccionado (fig. 15), seis válvulas y dos reguladores ejecutan todas las funciones, si se acciona en el diagrama eléctrico (fig. 16) los botones BG, CG y LG, accionan de una forma general todos los componentes; en una forma seccionada los botones B1 o B2 para los brazos de la sección 1 o 2, los botones C1 o C2 para los fuelles centrales de la sección 1 o 2 y los botones L1 o L2 para los fuelles laterales de la sección 1 o 2.

Figura 15. Componentes del *Hot-foot* en funcionamiento seccionado

Diagrama del sistema neumático

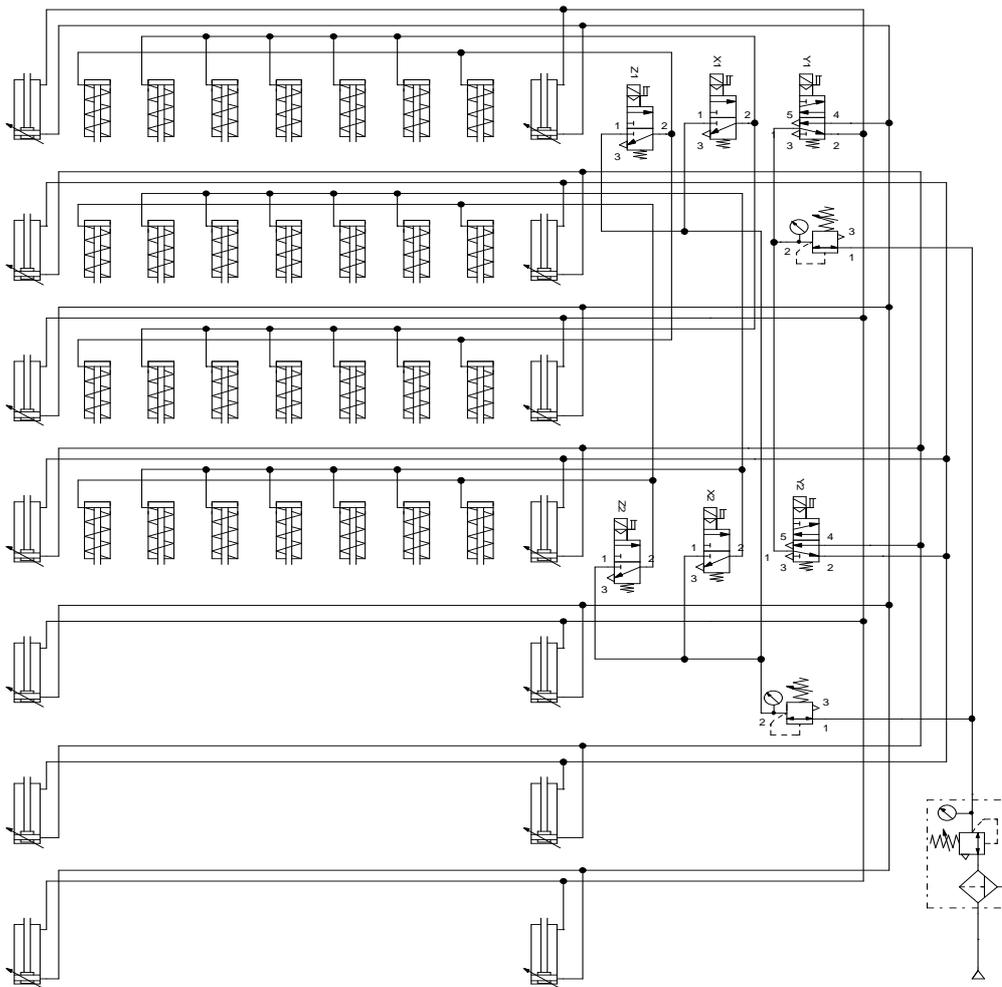
