



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

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN MECANISMO SEMIAUTOMATIZADO
PARA EL MANEJO DE MATERIALES EN UNA ESTACIÓN DE TRABAJO DE
UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE CAMAS**

Paola Vanessa Raxón Herrera

Asesorado por el Ing. Jorge Alberto Soto Bran

Guatemala, febrero de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN MECANISMO SEMIAUTOMATIZADO
PARA EL MANEJO DE MATERIALES EN UNA ESTACIÓN DE TRABAJO DE
UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE CAMAS**

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

PAOLA VANESSA RAXÓN HERRERA

ASESORADO POR ING. JORGE ALBERTO SOTO BRAN
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR	Inga. Lenny Virginia Gaitán Rivera
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

PROPUESTA DEL DISEÑO DE UN MECANISMO SEMIAUTOMATIZADO PARA EL MANEJO DE MATERIALES EN UNA ESTACIÓN DE TRABAJO DE UNA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE CAMAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 2 de junio del 2004.

Paola Vanessa Raxón Herrera

AGRADECIMIENTOS

A ti, Padre Celestial, por tantas bendiciones en mi vida, por enviarme luz en los momentos de tinieblas, darme fortaleza y permitirme lograr este triunfo profesional.

A mis padres por todo el amor, sacrificio y apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida.

Al ingeniero German Antonio Puluc por darme siempre ánimos y dedicar su tiempo a ayudarme tantas veces.

Al ingeniero Jorge Alberto Soto por su valiosa asesoría en la elaboración del presente trabajo.

A la Industria de fabricación de camas por la oportunidad de realizar el presente trabajo, a todas las personas que colaboraron en especial al ingeniero Hugo Rodas, ingeniera Estefani Estrada y Maribel Cárdenas.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme ser fiel a mí misma a pesar de las dificultades y que este día se hiciera realidad.

A la Santísima Virgen María por interceder tantas veces por mí y cubrirme con su manto protector de madre.

A mis padres: José Luis Raxón Tubac y María Antonia Herrera Gómez, gracias a ustedes logré cumplir mi sueño, este triunfo es para ustedes.

A mis hermanos: José Luis, Edwynn, Allan y Mario por su ayuda, por todos los momentos que compartimos y por su cariño.

A mis abuelitos con mucho cariño ya que ellos son las raíces de mi familia.

A todos mis amigos, porque los verdaderos se conocen en el primer minuto del encuentro de las relaciones ocasionales de mil años.

Al Departamento de Física por enseñarme que todos somos aprendices y maestros.

A la Facultad de Ingeniería porque en sus aulas además de cálculo diferencial aprendí a diferenciar a las personas y que no importa que las mentes menos evolucionadas no te entiendan....

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	VIII
OBJETIVOS	IX
INTRODUCCIÓN	X

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1 Estudio de tiempos y movimientos	1
1.1.1 Requisitos	1
1.1.2 Pasos básicos para el estudio	2
1.1.3 Mediciones de tiempos	2
1.1.4 Principio de economía de movimientos	3
1.1.5 Movimientos básicos	4
1.2 Manejo de materiales	4
1.2.1 Definición	4
1.2.2 Equipo para el manejo de materiales	5
1.2.3 Principios del manejo de materiales	9
1.3 Automatización	9
1.3.1 Definición	10
1.3.2 Definición de PLC	10
1.3.3 Sensores	12

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1	Análisis de la estación de trabajo	13
2.1.1	Operarios en la estación	13
2.1.2	Descripción del equipo	14
2.1.3	Distribución de la estación	14
2.2	Estudio de tiempos y movimientos	16
2.2.1	Medición de tiempos	16
2.2.2	Movimientos básicos	18
2.2.3	Tiempos de demora en la estación	18
2.3	Descripción de los materiales en la estación de trabajo	19
2.3.1	Breve descripción del producto	20
2.3.2	Materiales en proceso	20
2.3.3	Manejo de materiales	21
2.4	Diagrama de operaciones	21
2.5	Diagrama de recorrido	24
2.6	Datos de producción	
2.6.1	Tiempos actuales de producción	24
2.6.2	Eficiencia de la estación	26
2.6.3	Análisis de paros	26

3. PROPUESTA

3.1	Descripción del diseño	27
3.2	Especificaciones	29
3.2.1	Espacio físico disponible	29

3.2.2	Materiales para estructura	31
3.2.3	Dimensiones del transportador	31
3.2.4	Tipo de banda transportadora	33
3.2.5	Cantidad de motores	33
3.2.6	Dispositivos de mando a distancia	34
3.3	Datos técnicos de ingeniería	34
3.3.1	Carga a soportar	34
3.3.2	Dimensiones de la estructura	35
3.3.3	Tamaño de banda	37
3.3.4	Rodillos de tracción	38
3.3.5	Rodillos de transporte	40
3.3.6	Tipo de motores	41
3.3.7	PLC y contactores	43
3.4	Distribución de la estación del método propuesto	45
3.5	Diagrama de operaciones del método propuesto	45
3.6	Diagrama de recorrido del método propuesto	45
3.7	Comparación de la productividad	50
3.8	Comparación de tiempos y ahorro de horas mensuales	51
3.9	Análisis de costos	51
3.9.1	Costo de inversión	52
3.9.2	Costo de operación	53
3.9.3	Periodo de recuperación	53
3.9.4	Análisis costo beneficio	54

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1	Diagrama de Gantt para la propuesta	57
-----	-------------------------------------	----

4.2	Guía para el mantenimiento del mecanismo	61
4.2.1	Mantenimiento preventivo	61
4.2.2	Lubricación	63
4.3	Guía para capacitación del personal operativo	63
4.3.1	Manejo de materiales	64
4.3.2	Operación del mecanismo	65
5.	MEJORA CONTINUA	
5.1	Evaluación del diseño	67
5.1.1	Elaboración de formato de verificación de eficiencia	67
5.1.2	Diagrama de proyección del aumento en la producción	68
5.2	Estudio de rendimiento	71
5.2.1	Eficiencia de la estación	71
5.2.1	Disminución de tiempo en demoras	71
5.3.3	Cumplimiento de ahorro de horas	71
5.3	Seguimiento del método propuesto	72
5.3.1	Elaboración de formato de control	72
5.3.2	Elaboración de formato de fallas	72
	CONCLUSIONES	74
	RECOMENDACIONES	76
	REFERENCIAS	77
	BIBLIOGRAFÍA	78
	APÉNDICES	80
	ANEXO	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Equipo para el manejo de materiales	7
2	Distribución de la estación	15
3	Diagrama de operaciones	22
4	Diagrama de recorrido	25
5	Búsqueda de soluciones	27
6	Esquema del proceso de análisis	28
7	Espacio disponible	30
8	Dimensiones del transportador	32
9	Fuerzas de reacción	35
10	Dimensiones recomendadas	36
11	Dimensiones del perfil	37
12	Rodillo de tracción	38
13	Dimensiones del rodillo de tracción	39
14	Chumacera	40
15	Rodillos de transporte	41
16	Motorreductor	42
17	PLC	44
18	Propuesta de la distribución	46
19	Propuesta del diagrama de operaciones	47
20	Propuesta del diagrama de recorrido	49
21	Diagrama de flujo costo de oportunidad	54
22	Diagrama de Gantt	60
23	Formato hoja de verificación	69
24	Proyección de aumento de la producción	70

25	Formato de control y fallas	73
26	Formato de entrevista de enfermedades ocupacionales	80
27	Formato para estudio de tiempos	81
28	Diagrama de corte y momento	83

TABLAS

I	Tiempo cronometrado y su estandarización	17
II	Características de la banda	38
III	Características del motorreductor	43
IV	Características de la cadena	43
V	Beneficio en horas hombre	51
VI	Presupuesto de materiales	52
VII	Datos del proyecto	53
VIII	Relación costo beneficio	56
IX	Actividades del proyecto	57
X	Tareas del proyecto	58
XI	Propiedades de los canales de acero estructural	89
XII	Propiedades del acero estructural	90
XIII	Dimensiones de las cadenas	91

GLOSARIO

Contactador	Circuito conmutador para potencias relativamente elevadas que puede ser controlado por un controlador lógico programable.
Cuello de botella	Recurso cuya capacidad es inferior a la demanda de producción de un determinado producto.
Enfermedad ocupacional	Enfermedad relacionada directamente con la actividad laboral.
<i>Microswitch</i>	Interruptor de dimensiones pequeñas que varía de configuración de acuerdo con el servicio.
Protector térmico	Interruptor cuya función principal es la de proteger los equipos de potencia de incrementos perjudiciales de temperatura.
Relé	Dispositivo electromecánico que actúa como un conmutador en un sistema electrónico. Se limita el funcionamiento en una sección de mediana potencia.
Seguridad industrial	Conjunto de normas y reglamentos para salvaguardar la seguridad de los trabajadores.
Tarjetas electrónicas	Conjunto de dispositivos que cumplen con ciertas funciones lógicas para diversos tipos de controles.

RESUMEN

La industria de fabricación de camas está desarrollando mejores métodos de trabajo, pero la falta de mecanización de operaciones manuales y de planificación del manejo de materiales, la conduce hacia un aislamiento del actual entorno industrial cada vez más competitivo.

El presente trabajo propone una modernización del manejo de materiales mediante el diseño de un mecanismo semiautomatizado para la estación de ensamble de colchones.

En lo referente al aspecto teórico, se describen los conceptos necesarios para realizar el análisis de la situación actual de la estación de trabajo, así como las definiciones relacionadas con la automatización.

El diseño del mecanismo con sus respectivas ilustraciones se propone de acuerdo con las necesidades de la Industria, considerando también los principios del diseño de máquinas y las normas de seguridad industrial. Se determinarán los costos de implementar el diseño y los beneficios que pueden obtenerse.

OBJETIVOS

General

1. Realizar el diseño de un mecanismo semiautomatizado para el manejo de materiales en proceso en una estación de trabajo que permita aumentar la productividad.

Específicos

1. Conocer los aspectos principales del manejo de materiales y de la automatización.
2. Analizar si el manejo de materiales actual es adecuado para el producto.
3. Determinar la necesidad de modernizar el manejo de materiales en proceso.
4. Identificar por medio de un estudio técnico los aspectos necesarios para el diseño de un mecanismo semiautomatizado.
5. Proponer un mecanismo semiautomatizado para el manejo de materiales en proceso.
6. Comparar la productividad del método actual y de la propuesta.
7. Determinar los beneficios que implica modernizar la estación de trabajo.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento en los sistemas de manejo de materiales es una técnica empleada para aumentar la productividad a través del ahorro de horas empleadas para producir, la disminución de costos de mano de obra y de daños a los materiales durante las operaciones y el cumplimiento de tiempos de entrega. Productividad se refiere a la buena utilización de los recursos disponibles para fabricar un producto.

Actualmente existe, tanto en Guatemala como en otros países, cierta preocupación por mejorar los procesos de producción, pero aún no existe conciencia acerca de los beneficios de la automatización en la manufactura de productos. La automatización es la mecanización en alto grado y abarca un gran número de actividades dentro de una industria.

El presente trabajo propone mejorar el manejo de materiales en la estación de ensamble de colchones mediante el diseño de un mecanismo semiautomatizado, el cual consiste en un transportador de rodillos inteligente, con especificaciones de acuerdo con las necesidades de la industria de fabricación de camas, los principios del diseño de máquinas y las normas de seguridad industrial.

1. CONCEPTOS GENERALES

1.1 Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos indica el tiempo estándar para la fabricación de un producto y ayuda a establecer valores de tiempo a cada una de las operaciones. Este estudio revela si existen tiempos de retraso, demoras, tiempo muerto en las máquinas y el tiempo efectivo de trabajo.