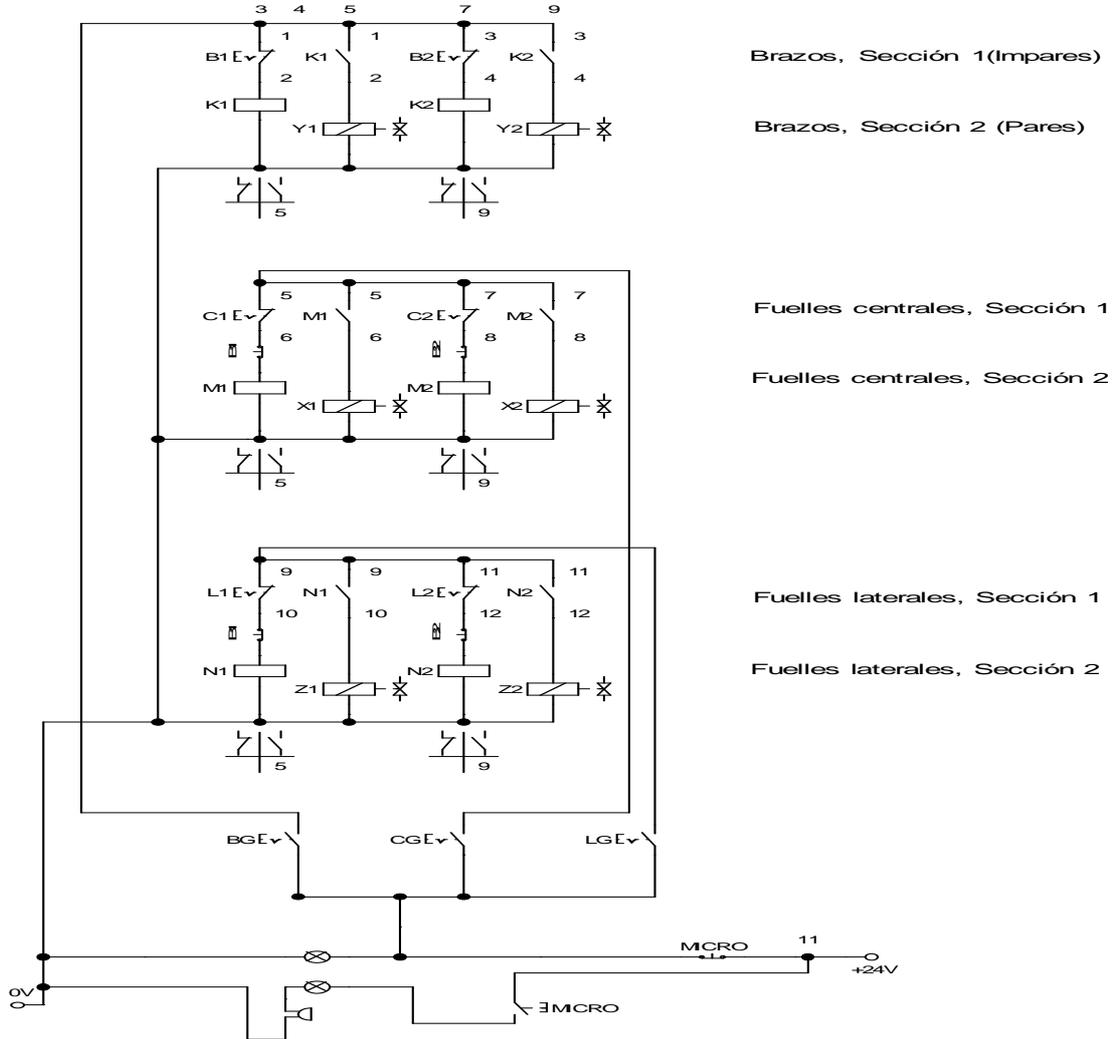


Figura 16. Diagrama del sistema eléctrico



2.2.3 Funcionamiento individual

En el diagrama del funcionamiento individual (fig. 17), quince válvulas y cinco reguladores ejecutan todas las funciones, en el diagrama eléctrico (fig. 18), los botones BG, CG y LG, accionan de una forma general todos los componentes; con la facilidad que si antes de accionarlos, se pueden activar o desactivar los que no se desee trabajar, los botones del B1 al B7, activan o desactivan los brazos de una forma individual, los botones del