“El estudio de movimientos comprende el análisis de los movimientos que un operario realiza con su cuerpo para cumplir con una determinada tarea, y establecer si existen movimientos innecesarios o ineficientes”.¹

1.1.1 Requisitos

En primer lugar, no debe olvidarse que antes de iniciar un estudio de tiempos debe informarse al operario, supervisores y representante sindical (si existiera en la empresa), con el objetivo de evitar cualquier conflicto o malestar por parte de las personas involucradas. La persona que analiza los tiempos debe poseer las siguientes características que serán de mucha ayuda para realizar su trabajo y dar mayor confiabilidad a la información:

- a) Buenas relaciones humanas.
- b) Habilidad para comunicarse.
- c) Buena presentación.
- d) Poseer una mente abierta y analítica.
- e) Conocer el proceso que se estudia.

1.1.2 Pasos básicos para el estudio

Para realizar un estudio de tiempos deben tomarse ciertas consideraciones fundamentales, siempre recordando la enorme responsabilidad del estudio de tiempos y el impacto que pueden causar los resultados obtenidos. Es necesario cumplir con algunos pasos básicos, entre los que podemos mencionar:

- a) Seleccionar al operario.
- b) Tratar con el operario.
- c) Tener suficiente información de la operación.
- d) Buscar información en archivos de datos.
- e) Colocar adecuadamente al analista de tiempos.
- f) Dividir la operación en elementos.
- g) Identificar los elementos que puedan ser cronometrados.

1.1.3 Mediciones de tiempos

“El equipo mínimo con el que debe contarse para la medición de tiempos es un cronómetro, un tablero, formatos para la toma de tiempos y una calculadora”.² Existen dos métodos para anotar los tiempos durante el estudio, uno es continuo y el segundo el de regresos a cero.

En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio; la lectura del cronómetro se realiza en el punto terminal de cada elemento sin detener el aparato. Puede elegirse también el método de regresos a cero el cual consiste en leer el cronómetro al terminar cada elemento y el aparato se regresa de inmediato a cero para realizar otra lectura.

1.1.4 Principio de economía de movimientos

El principio de economía de movimientos puede clasificarse en dos áreas: la primera, relacionada con el uso del cuerpo humano; la segunda, con la disposición de los materiales en el área de trabajo. El conocimiento de estos principios es una gran herramienta para detectar deficiencias en un método de trabajo.

Relacionados con el uso del cuerpo tenemos los siguientes principios:

- a) El trabajo de ambas manos debe ser simultáneo.
- b) Los movimientos que realicen las manos deben tener simetría.
- c) El ímpetu físico debe ser aprovechado por el operario.
- d) Los cambios de dirección repentinos deben evitarse.
- e) Los movimientos de torsión se permiten si los codos están flexionados.

En relación con la disposición de materiales tenemos los siguientes:

- a) Definir sitios fijos para la herramienta.
- b) Utilizar mecanismos que ayuden a eliminar la pérdida de tiempo.
- c) Ubicar cada material empleado debe ubicarse dentro del perímetro de trabajo normal.
- d) Evitar que el perímetro de trabajo normal no debe tener obstrucciones debido a producto en proceso o terminado.

1.1.5 Movimientos básicos

Estos se refieren a las divisiones básicas desarrolladas por los esposos Gilberth, las cuales incluyen 17 movimientos que son fundamentales para el análisis de procesos de fabricación que incluyen operaciones manuales.

Entre estos movimientos se encuentran: buscar, seleccionar, tomar, alcanzar, mover, sostener, soltar, ensamblar, inspeccionar. Siempre pueden mejorarse los métodos de trabajo, tratando de eliminar o reducir dichos movimientos.

1.2 Manejo de materiales

Cuando se habla de materiales, se refiere a las materias primas empleadas, materiales en proceso, suministros y productos terminados. “El manejo de materiales incluye consideraciones de espacio, lugar, cantidad y tiempo”.³ Es decir que debe asegurarse que las cantidades necesarias de materiales se desplacen periódicamente de una estación a otra en un tiempo determinado, para no sufrir paros en los procesos por falta de materiales; además, deben buscarse los mejores medios para almacenar y trasladar dichos materiales.

1.2.1 Definición

El manejo de materiales es un enfoque empleado para analizar una operación y con ello realizar mejoras en el método empleado. Puede decirse que es una técnica empleada para administrar todas las actividades relacionadas con los materiales.

El manejo de materiales es un sistema integrado de recepción, control de la circulación, distribución, recolección y entrega de los materiales dentro de las instalaciones de una fábrica. La planeación, organización, dirección y control son esenciales para que el manejo de materiales sea adecuado.

1.2.2 Equipo para el manejo de materiales

En el pasado, las industrias utilizaban la fuerza de los obreros para trasladar los materiales de un lugar a otro. Este tipo de tarea requería mucho tiempo, además de dañar los materiales.

“Una de las principales recomendaciones de *The Material Handling Institute* (Instituto de Manejo de Materiales) es considerar que las operaciones mecanizadas ofrecen un mejor manejo. Es decir, la máxima economía en el movimiento de materiales consiste en no manipularlo manualmente”.⁴

Considerando dicho principio, en las industrias se utilizan diferentes equipos, dependiendo del tipo de proceso de fabricación, el tipo de materiales empleados, así como la tecnología con la que se cuenta.

Entre el equipo típico usado en la industria moderna puede clasificarse en los siguientes sistemas (ver figura 1):

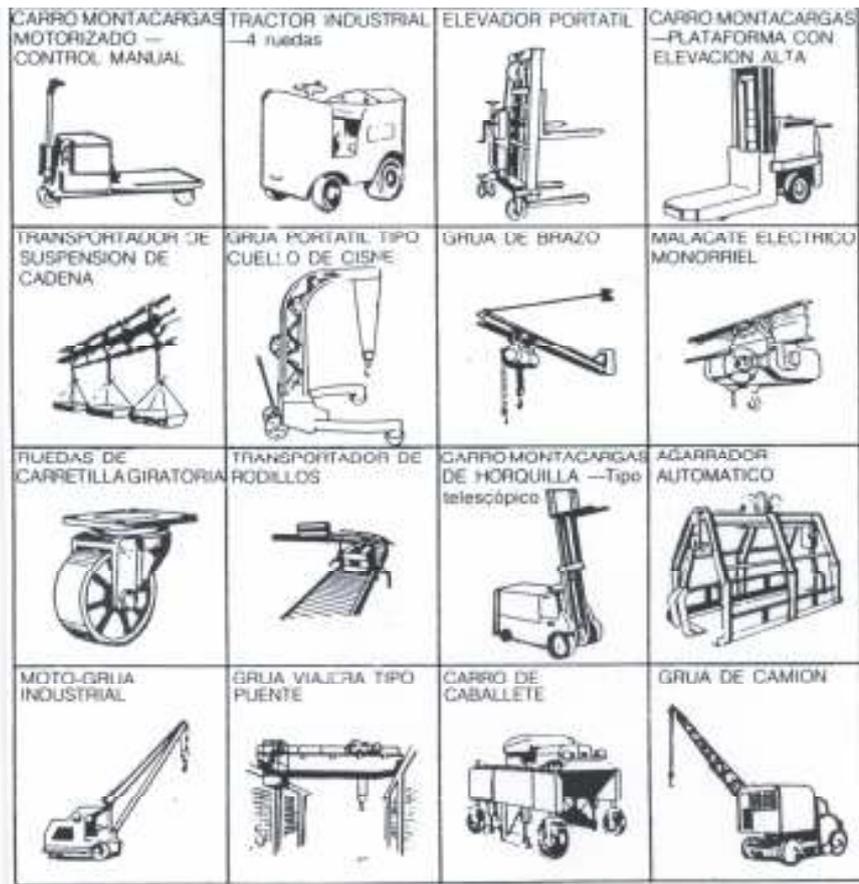
- a) Elevación: como cuerdas, cables, cadenas, poleas y tenazas de elevación.
- b) Elevación y conducción: carretillas hidráulicas, manuales, montacargas y grúas.
- c) Arrastre y empuje: carretillas de estibador, carretillas de tracción mecánica, plataformas de arrastre, plataformas rodantes.
- d) Transporte y movimiento continuo: transportador de banda, transportador de cadenas, transportador de rodillos, transportador de tornillo y transportador de suspensión de cadena.
- e) Gravedad: plano inclinado, transportador de rodillos por gravedad y canaleta de gravedad.

Figura 1. Equipo para el manejo de materiales

<p>FLEJADORA</p> 	<p>TARIMAS Entrada por los cuatro lados</p> 	<p>TARIMAS Tipo de caja</p> 	<p>RASTRAS Tipo de caja</p> 
<p>PLATAFORMA DE ARRASTRE</p> 	<p>PLATAFORMA RODANTE</p> 	<p>CARRETILLA DE ESTIBADOR Dos ruedas</p> 	<p>TRANSPORTADORES DE TORNILLO</p> 
<p>TRANSPORTADOR DE RUEDAS</p> 	<p>PLACA PUENTE</p> 	<p>CANAleta DE GRAVEDAD</p> 	<p>TRANSPORTADOR Portátil, tipo de banda</p> 
<p>PLATAFORMA ELEVADORA</p> 	<p>MESA HIDRAULICA ELEVADORA</p> 	<p>CARRO MONTACARGAS PLATAFORMA CON BAJA ELEVACION</p> 	<p>CARRO ALZATARIMAS CON BAJA ELEVACION</p> 

Fuente: Benjamín Niebel, **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos.** Pág. 110

Figura 1. Equipo para el manejo de materiales



Fuente: Benjamín Niebel, **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos**. Pág. 111

1.2.3 Principios del manejo de materiales

Para realizar una mejora en la productividad de una estación, pueden emplearse mejores técnicas de manejo de materiales, ya que en muchas industrias dicho manejo es ineficiente, y pocas veces se conocen los principios fundamentales para mejorar esta operación.

Los principios que deben considerarse son los siguientes:

- a) Reducir el tiempo empleado en la recolección de material.
- b) Fijar rutas de recorrido de materiales.
- c) Utilizar equipos mecánicos para controlar la manipulación de los materiales.
- d) Utilizar la gravedad siempre que el diseño de los productos lo permita.
- e) Hacer mejor uso de los dispositivos existentes.
- f) Tener cuidado de que el transporte sea el más corto para el manejo de materiales.
- g) Considerar la seguridad industrial tanto del personal como de los equipos utilizados para el manejo de materiales.

1.3 Automatización

Al final de los años ochenta muchas industrias fueron obligadas a cambiar sus métodos tradicionales debido a la creciente demanda de mejores productos y a la profesionalización de un gran número de personas.

La modernización de sus procesos de fabricación se hizo por medio de la automatización, gracias al avance tecnológico y la era de las computadoras.

1.3.1 Definición

Puede definirse la automatización como mecanización en un alto grado, es decir que sustituye la acción humana por mecanismos capaces de realizar operaciones de manera repetitiva. Implica también el uso de robots en un proceso de fabricación, durante prolongados periodos de tiempo.

Existe una tendencia a la semiautomatización por considerar más factible el uso de mecanismos y máquinas automatizadas, lo que permite un aumento de la productividad sin recurrir al uso de robots.

Los sistemas automáticos pueden aplicarse a diferentes procesos industriales tales como el uso de control automático en sistemas de transportadores, sistemas de seguridad, sistemas de calefacción y aire acondicionado, verificaciones automáticas del envío de material, equipos de empaque automático, tornos automáticos y control CNC.

1.3.2 Definición de PLC

El Controlador Lógico Programable, en adelante PLC, es un dispositivo electrónico cuya función principal es realizar un control lógico en máquinas y procesos. Es decir que dicho dispositivo dirige las acciones necesarias para ejecutar un ciclo continuo de trabajo.

Tiene las siguientes ventajas:

- a) Reemplaza varios componentes electrónicos.
- b) Es versátil para programarlo en varios lenguajes diferentes.
- c) Sustituye el uso de tarjetas electrónicas.

- d) Elimina los relés energizados por el módulo de tarjetas.
- e) Reduce el cableado y los errores del mismo.
- f) Ocupa poco espacio.
- g) Reduce los problemas relacionados con cambios en la temperatura ambiente.
- h) Elimina el uso de componentes electrónicos difíciles de encontrar en el mercado.

“El PLC puede ser utilizado para gobernar una gran variedad de procesos tales como: tratamientos de agua, sistemas de seguridad, empaque de productos, llenado de productos, manejo de materiales, ensamble, control de maquinaria”.⁵

La estructura interior de un PLC puede compararse con una microcomputadora. Dicha estructura puede comunicarse, ser instalada y programada fácilmente por un operador. A la entrada del PLC pueden conectarse:

- a) Sensores magnéticos.
- b) Selectores de maniobra.
- c) Pulsadores.
- d) Cualquier elemento con señal de encendido y apagado (*on/off*).

Las salidas que puede tener un PLC son:

- a) Relés.
- b) Contactores.
- c) Arrancadores de motor.
- d) Luces indicadoras.

Las señales que puede comandar un PLC son:

- a) Electroválvulas.
- b) Señales a tarjetas electrónicas.
- c) Alarmas.
- d) Señales a relés.
- e) Señales a contactores, electroimanes.
- f) Señales visuales como luces piloto, lámparas.
- g) Otros elementos comandados por señales de encendido y apagado (*on/off*).

1.3.3 Sensores

“Los sensores son muy importantes en los procesos de automatización, ya que su función es la de verificar constantemente el control, además de obtener información de un medio específico”.⁶

Puede ser de tipo digital, el cual muestra la información de un medio en dos estados encendido y apagado (*on/off*), o analógico, que da una información más completa.

Los factores que deben tomarse en cuenta para la correcta elección los sensores son los siguientes:

- a) El medio en el que van a utilizarse.
- b) Los rangos del medio que se va manejar.
- c) Identificación del medio que puede resultar tóxico, corrosivo o pueda dañar los sensores de alguna manera.
- d) Temperatura del medio y presión de la variable.

2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Análisis de la estación de trabajo

La estación de trabajo se conoce como ensamble de colchón, pues su principal operación es el ensamble de colchones, antes de cerrarlos y empacarlos como producto final. Actualmente esta estación tiene problemas para cumplir con la meta de producción establecida, teniendo que recurrir a horas extraordinarias en los meses de mayor demanda.

La mejora continua de los procesos es una característica de la industria de fabricación de camas. Por ello ha aumentado la productividad. Se trata de utilizar mejor los recursos de la estación como una manera de lograr ahorros significativos. Además, su meta principal es aumentar su participación en el mercado, esto implica un incremento en la fabricación de productos. Sin embargo la estación tiene muchas probabilidades de convertirse en un cuello de botella.

2.1.1 Operarios en la estación

La estación cuenta con 8 ensambladores, cuyo trabajo consiste en engrapar los materiales que forman el colchón. Su edad promedio es de 24 años.

Debido a que muchos de los materiales deben cargarse durante todo el día, se realizó una entrevista a cada uno de los ensambladores con lo cual se obtuvo el dato de que un 86% de los ensambladores sufren de enfermedades ocupacionales (ver apéndice A).

Los encargados de suministrar materiales se conocen como comodines; se cuenta con dos comodines para trasladar las estructuras de resortes a cada uno de los ensambladores, la edad promedio de los comodines es de 20 años.

También cuenta con dos encargados, que suministran el resto de los materiales hasta la estación de ensamble; la edad promedio es de 28 años.

2.1.2 Descripción del equipo

Se utiliza una plataforma rodante pequeña y dos plataformas rodantes grandes para el arrastre y empuje de los materiales utilizados en la estación. Para trasladar el material más pesado se utiliza un elevador de carga eléctrico.

El equipo con que cuenta cada ensamblador para trabajar es una mesa de elevación, y una herramienta de control neumático para engrapar el colchón.

2.1.3 Distribución de la estación

La distribución de la estación se muestra en la figura 2.

2.2 Estudio de tiempos y movimientos

Se realiza un estudio para establecer tiempos promedios para las operaciones, pero el principal objetivo es registrar los tiempos de demora en la estación. Un estudio completo de tiempos para establecer estándares para las operaciones de todos los productos es un largo proceso y se encuentra fuera de los objetivos de este trabajo. Por tal razón se analiza el producto que actualmente causa mayor problema.

2.2.1 Medición de tiempos

Se obtienen los datos por medio de la toma de tiempos cronometrados, y el establecimiento del tiempo estándar de producción (ver apéndice B).

Las formulaciones utilizadas para el cálculo del tiempo estándar de la estación son las siguientes:

- Tiempo cronometrado (T_c): promedio de realizar cuatro mediciones de tiempos.
- Tiempo normal (T_n): tiempo cronometrado * factor.
- Factor: 90% lento, 100% normal, 110% rápido. El factor depende del tipo de trabajadores; en el caso de la estación de ensamble de colchón, el factor es del 100%, debido a su agilidad.
- Tiempo estándar (T_s): $T_n * (1 + \text{Porcentaje de tolerancia})$
- Porcentaje de tolerancia: 15 % considerando demoras inevitables, fatiga y holguras.

Los datos obtenidos después de realizar los cálculos se presentan en la tabla I.

Tabla I. Tiempo cronometrado y su estandarización

ACTIVIDAD	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Tc (segundos)
COLOCAR MANTILLON	96	97	106	100
ENSAMBLAR PARTE SUPERIOR	165	138	139	147
ENSAMBLAR PARTE INFERIOR	187	162	160	170
COLOCAR BORDE	63	70	77	70
TOTALES	511	467	482	487

Tc = 487 s/ colchón

Tn = 487 * 100%

Tn = 487 min

Ts = 487 * (1+0.15)

Ts = 561 s/ colchón

2.2.2 Movimientos básicos

Los movimientos que resultan ineficientes son los relacionados con el manejo de los materiales que deben realizar los ensambladores y provocan pérdidas de tiempo. Es necesario considerar el principio de la economía de movimientos para buscar la forma de reducir o eliminar dichos movimientos.

Los movimientos ineficientes son los siguientes:

- a) Buscar los materiales fuera de su área de trabajo.
- b) Seleccionar materiales de acuerdo con el producto.
- c) Mover los materiales a su área de trabajo.
- d) Alcanzar materiales que se encuentran en el piso.
- e) Sostener el material para trasladarlo a su área de trabajo.
- f) Tomar materiales que se encuentran en el piso.
- g) Trasladar los materiales desde el piso hasta su mesa de trabajo.

2.2.3 Tiempos de demora en la estación

Los tiempos de demora en la estación de ensamble de colchón se deben principalmente a las siguientes causas:

- a) Falta de alimentación de materiales.
- b) Mala distribución de los materiales.
- c) Tiempo perdido por los ensambladores al tener que moverse de su área de trabajo.
- d) Movimientos ineficientes.

2.3 Descripción de los materiales en la estación de trabajo

Los materiales utilizados para ensamblar la estructura del colchón se dividen de acuerdo con la parte de la estructura del colchón que formarán y son los siguientes:

- a) Capa enguatada: se compone de diferentes tejidos y mezclas de finas fibras en diferentes colores. Diseños de multienguatado que proporcionan un acolchado, plancha de esponja lisa que proporciona el enguatado y una fibra antideslizante que evita movimientos en la capa.
- b) Soportes: plancha de esponja lisa de alta densidad y plancha de esponja corrugada con tres zonas de alto relieve.
- c) Sistema de resortaje: resortes de acero con alto contenido de carbono que proporciona mayor dureza y menor deformación del resorte; este sistema forma una estructura conocida como carcaza.
- d) Mantillón engomado: fieltro que aísla los resortes proporcionando una superficie firme y uniforme.
- e) Borde de tela enguatado.
- f) Refuerzos de esponja en las esquinas de la carcaza.

2.3.1 Breve descripción del producto

Una de las necesidades del hombre es el dormir; en su afán de bienestar se ha preocupado por tener un medio para dormir, pero esta necesidad se transforma actualmente en la búsqueda de un medio para dormir, descansar y además tener confort, cuidar la salud. La cama está formada por una estructura de colchón y una estructura de madera que se conoce como base firme. Los materiales que forman el colchón se describieron en la sección anterior; los materiales de la base firme son los siguientes:

- a) Base sólida de madera, secada al horno para tener una mayor durabilidad, brinda el soporte al colchón.
- b) Patas plásticas desmontables, cónicas para mejor soporte.
- c) Protectores plásticos que brindan protección a la base.
- d) Doble refuerzo de esponja en las esquinas de la base.

2.3.2 Materiales en proceso

Los materiales en proceso utilizados se describieron en la sección anterior; la carcaza se traslada desde el departamento de alambre.

La capa enguatada se traslada del departamento de revestido, la esponja se traslada desde el departamento de esponja y el mantillón se traslada desde bodega.

El borde se traslada de la estación de bordes, la cual pertenece al departamento de colchones.

2.3.3 Manejo de materiales

El manejo de materiales, que se realiza en la estación, no considera los principios básicos del manejo de materiales.

Se utiliza un elevador para trasladar la carcaza de la estación de alambre hacia la estación de ensamble, pero para alimentar a los ensambladores no se utilizan dispositivos mecánicos; los comodines amarran varias carcazas con un pedazo de tela y las jalan por el piso, y cuando es ineficiente la alimentación, los ensambladores cargan cada carcaza con su propia fuerza física.