C4 al C7, activan o desactivan de una forma individual los fuelles centrales correspondiente al numero de brazo, los botones L4 al L7, activan o desactivan los fuelles laterales correspondiente al numero de brazo

Figura 17. Componentes del *Hot-foot* en funcionamiento individual
Diagrama del sistema neumático

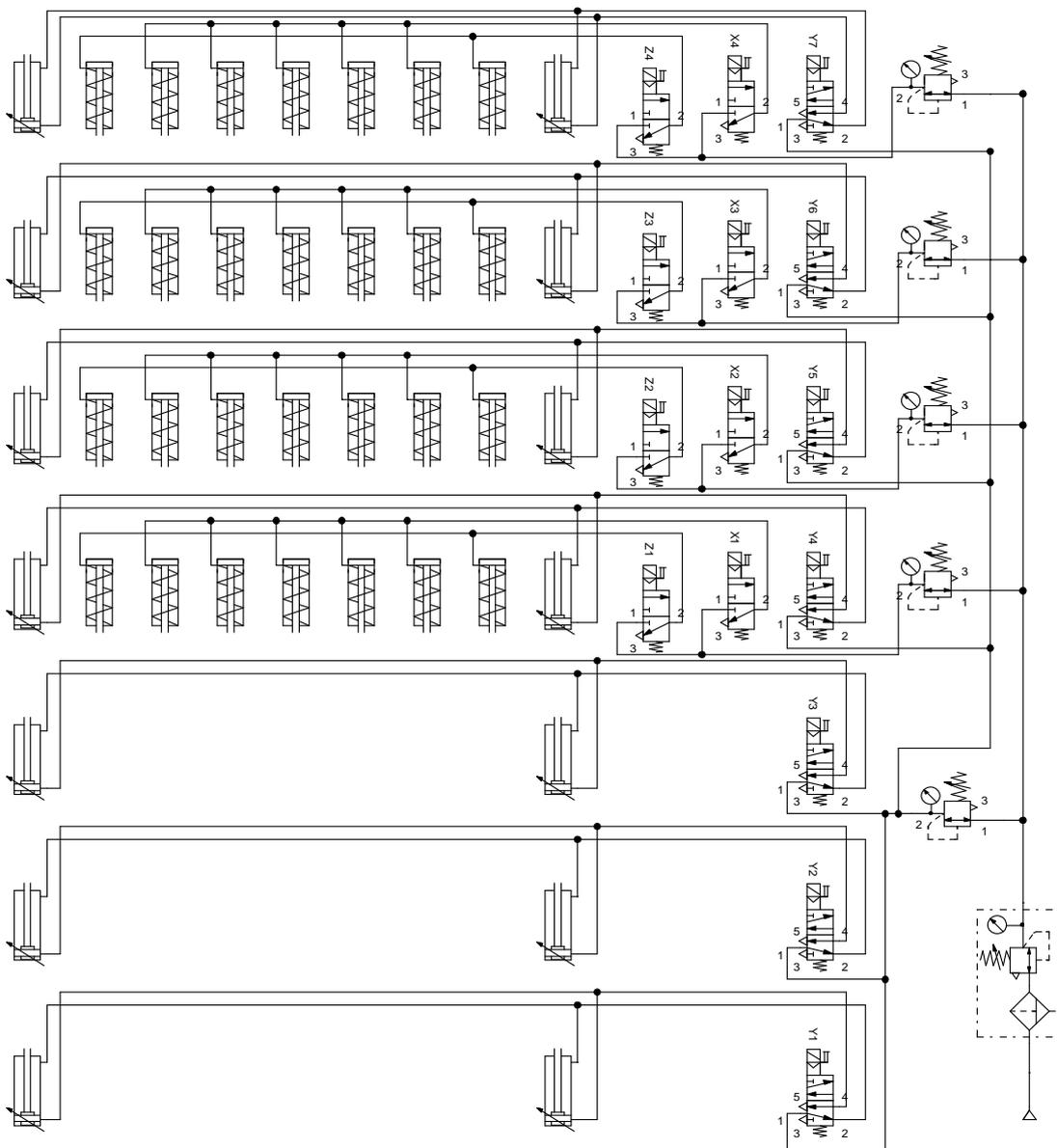
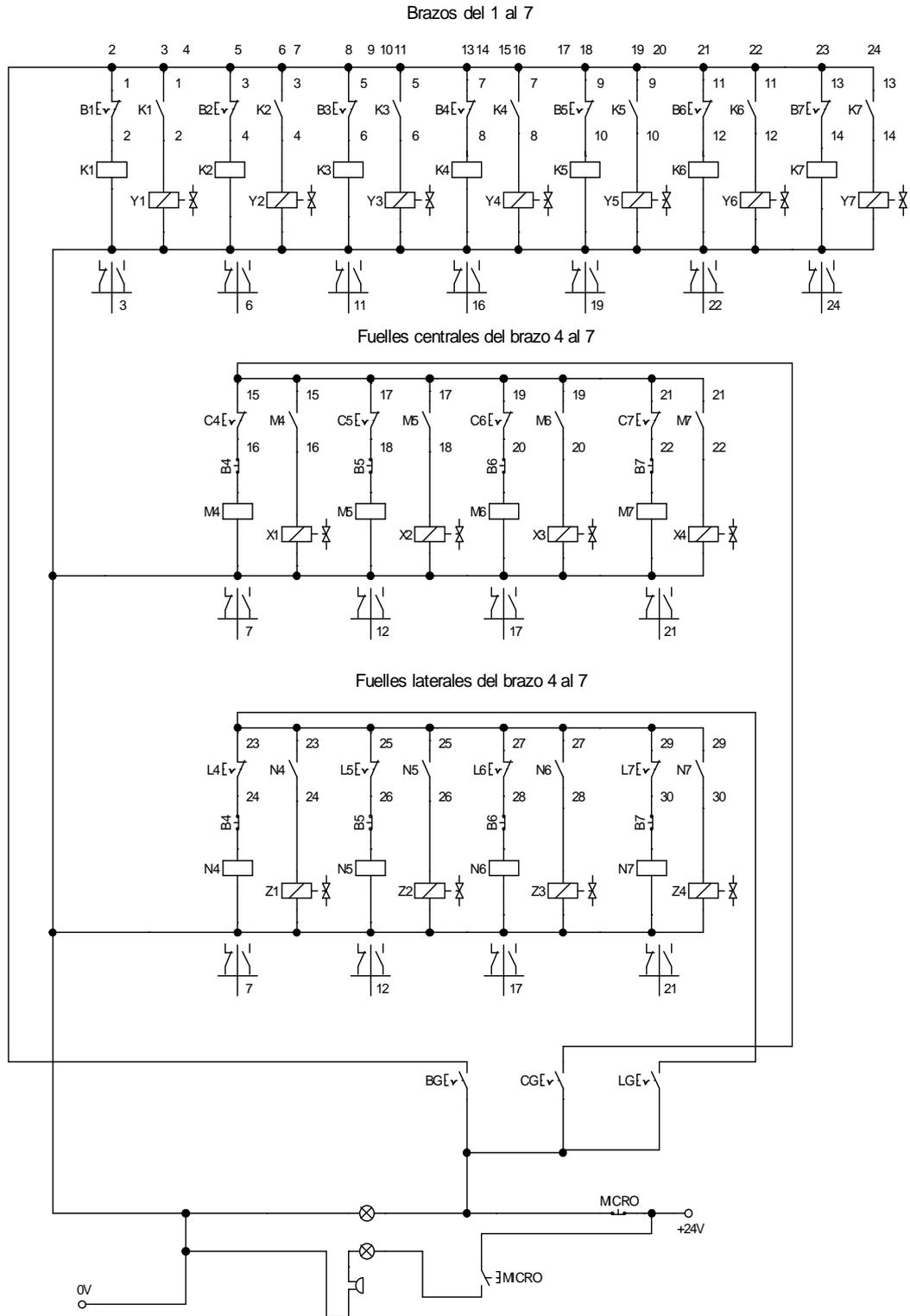


Figura18. Diagrama del sistema eléctrico



2.3 Análisis de las distintas formas de funcionamiento del accionamiento neumático del mecanismo

Para poder analizar: es necesario tener una comparación de las ventajas y desventajas de las tres formas de funcionamientos, y para ello también es necesario simular los funcionamientos a través de *software* como por ejemplo: *Festo FluidSim*.