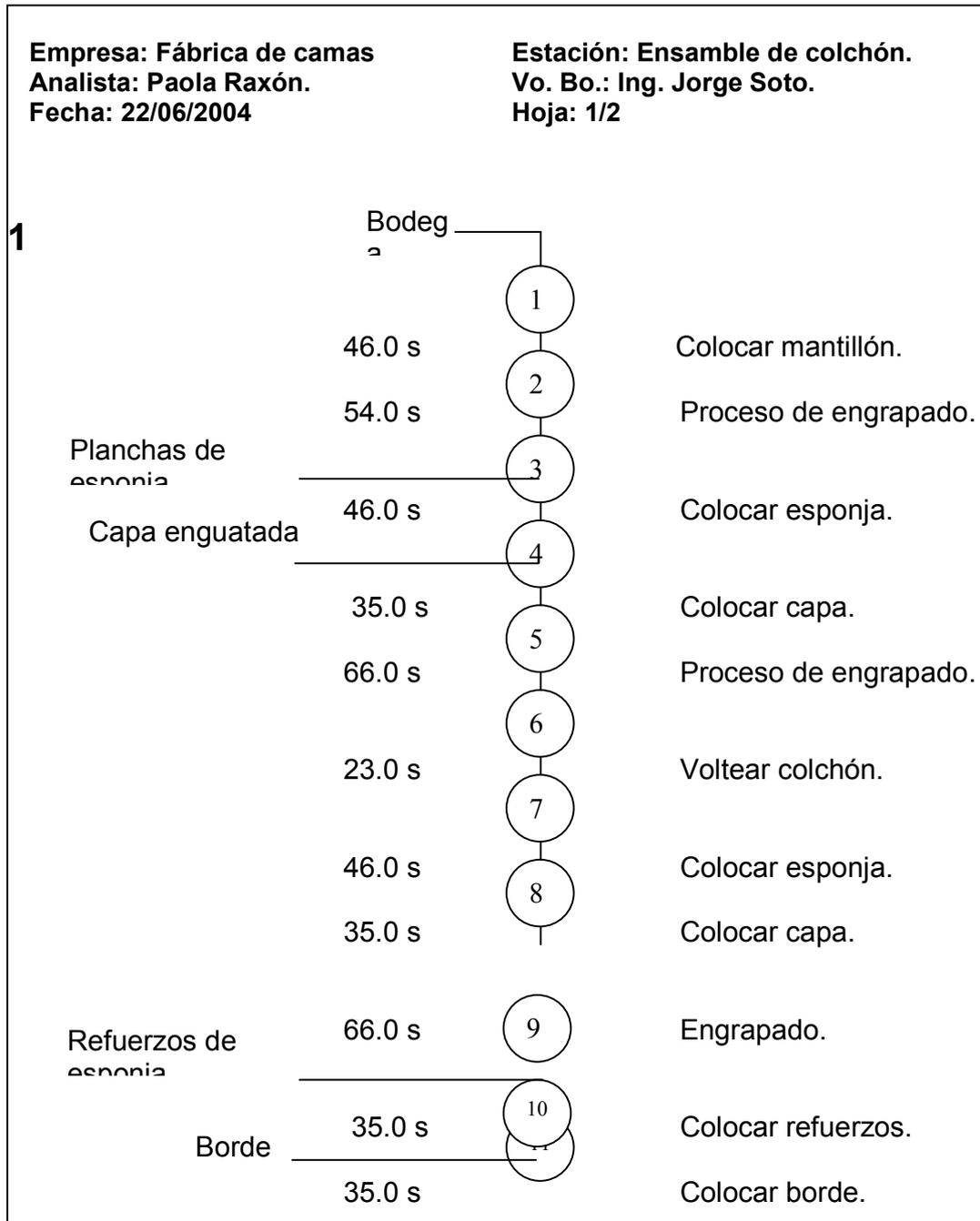
El espacio físico con que se cuenta no es bien aprovechado, los materiales se encuentran apilados en el piso. En determinado momento es necesario pasar sobre dichos materiales para poder salir del área de trabajo. Y este movimiento provoca fatiga en los ensambladores, disminuyendo el ritmo de producción. Los soportes que se colocan en las esquinas de la carcaza se encuentran en el piso atrás de las mesas de trabajo, lo cual es una pérdida de tiempo y además es un movimiento ineficiente.

La seguridad industrial no se toma en cuenta, ya que el material obstruye el paso de los ensambladores. Aunque cuentan con el equipo de protección personal para cargar las carcazas, los ensambladores no lo utilizan. Carecen de mascarillas para protegerse del polvo proveniente del mantillón.

2.4 Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones se muestra en la figura 3.

Figura 3. Diagrama de operaciones actual



1.1.1 Figura 3. Diagrama de operaciones actual

Empresa: Fábrica de camas	Estación: Ensamble de colchón.
Analista: Paola Raxón.	Vo. Bo.: Ing. Jorge Soto.
Fecha: 22/06/2004	Hoja: 2/2

RESUMEN:

Símbolo	Actividad	# de act.	Tiempo
○	Operación	11	487 s (8.12 min)
□	Inspección	0	0
	Totales:	11	487s (8.12 min)

2.5 Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido de la estación se muestra en la figura 4.

2.6 Datos de producción

La producción se planifica diariamente, de acuerdo con los diferentes modelos de camas, pero existen en los archivos datos correspondientes al mismo pedido que debe reprogramarse para el siguiente día, lo cual muestra que la estación no logra cumplir con la meta del día.

El colchón tamaño matrimonial constituye aproximadamente un 62% de la producción mensual; por esta razón el análisis de tiempos y de eficiencia se elaborará con base en dicho tamaño.

2.6.1 Tiempos actuales de producción

La jornada de trabajo de los ensambladores y comodines es la diurna ordinaria la cual consiste en ocho horas de trabajo de lunes a viernes y cuatro horas los días sábado.

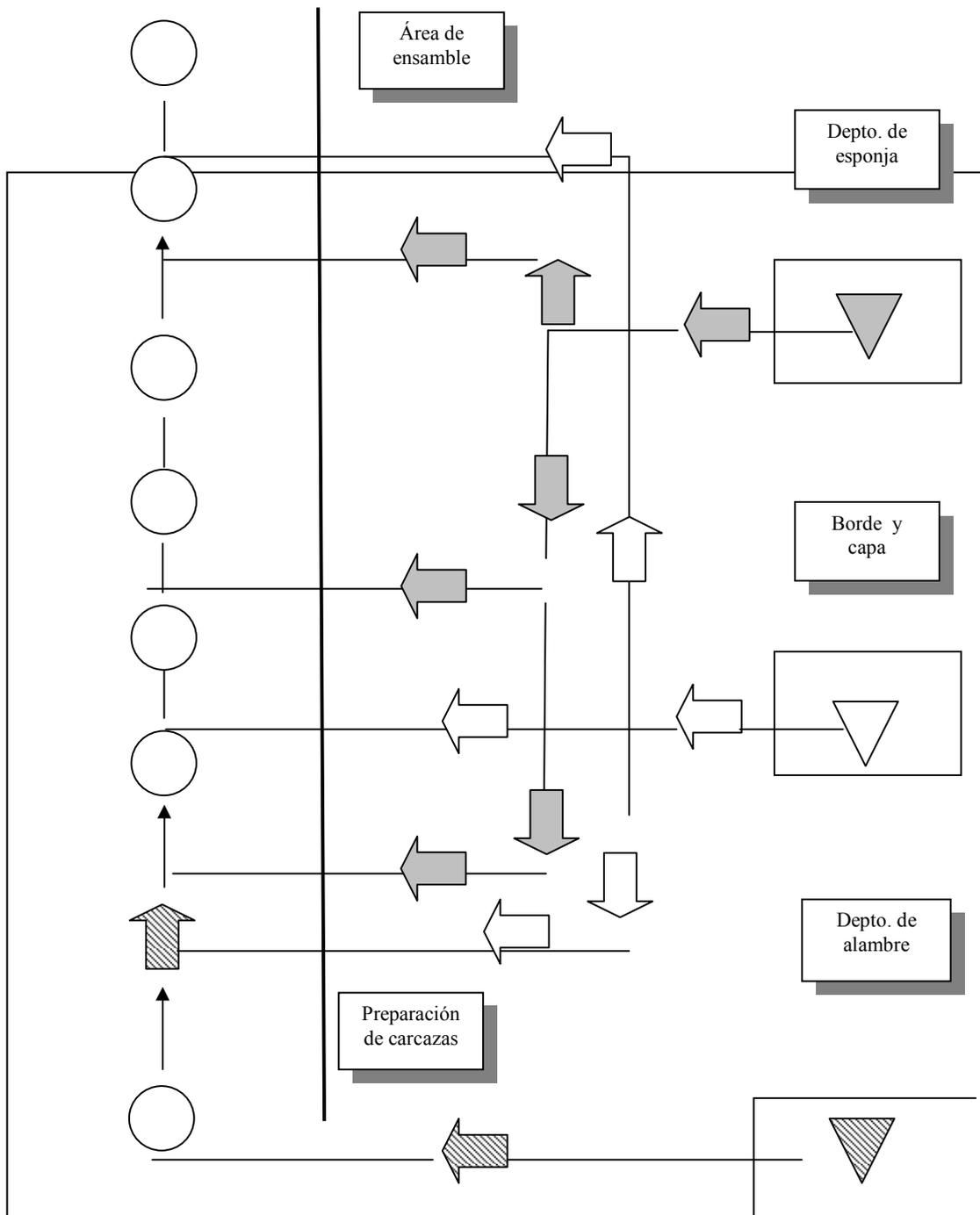
El tiempo efectivo de trabajo mensual es de 176 horas y para el tamaño matrimonial es de 109 horas mensuales.

Durante la época alta de ventas, se ven en la necesidad de trabajar horas extraordinarias. Respetando lo establecido por el Código de Trabajo la jornada laboral no se extiende más de doce horas al día, según los archivos de producción.

Figura 4. Diagrama de recorrido

Empresa: Fábrica de camas.
Analista: Paola Raxón.
Fecha: 22/06/2004.

Estación: Ensamble de colchón.
Vo. Bo.: Ing. Jorge Soto.
Hoja: 1 / 1



2.6.2 Eficiencia de la estación

La eficiencia de la estación se calcula con base en el cumplimiento de las metas de producción mensuales. Se realiza una aproximación tomando en cuenta los datos obtenidos el mes de enero del año 2004 al mes de mayo del mismo año, las cuales demuestran que la estación posee actualmente una eficiencia del 85%.

2.6.3 Análisis de paros

Los paros se dan cuando los materiales no se entregan a tiempo y uno o varios ensambladores no pueden seguir trabajando. Los materiales que dan mayor problema de alimentación son la esponja y el borde. Este último muchas veces debe ser colocado en la siguiente estación.

También ocurren paros por falta de control de los operarios ya que aprovechan el tener que moverse de su área de trabajo para descansar.

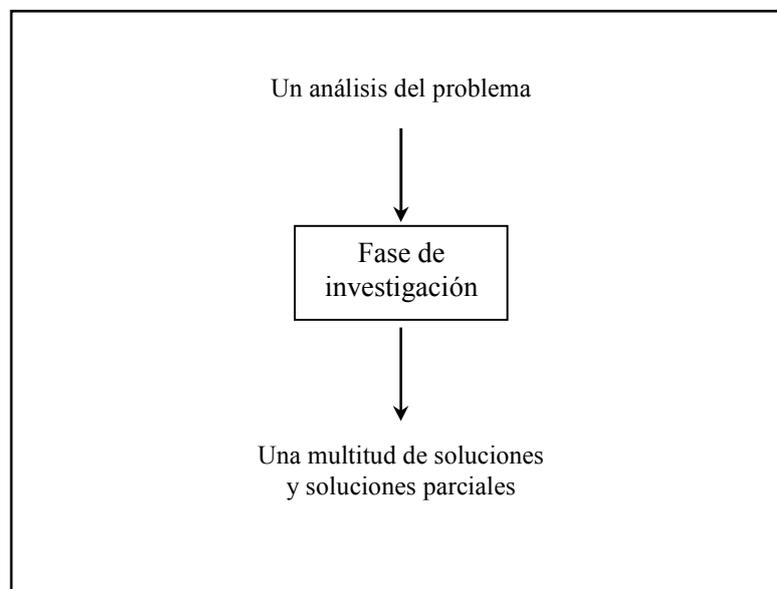
3. PROPUESTA

3.1 Descripción del diseño

Por medio del análisis de la estación fue posible identificar la necesidad de cambiar el sistema de manejo y ubicación de los materiales. Por medio del proceso del diseño se planteó el problema.

Un análisis del problema y una fase de investigación posterior dieron como resultado una serie de posibles soluciones. El esquema y resumen de este proceso se muestra en la figura 5.

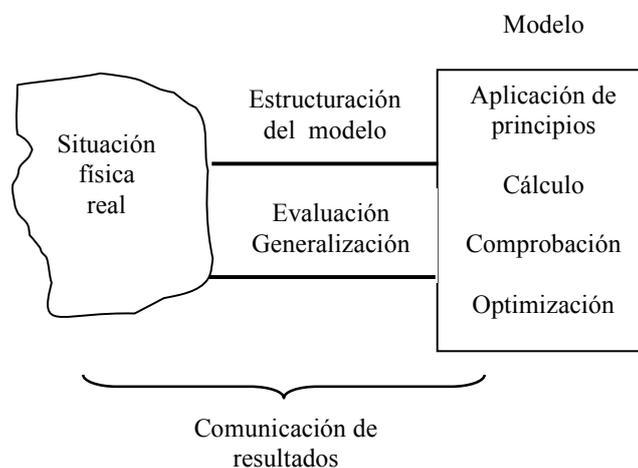
Figura 5. Búsqueda de soluciones



Fuente: Kirck E., **Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería**. Pág. 141

“El siguiente paso consiste en la elección de la solución que se considera más adecuada y realizar una estructuración del modelo”.⁷ La estación necesita utilizar alguno de los diferentes tipos de equipos para el transporte y movimiento continuo utilizados en la industria, pero se propone la construcción de un transportador de rodillos inteligente, automatizando el manejo de materiales (ver figura 6).