2.3.1 Ventajas y desventajas

Para hablar de ventajas y desventajas analizaremos cada funcionamiento por separado:

- En el funcionamiento en conjunto podemos determinar que para un tiraje de una sola clase de cartón es una ventaja esta forma de funcionamiento, ya que siempre tendremos los mismos parámetros de presión, temperatura que no habrá necesidad de estar regulando la presión en los brazos denominados *Hot-Foot*, su costo de implementación es relativamente bajo, debido a los pocos componentes a utilizar en la instalación electro-neumática. Las desventajas de dicho funcionamiento es que lo limita a un determinado tiraje y aumenta el tiempo de cambio para poder regular los distintos calibres de cartón, y una de las principales desventajas, es el número de brazos a utilizar, que no es apto para ser controlado por los pocos componentes neumáticos (1 electro válvulas de 5/2 vías, 1 regulador, 2 electro válvulas de 3/2 vías), debido a ésto tendremos frecuencia de desperfectos en los componentes neumáticos.
- El funcionamiento por sección nos da como ventaja poder regular presiones, ya sea por el cambio de temperatura para poder transferir en la sección indicada, de acuerdo a la disipación de la misma por el ambiente exterior; la desventaja es que al momento de operación, hay secciones o

segmentos en los cuales no se requiere tanto una presión así como su transferencia de calor y resulta complicado poder regular la sección, ya que si está en el lado de un solo brazo, se tendría que regular la sección completa.

- En la forma individual, su principal ventaja es poder regular el brazo o los brazos que sean necesarios en la corrida del cartón, la desventaja es que su costo de implementación es un poco elevado en comparación a las otras dos formas de funcionamiento.

2.4 Selección de la mejor forma de funcionamiento del accionamiento neumático

Para la selección fue necesario revisar las ventajas y desventajas de cada una de las formas de funcionamiento, pero principalmente, se tomó en cuenta el objetivo principal de implementación, que queríamos como resultados y su fácil manejo para controlar el sistema de brazos denominados *Hot-Foots*.

Como resultado de los análisis, se consideró que el funcionamiento individual se adecúa a las necesidades de la calidad del cartón, tomando en cuenta que su costo de implementación es alto, pero para los resultados en la calidad, es significativa la inversión, ya que se reducirá el desperdicio de cartón curvo e incrementará la producción.

2.5 Estimación de costos de implementación

Los accesorios a utilizar, así como sus valores, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla II. Cuadro de costos de accesorios para el accionamiento neumático