Figura 6. Esquema del proceso de análisis



Fuente: Dixon John, **Diseño en ingeniería inventiva, análisis y toma de decisiones**. Pág. 115

La estructuración del modelo se dividió en dos partes: una parte analítica y otra experimental. La parte analítica consiste en la aplicación de principios de ingeniería para definir el funcionamiento y los elementos necesarios para la construcción del mecanismo. La parte experimental consiste en una simulación del mecanismo para la recolección de datos.

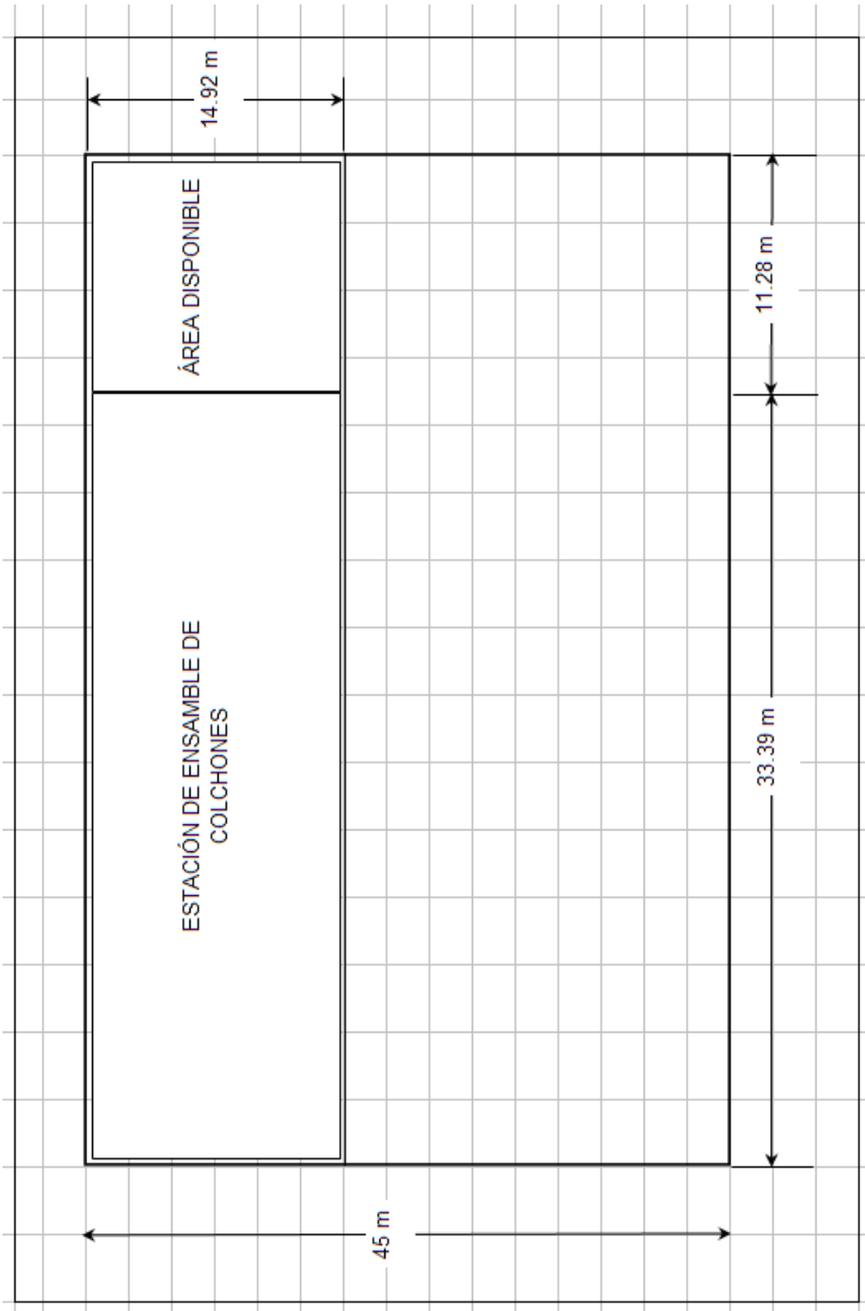
3.2 Especificaciones

El mecanismo consiste en un transportador de rodillos, diseñado de acuerdo con las necesidades de la estación, una estructura metálica sobre la cual descansarán los demás componentes y los rodillos que proporcionarán el movimiento a los materiales y que deben ser anclados en la estructura. El movimiento de arrastre sobre los rodillos será transmitido por una banda, la cual obtendrá potencia de una cadena y sproket impulsados por motor. Para que el transportador sea inteligente o automatizado se empleará un sistema de control formado por varios dispositivos electrónicos. En el mercado se encuentran diseños de transportadores de rodillos, pero no se adaptan a las necesidades de la estación.

3.2.1 Espacio físico disponible

La estación se encuentra ubicada en un área de 14.92 metros de ancho por 33.39 metros de largo. Además se cuenta con un área que la industria no utiliza, de 14.92 metros de ancho y 11.28 metros de largo y que está próxima a la estación (ver figura 7).

Figura 7. Espacio disponible



3.2.2 Materiales para estructura

“El primer paso al diseñar es establecer los materiales más apropiados, para construir de acuerdo con las necesidades, capacidad y costos”.⁸

El diseño del transportador incluye una estructura de metal que soportará el peso del mecanismo como un todo y los materiales en proceso.

La estructura debe construirse de un material que tenga buenas propiedades de resistencia, ya que su función principal es la de soportar carga, sin olvidar que el costo es un factor importante. El material más utilizado es el acero y de acuerdo con los límites de esfuerzos establecidos por la ASTM (por sus siglas en inglés Sociedad Americana de Pruebas y Materiales). Para que el elemento no falle aun en condiciones severas, el acero al carbono número ASTM 36 es el adecuado.

3.2.3 Dimensiones del transportador

Considerando el espacio físico disponible, el mecanismo transportador se diseña en tres tramos diferentes con diferentes medidas de largo y el mismo ancho.

El tramo más largo se subdivide a su vez en doce secciones de 3 metros de largo, que corresponde al área de trabajo de cada ensamblador. Se propone un aumento de 4 ensambladores (ver figura 8).

Figura 8. Dimensiones del mecanismo

3.2.4 Tipo de banda transportadora

El mecanismo necesita de un dispositivo que permita realizar el movimiento de arrastre de los rodillos, por tal razón se empleará una banda transportadora. El diseño de una banda o correa implica la selección del tipo de banda de acuerdo con el servicio. “Para formar un sistema transportador se utilizan bandas planas en movimiento de lado a lado. Estas bandas se adquieren en el mercado por rollo, pueden cortarse a la medida y sujetarse”.⁹

Las principales ventajas de utilizar bandas planas son las siguientes:

- a) Silenciosas.
- b) Eficientes para trabajar a altas velocidades.
- c) Transmiten potencias a grandes distancias.
- d) Económicas.
- e) Fáciles de instalar.
- f) Requieren poco mantenimiento.

3.2.5 Cantidad de motores

Para la transmisión de potencia, se necesitan motores que den el impulso a los elementos. Dado que el mecanismo involucra la automatización debe tener un sistema eléctrico para habilitar las funciones deseadas, y el motor eléctrico es el más apropiado.

Se necesita un motor para controlar los tres tramos que conforman el mecanismo, también debe colocarse un motor para cada una de las paradas de los doce ensambladores. En total se emplearán 15 motores para el mecanismo.

3.2.6 Dispositivos de mando a distancia

Los dispositivos en conjunto forma un sistema de control, el cual cumple con el objetivo establecido y soluciona el problema de manejo y disposición de los materiales. Es muy importante ya que el sistema controlará los motorreductores.

Entre los dispositivos electrónicos que forman el sistema de control se encuentran un PLC, contactores y microswitch. Es importante destacar que en el mercado pueden encontrarse una gran cantidad de dispositivos electrónicos, pero la elección del PLC como control principal del sistema se debe a las ventajas mencionadas en el capítulo 1.

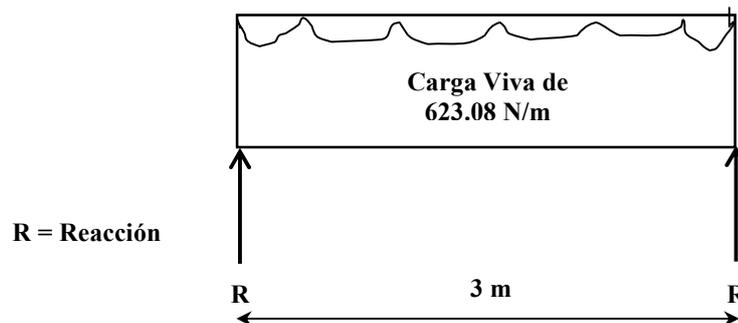
3.3 Datos técnicos de ingeniería

3.3.1 Carga a soportar

“De acuerdo con el código AISC (por sus siglas en inglés Instituto Americano de Construcción con Acero), la determinación de las cargas es el primer paso para calcular los esfuerzos”.¹⁰ Al diseñar la estructura se trabaja con tramos de tres metros para determinar tanto las cargas vivas como las cargas muertas. En primer lugar se realiza un análisis con las cargas vivas y luego se repite el análisis incluyendo también las cargas muertas que soportará la estructura.

El peso de las carcazas y los materiales constituyen la carga viva, se asume de 623.08 Newton por metro. Las fuerzas de reacción R que soportan la carga viva se presentan en la figura 9.

Figura 9. Fuerzas de reacción



La carga muerta es el peso de la estructura, que es de 65.66 Newton por metro; los cálculos para obtener dicha carga se encuentran en el apéndice.

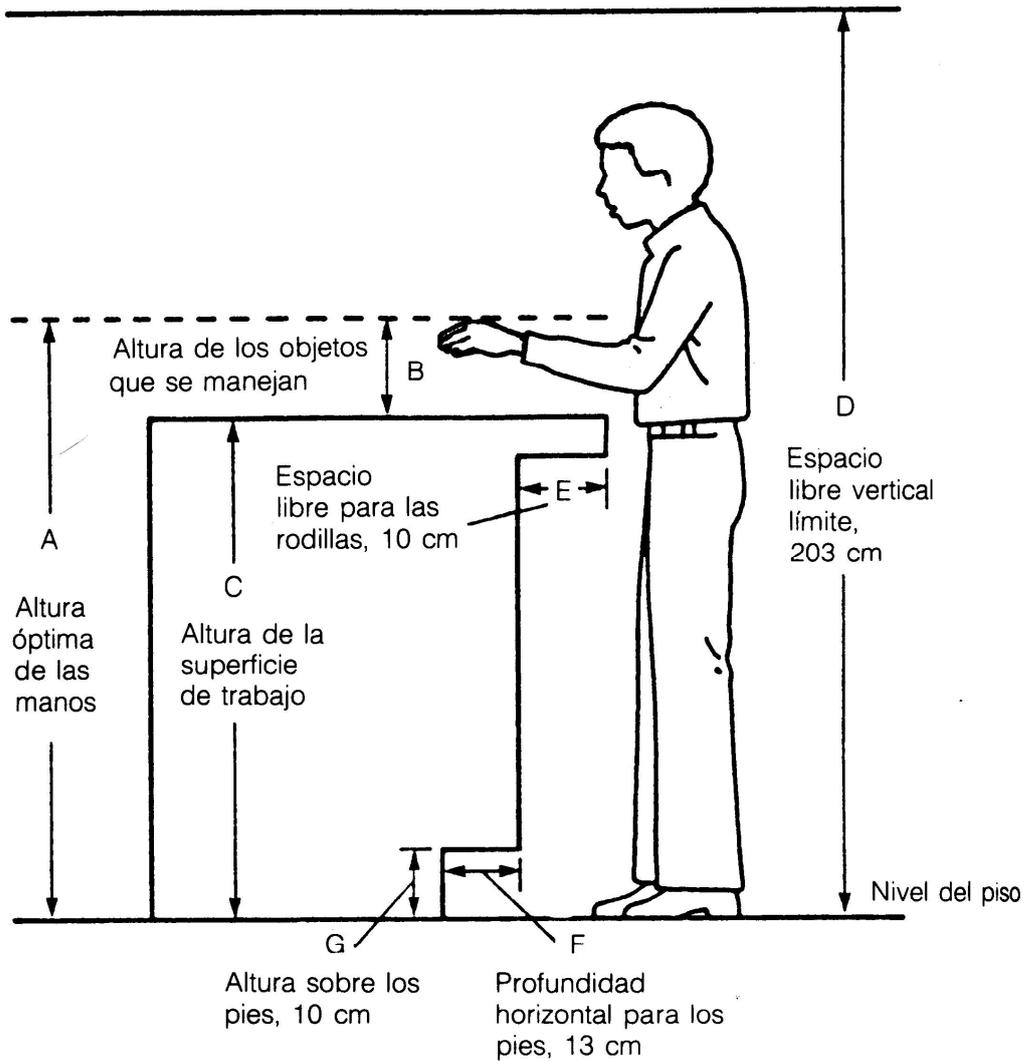
3.3.2 Dimensiones de la estructura

El ancho y largo de la estructura varía para cada uno de los tramos establecidos previamente en las dimensiones del transportador.

La altura de los tramos es de 0.97 metros, la cual se determina de acuerdo con las siguientes condiciones (ver figura 10):

- a) Dimensiones del lugar de trabajo.
- b) El ensamblador permanece de pie durante la jornada de trabajo.
- c) Disposición de las herramientas.
- d) Peso de los materiales de ensamble.

Figura 10. Dimensiones recomendadas

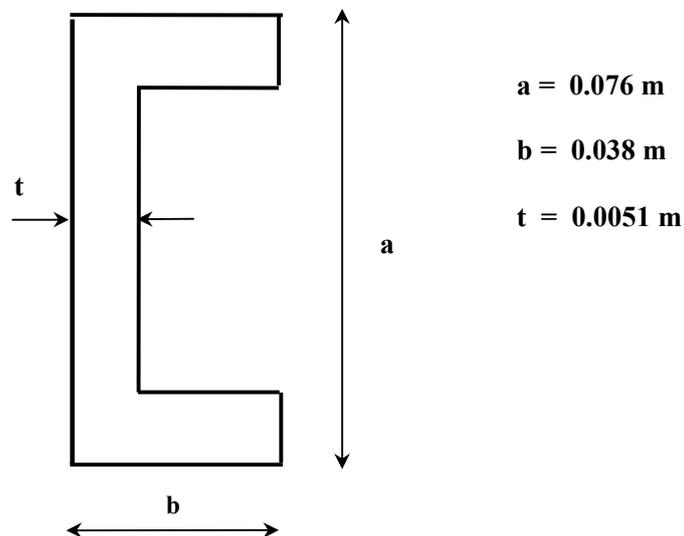


Vista lateral

Fuente: Benjamín Niebel, **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos**. Pág. 192

Es necesario establecer los límites para que el elemento no falle en condiciones severas de servicio; debe calcularse un perfil que pueda soportar las cargas sin sufrir una deformación. Los valores obtenidos se presentan en la figura 11. Los cálculos necesarios para el diseño del perfil se presentan en el apéndice C.

Figura 11. Dimensiones del perfil



3.3.3 Tamaño de banda

El largo de la banda lo determina el mecanismo y cada uno de los tramos; el valor es de 114 metros. De acuerdo con el servicio, costo y propiedades de los materiales para bandas que ofrece el mercado, se eligen las características de banda plana que se muestran en la tabla II.

Tabla II. Características de la banda

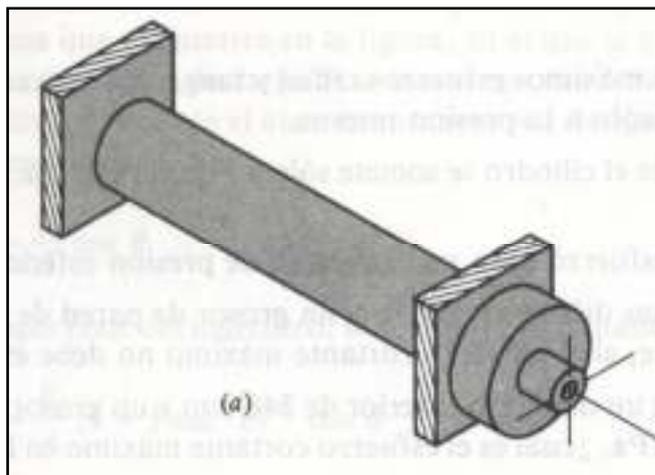
Material	Especificación	Espesor	Coefficiente de fricción
Hule y lona	4 capas	0.1016 m	0.06*

* Lubricación con grasa

3.3.4 Rodillos de tracción

La función principal del rodillo, como su nombre lo indica, es facilitar el movimiento de tracción o tensión del transportador, es decir que dicho rodillo será el propulsor de la banda (ver figura 12).

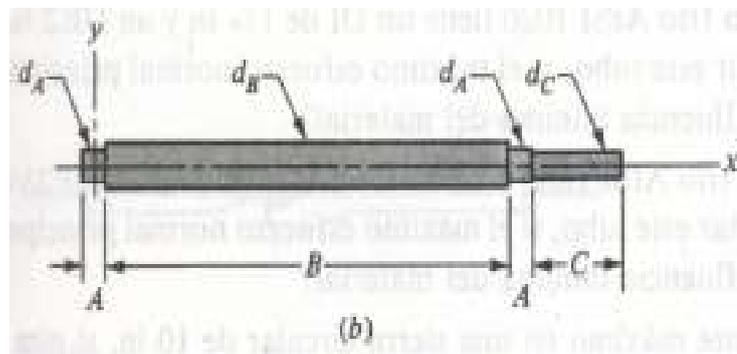
Figura 12. Rodillo de tracción



Fuente: Shigley Edward, **Diseño en ingeniería mecánica.**

El rodillo consiste en un eje macizo de 1.25 metros de longitud con una holgura de 0.125 metros en cada lado para el montaje, para una longitud total de 1.5 metros. En el mercado son comúnmente utilizados rodillos de banda transportadora con diámetro de 0.12 metros y un diámetro de eje de 0.06 metros (ver figura 13).

Figura 13. Dimensiones del rodillo de tracción



d_A = diámetro de chumacera

A = longitud de chumacera

d_B = 0.12 m

B = 1.25 m

d_C = 0.06m

Fuente: Shigley Edward, **Diseño en ingeniería mecánica.**

Pág. 93

El montaje en la estructura se realizará por medio de chumaceras de 0.10 metros de diámetro para eje de 0.06 metros (ver figura 14).

Figura 14. Chumacera



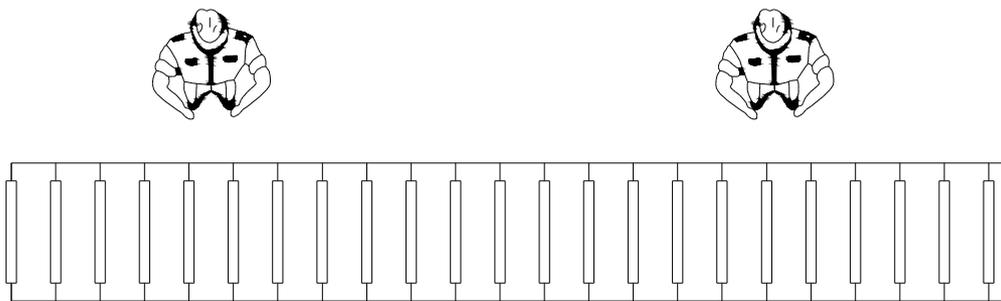
Fuente: www.prosain.com, agosto 2004

3.3.5 Rodillos de transporte

El transportador utiliza rodillos de transporte cuya función consiste en el movimiento de arrastre de los materiales. El largo de los rodillos es de 1.5 metros y el diámetro de 0.05 metros. Para un buen soporte de los materiales, el montaje de los rodillos será de 4 rodillos por metro (ver figura 15).

La transmisión de fuerza a los rodillos de transporte por medio de bandas presenta problemas de rendimiento, para garantizar que los rodillos de transporte trabajen con un movimiento continuo; además de la banda transportadora, se empleará una cadena y un *sproket* para la transmisión de potencia.

Figura 15. Rodillos de transporte



3.3.6 Tipo de motores

Los motorreductores son apropiados para accionar cualquier tipo de máquina que debe reducir su velocidad en forma eficiente y segura. Los beneficios de utilizar este tipo de motor eléctrico para el diseño del transportador son los siguientes (ver figura 16):

- a) Regularidad en velocidad y en potencia.
- b) Mayor eficiencia.
- c) Mayor seguridad.
- d) Bajo costo de mantenimiento.
- e) Menor espacio requerido.

Figura 16. Motorreductor



Fuente: www.prosain.com, agosto 2004

Para seleccionar de manera adecuada un motorreductor debe contarse con la siguiente información:

- a) Potencia.
- b) Torque.
- c) Velocidad.

Las características del motorreductor se presentan en la tabla III; los cálculos para obtener dichos datos se presentan en el apéndice D.

Tabla III. Características del motorreductor

Especificación	Ejecución	Potencia	Velocidad
Trifásico	Eje a 90 grados	0.5 Hp	0.000339 m/s

En la sección anterior se estableció que se empleará una cadena y un *sproket*. Los cálculos para determinar el tipo de cadena de acuerdo con la clase de servicio se presenta en el apéndice E. Los datos obtenidos se presentan en la tabla IV.

Tabla IV. Características de la cadena

Especificación	Longitud	Paso	Lubricación
Número 40	96.52 metros	1.27 metros	Manual

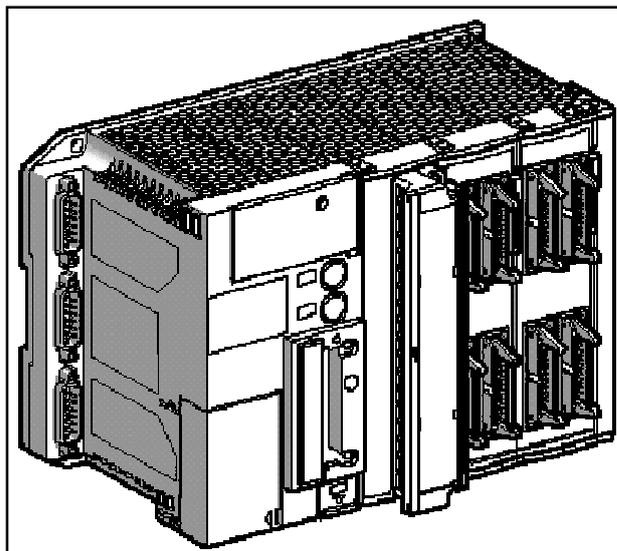
3.3.7 PLC y contactores

En el mercado se encuentran diferentes marcas y modelos de PLC, entre los que se pueden mencionar: ABB, Allen Bradley, Siemens. Independiente de la marca, se establece una especificación de catorce entradas y catorce salidas a relé (ver figura 17).