Descripción de Piezas Neumáticas del <i>Hot-foot</i>	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Observaciones
Cilindro de doble efecto ADVC-80-100-I-P-A (Carrera de 4 pulgadas)	6	Q 2,407.70	Q 14,446.20	Para los tres brazos sin fuelles
Cilindro de doble efecto ADVC-80-25-I-P-A (Carrera de 1 pulgada)	8	Q 2,206.60	Q 17,652.80	Para los cuatro brazos que utilizan fuelles
Electro-válvula 5/2 vías, salidas de 1/4" (Válvula de solenoide direccional quintuple de 2 vías)	7	Q 1,900.00	Q 13,300.00	1 por cada brazo
Electro-válvula 3/2 vías, salidas de 1/4" (Válvula de solenoide direccional tripla de 2 vías)	8	Q 1,395.90	Q 11,167.20	Son para controlar los fuelles de los 4 Brazos, 2 por cada brazo
Reguladores de presión con manómetros (pequeños) (salida de 1/8")	5	Q 850.00	Q 4,250.00	Son 4 para los brazos con fuelles y 1 para controlar los 3 brazos sin fuelles
Racor raíz de 1/8" a manguera de 3/8" rectos	14	Q 23.00	Q 322.00	Para los cilindros
Racor raíz de 1/8" a manguera de 3/8" en L	14	Q 21.00	Q 294.00	Para los cilindros
Racor raíz de 1/4" a manguera de 3/8" en L	32	Q 20.00	Q 640.00	Para las electro válvulas 5/2 vías y las de 3/2 vías
Racor raíz de 1/8" a manguera de 3/8" en L	10	Q 21.00	Q 210.00	Para los reguladores de presión
Racor raíz 1/4" a manguera de 3/8" rectos	28	Q 18.25	Q 511.00	Para los fuelles de los brazos
Racor rápido de 3/8" en Tee sin rosca	44	Q 21.25	Q 935.00	Para las conexiones de mangueras
Silenciadores raíz de 1/8"	14	Q 30.00	Q 420.00	Para las electro válvulas 5/2 vías
Silenciadores raíz de 1/4"	8	Q 30.00	Q 240.00	Para las electro válvulas 3/2 vías
Manguera de 3/8" aproximadamente en metros	300	Q 7.25	Q 2,175.00	Para las instalaciones neumáticas
Unidad de mantenimiento	1	Q 1,500.00	Q 1,500.00	Para todo el sistema
Relé	15	Q 240.00	Q 3,600.00	Sistema eléctrico
Solenoide de válvula	15	Q 220.00	Q 3,300.00	Sistema eléctrico
Obturador	15	Q 150.00	Q 2,250.00	Sistema eléctrico
Interruptor franqueador	15	Q 130.00	Q 1,950.00	Sistema eléctrico
Interruptor obturador	3	Q 125.00	Q 375.00	Sistema eléctrico
Pulsador normalmente cerrado	9	Q 90.00	Q 810.00	Sistema eléctrico
Pulsador Obturador	1	Q 110.00	Q 110.00	Sistema eléctrico

TOTAL Q 80,458.20

2.6 Elaboración de manual de operación

El manejo de dicho sistema dependerá de las necesidades del usuario y del control de calidad del producto, para ello se dan las indicaciones correspondientes al uso del sistema:

El sistema, en el estado inicial, siempre permanecerá con los brazos hacia arriba.

Los brazos se podrán graduar de acuerdo a los requerimientos del producto, ya sea en la marcha como también antes de iniciar el proceso, para ello se cuenta con interruptores individuales por brazos, así como en los fuelles de presión en los patines.

El sistema tiene la capacidad de elevar los brazos en forma individual, permitiendo al operador dejar sin uso el brazo que él desee; al elevar un brazo, cual quiera, de inmediato se desactivarán los fuelles.

Si el operador deja un número de brazos activados, así como los fuelles, en el momento de un paro, el sistema a la hora de volver a funcionar estará actuando de la misma manera antes de detenerse.

En cuanto al mantenimiento del sistema, dependerá mucho del operador, ya que el uso adecuado de los interruptores, así como los reguladores de presión, se mantendrán en el rango de su vida útil y es aquí donde entra a funcionar la unidad de mantenimiento instalada en el sistema.

CONCLUSIONES

1. Para todo sistema de producción son determinantes tres áreas principales: elaboración del cartón, el proceso de producción, y el uso del cartón. La elaboración y el uso del cartón son actividades orientadas hacia el cliente.
2. El éxito de la empresa “Empaques San Lucas, S.A.”, sólo lo puede alcanzar comprendiendo y satisfaciendo las necesidades de los clientes.
3. La mejora en el sistema de secado, logra mayor flujo de producción uniforme del cartón y reducción de pérdidas en la operación, que redundará en mayor beneficio de la inversión. El ahorro de Q.11, 479.67 a Q.15, 306.22 (US \$ 1,500 a US \$ 2,000) por mes, en términos de disminución del desperdicio.
4. La mejora en la calidad del cartón, conduce a mejorar la productividad, optimizando el uso de los recursos de la empresa “Empaques San Lucas”. El incremento de mejoras en el rendimiento del uso de combustible y energía eléctrica, les proporcionará un ahorro de Q.114, 796.65 (US \$15,000.00), además el valor del incremento mismo en la producción (valores por mes).