El ciclo operativo del PLC es el siguiente:

- a) Escáner de entradas: examina los dispositivos de entrada para verificar si tienen el voltaje adecuado. Almacena un archivo en la memoria.
- b) Escáner del programa: escanea las instrucciones del programa y determina si debe ser activada una salida, de acuerdo con el archivo de entrada que se almacena temporalmente en la memoria.
- c) Escáner de salida: activa o desactiva los circuitos de salida, controlando los dispositivos externos.

Figura 17. PLC



Fuente: www.el-prisma.com, agosto 2004

Considerando que el personal involucrado en la automatización tiene el conocimiento de programar autómatas en Lenguaje a contactos LD o KOP, dicho lenguaje se utilizará para la automatización del mecanismo. Debe mencionarse que el Lenguaje a contactos se asemeja a condiciones puramente eléctricas, es gráfico, puede implementarse una programación en forma de planos de escalera y la mayoría de autómatas o PLC pueden programarse con dicho lenguaje.

Los contactores que forman el sistema de control son los siguientes:

- a) Tipo bobina de 220 V de tres fases para motor de 0.5 Hp.
- b) Tipo auxiliar de 2N o 2NC.
- c) Selector de dos posiciones 1NC, 1NO.
- d) Protector térmico de 3 Amperios.
- e) Microswitch de palanca de rodillo alargable.

3.4 Distribución de la estación del método propuesto

La distribución de la estación se muestra en la figura 18.

3.5 Diagrama de operaciones del método propuesto

El diagrama de operaciones se muestra en la figura 19.

3.6 Diagrama de recorrido del método propuesto

El diagrama de recorrido de la estación se muestra en la figura 20.

Figura 18. Propuesta de la distribución

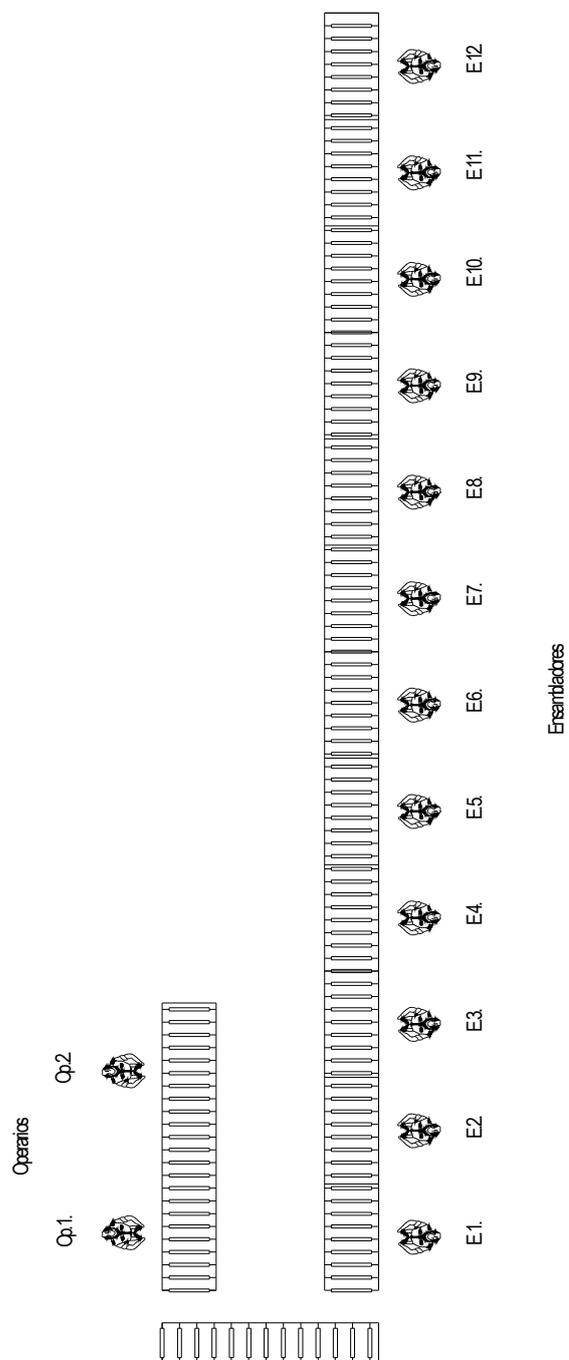


Figura 19. Propuesta del diagrama de operaciones

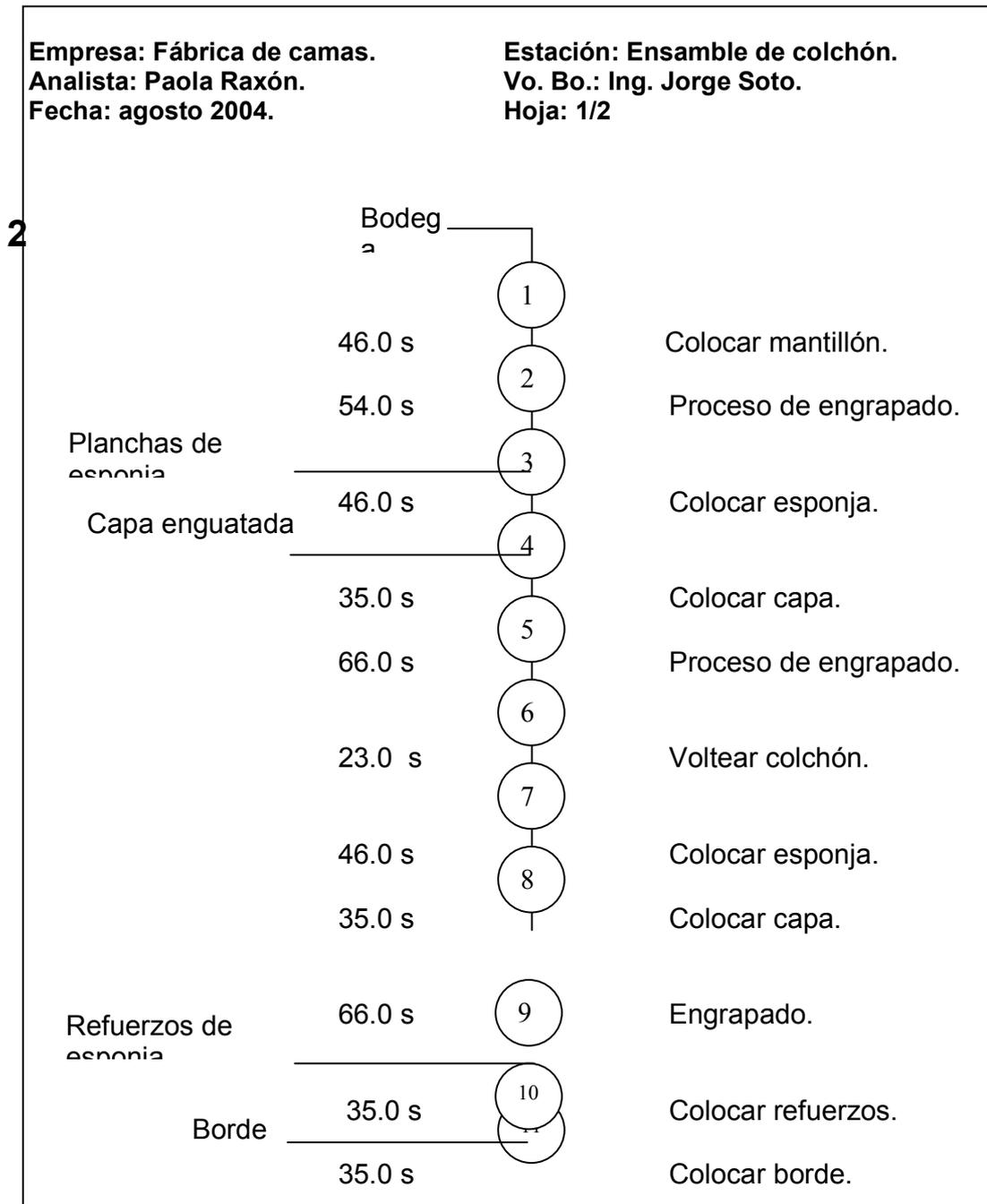


Figura 19. Propuesta del diagrama de operaciones

**Empresa: Fábrica de camas.
Analista: Paola Raxón.
Fecha: agosto 2004.**

**Estación: Ensamble de colchón.
Vo. Bo.: Ing. Jorge Soto.
Hoja: 2/2**

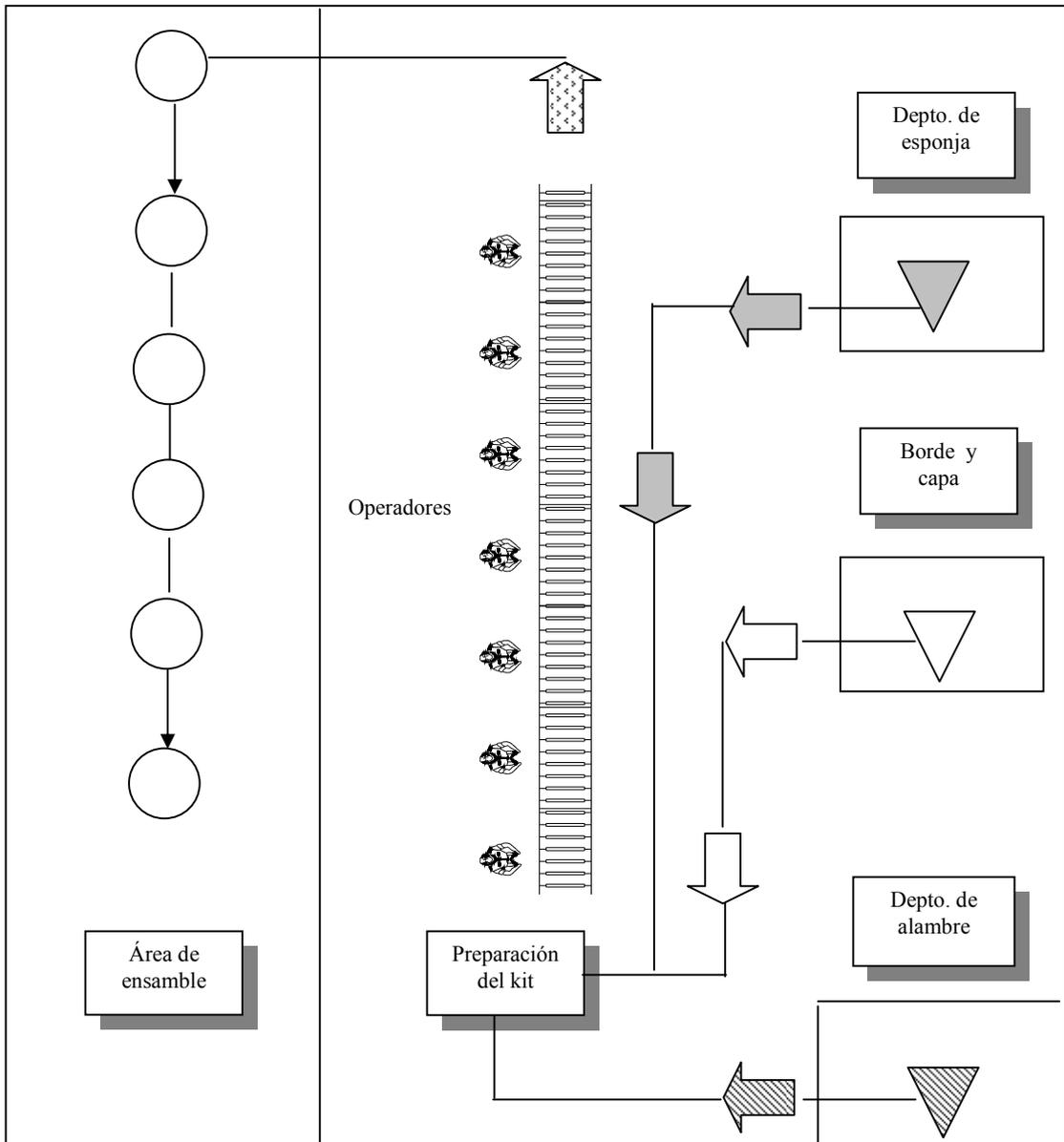
RESUMEN:

Símbolo	Actividad	# de act.	Tiempo
○	Operación	11	487 s (8.12 min)
□	Inspección	0	o
	Totales:	11	487s (8.12 min)

Figura 20. Propuesta del diagrama de recorrido

Empresa: Fábrica de camas.
Analista: Paola Raxón.
Fecha: septiembre 2004.