RECOMENDACIONES

Al Gerente General

1. Centrar el esfuerzo de calidad, en la determinación de las necesidades y requerimientos de servicio del cliente, y traducirlas a diseños que cumplan los criterios de adecuación para el uso.
2. Dejar el proceso de producción, bajo el control de la organización de la empresa, para que los esfuerzos de calidad se dirijan a asegurar que el producto (cartón) cumpla con las especificaciones (cartón de calidad).

Al Gerente de Producción

3. Incorporar la calidad en forma correcta al producto (cartón), para que no sea necesaria la inspección de control de calidad en la manufactura del mismo, exceptuándose para fines de pruebas y auditorías que permitan comprobar la operación correcta.

Al Jefe de Mantenimiento

4. Implementar la tecnología, como los dispositivos PLC (controladores lógicos programables), para la automatización del sistema, y permitirá el mejoramiento de la calidad como un medio potencial de aumentar la productividad al reducir la producción de cartones defectuosos (desperdicio).

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene A. **Manual del Ingeniero Mecánico**, novena edición. México D.F. McGraw-Hill/Interamericana, 1996.
2. Cengel, Yunus A.; Boles, Michael A. **Termodinámica**, cuarta edición, Toluca, Edo. México. MacGraw-Hill/Interamericana, 2003, 829 pp.
3. Evans, James R.; Lindsay, William M. **Administración y Control de la Calidad**. Edición Original, México D.F.: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V. 1995. 727 pp.
4. Herman W. Pollack. **Máquinas, Herramientas y Manejo de Materiales**, Editorial Prentice/Hall International, España.
5. Lozano, Luis Fernando, Instructor. **Asociación de corrugadores del Caribe, Centro y Sur América**, Guatemala, C.A. Mayo 20-23, 2002.
6. Rosales, Robert C. **Manual de Mantenimiento Industrial**. Tomo III, primera edición, México, D.F. MacGraw-Hill, 1,987.

REFERENCIAS ELÉCTRONICAS

7. www.corrugatedgear.com
8. www.acisa.es
9. www.acisa.com.gt
10. www.festo.com

APÉNDICE

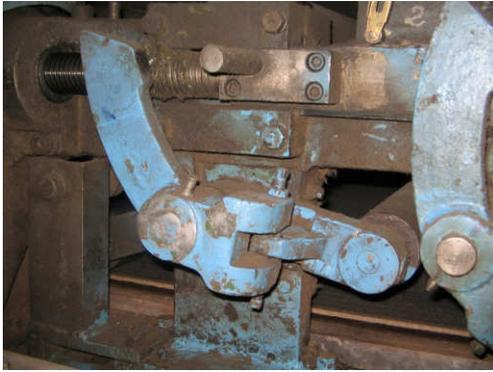
Empresa Empaques San Lucas, S.A., ubicada en el Km. 37.2 sobre la carretera Interamericana, jurisdicción del departamento de Sacatepéquez



Sistema de rodillos



Accionamiento mecánico

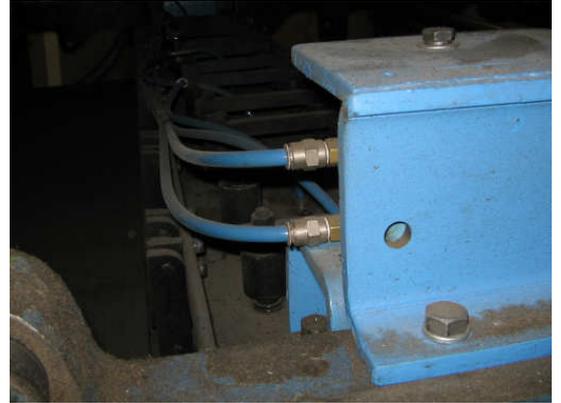


Sistema de *Hot-Foot* implementado





Accionamiento neumático



Controladores