Estación: Ensamble de colchón.
Vo. Bo.: Ing. Jorge Soto.
Hoja: 1 / 1



3.7 Comparación de la productividad

La estructuración del modelo incluye una parte de simulación para la obtención de datos. Por limitaciones de tiempo y de autorización de la industria, la simulación se realizó con un operario de calificación promedio, durante un día de trabajo.

Dicha simulación se llevo a cabo de la siguiente manera:

- a) Un encargado de suministrar materiales preparaba un *kit*.
- b) El *kit* consiste en arreglar los materiales en una mesa de acuerdo con el orden del ensamble, carcaza, mantillón, esponja, capa y borde.
- c) La mesa no era de la altura adecuada, pero se colocó a la distancia de las herramientas y de la mesa de trabajo, tal y como si se tratara del transportador.
- d) No se encontraban materiales apilados en el suelo y se limpió el área de trabajo.

Durante las primeras dos horas de la jornada fue evidente la resistencia al cambio por parte del ensamblador involucrado, así como del resto de los ensambladores. El escepticismo llegó a contagiar incluso al encargado de la producción. A pesar de la forma empírica de la simulación, los beneficios que se esperaban eran notorios cuando el ensamblador mostraba un mejor ritmo que el resto y un menor cansancio. Debe tomarse en cuenta el tiempo perdido por la resistencia. Aunque fue pequeño el porcentaje disminuido en el tiempo, es significativo ya que la implantación de un nuevo método trae consigo al inicio un aumento en los tiempos de las operaciones.

3.8 Comparación de tiempos y ahorro de horas mensuales

Los datos de horas hombre actuales se recopilan en los archivos de producción, y las horas hombre con el mecanismo semiautomatizado se predicen con los datos obtenidos en la simulación. Se estima un ahorro del 5% de horas mensuales en la operación actual utilizando el mecanismo, los datos se presentan en la tabla V.

Tabla V. Beneficio en horas hombre

Producción 2004	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Producción de unidades	2338	2338	2338	2338	2338	2338
Horas de operación actual	97	97	97	97	97	97
Horas de operación equipo auto	92.15	92.15	92.15	92.15	92.15	92.15
Horas de ahorro	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85	4.85
Producción 2004	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Producción de unidades	2338	2338	2338	2338	2338	2338
Horas de operación actual	97	97	97	97	126	126
Horas de operación equipo auto	92.15	92.15	92.15	92.15	92.15	92.15
Horas de ahorro	4.85	4.85	4.85	4.85	33.85	33.85

3.9 Análisis de costos

Es muy importante demostrar si el diseño es viable para su implementación mediante el punto de vista económico. Con una disminución del 5% de horas hombre, se predice un aumento en la cantidad de colchones ensamblados, asignando dicho porcentaje de tiempo para cumplir la cuota de producción.

3.9.1 Costo de inversión

El costo de inversión del proyecto no incluye costo de mano de obra para la construcción del mecanismo porque la industria cuenta con personal capacitado. El presupuesto de materiales se presenta en la tabla VI.

Tabla VI. Presupuesto de materiales

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
1	PLC de 14 entradas y 14 salidas a relé	Q 4,512.00	Q 4,512.00
14	Microswitch de palanca de rodillo	Q 250.00	Q 3,500.00
14	Contactador tipo bobina trifásicos de 220 V	Q 210.00	Q 2,940.00
14	Contactador auxiliares 2N o 2NC	Q 220.00	Q 3,080.00
14	Selector de dos posiciones	Q 120.00	Q 1,680.00
14	Protector térmico de 3 amperios	Q 275.00	Q 3,850.00
14	Motorreductor trifásico de 0.5 Hp	Q 4,100.00	Q 57,400.00
1	Cableado para conexiones	Q 8,000.00	Q 8,000.00
14	Sproket 40 B16	Q 55.34	Q 774.76
50	Pie de cadena No. 40	Q 14.45	Q 722.50
114	Metros de banda plana, hule y lona	Q 93.36	Q 10,642.58
30	Rodillo de tracción	Q 2,500.00	Q 75,000.00
52	Chumacera cuadrada	Q 471.16	Q 24,500.32
56	Rodillo de transporte	Q 96.43	Q 5,400.00
1	Vigas y estructura de acero ASTM 36	Q 7,600.00	Q 7,600.00
1	Pintura de estructura	Q 500.00	Q 500.00
1	Tornillos de varios tamaños	Q 500.00	Q 500.00
	MATERIALES		Q 210,602.16
	Imprevistos del 10%		Q 21,060.22
	Total de inversión		Q 231,662.38

Fuente: Prosain, Abinsa, Componentes Industriales, Siemens, Incaprosa,
junio 2004.

3.9.2 Costo de operación

El costo de operación mensual es de Q 25,859.20 detallado a continuación:

a) Energía eléctrica	Q 832.40
b) Mano de obra	Q 25,026.80

3.9.3 Periodo de recuperación

El periodo de recuperación se refiere al tiempo necesario para el retorno de la inversión en el proyecto diseño de diseño del mecanismo.

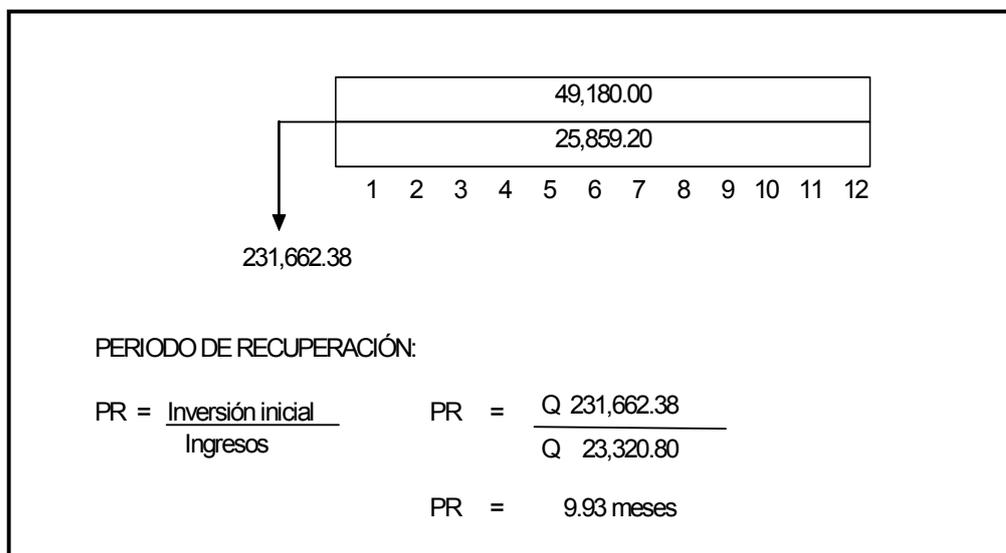
Se designa una utilidad por el aumento de la cantidad producida de colchones, la cual será de Q 2,420.00 mensuales. Este valor es el producto de la producción estimada de 121 colchones por la ganancia de Q 20.00. Los datos se presentan en la tabla VII.

Tabla VII. Datos del proyecto

Inversión inicial	Q 231,662.38
Gastos de operación	Q 25,859.20
Ingresos	Q 49,180.00
Número de periodos	12 meses

El diagrama de flujo del costo de oportunidad que se predice para el proyecto se muestra en la figura 21.

Figura 21. Diagrama de flujo de costo de oportunidad



Cualquier proyecto es evaluado antes de decidir si se justifica la inversión. El periodo de recuperación es de 10 meses, desde el punto de vista del costo de oportunidad.

3.9.4 Análisis costo beneficio

Otro análisis para evaluar el proyecto del mecanismo semiautomatizado es de costo beneficio, el cual indica qué cantidad de quetzales se obtiene de beneficios por cada quetzal que se invierte. Es decir, qué relación existe entre el costo y el beneficio.

Se emplean el diagrama de la figura 21 y los datos de la tabla VII.

Las formulaciones utilizadas para el cálculo de la relación costo beneficio son las siguientes:

- Inversión inicial del proyecto (I₀).
- Gastos de operación (G).
- Ingresos (I): valor que varía de acuerdo con cada periodo.
- Número de periodos (n): intervalo de tiempo para el análisis.
- Tasa de interés (i): la tasa que se desea obtener es el 15% anual teniendo 1.25% mensual. Dicha tasa supera el 7% anual que ofrecen los bancos.
- Sumatoria de ingresos:
$$\Sigma [I / (1+ i)^n]$$
- Sumatoria de gastos de operación:
$$\Sigma [G / (1+ i)^n]$$
- Renta que se obtendría al realizar la inversión inicial en un banco, a la tasa que opera del 0.5833% mensual.
- Relación costo beneficio (RCB): dividir la sumatoria de los ingresos entre la sumatoria de los gastos de operación.

$$RCB = \frac{\text{(Sumatoria de ingresos)}}{\text{(Sumatoria de gastos) + (Inversión inicial)}}$$

Los datos obtenidos después de realizar los cálculos se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. Relación costo beneficio

n	Ingresos	Gastos	Renta obtenida Banco
1	Q 48,572.84	Q 25,668.35	Q 1,351.36
2	Q 47,973.17	Q 25,351.46	Q 1,351.36
3	Q 47,380.91	Q 25,038.48	Q 1,351.36
4	Q 47,795.96	Q 24,729.36	Q 1,351.36
5	Q 46,218.24	Q 24,424.06	Q 1,351.36
6	Q 45,647.64	Q 24,122.53	Q 1,351.36
7	Q 45,084.09	Q 23,824.72	Q 1,351.36
8	Q 44,527.50	Q 23,530.59	Q 1,351.36
9	Q 43,977.77	Q 23,240.08	Q 1,351.36
10	Q 43,434.84	Q 22,953.17	Q 1,351.36
11	Q 42,898.60	Q 22,669.80	Q 1,351.36
12	Q 42,368.99	Q 22,389.92	Q 1,351.36
suma	Q 545,880.55	Q 143,077.02	Q 16,216.33

$$RCB = \frac{Q 545,880.55}{Q143,077.02 + Q 231,662.38}$$

$$RCB = 1.46$$

Al invertir un quetzal en el proyecto del mecanismo semiautomatizado, se reciben Q1.46 en beneficios en un periodo de doce meses. La renta obtenida en el banco por la inversión es el 2.97 % de los ingresos que se obtendrían con el proyecto.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Diagrama de Gantt para la propuesta

Para implementar el mecanismo deben programarse una serie de actividades que se muestran en la tabla IX. Las tareas específicas se describen en la tabla X, de la cual se obtiene el diagrama de Gantt de la figura 22.

Tabla IX. Actividades del proyecto

Actividad	Duración en días
Diseño del proyecto	18
Construcción de estructura	9
Elaboración de piezas	15
Acabados de estructura y montaje	6
Elaboración de piezas para montaje de motor	9
Colocación de banda	2
Colocación de los motorreductores	9
Cadena y <i>sproket</i>	2
Autómata PLC	8
Dispositivos electrónicos	5
Evaluación	3
Duración total	86

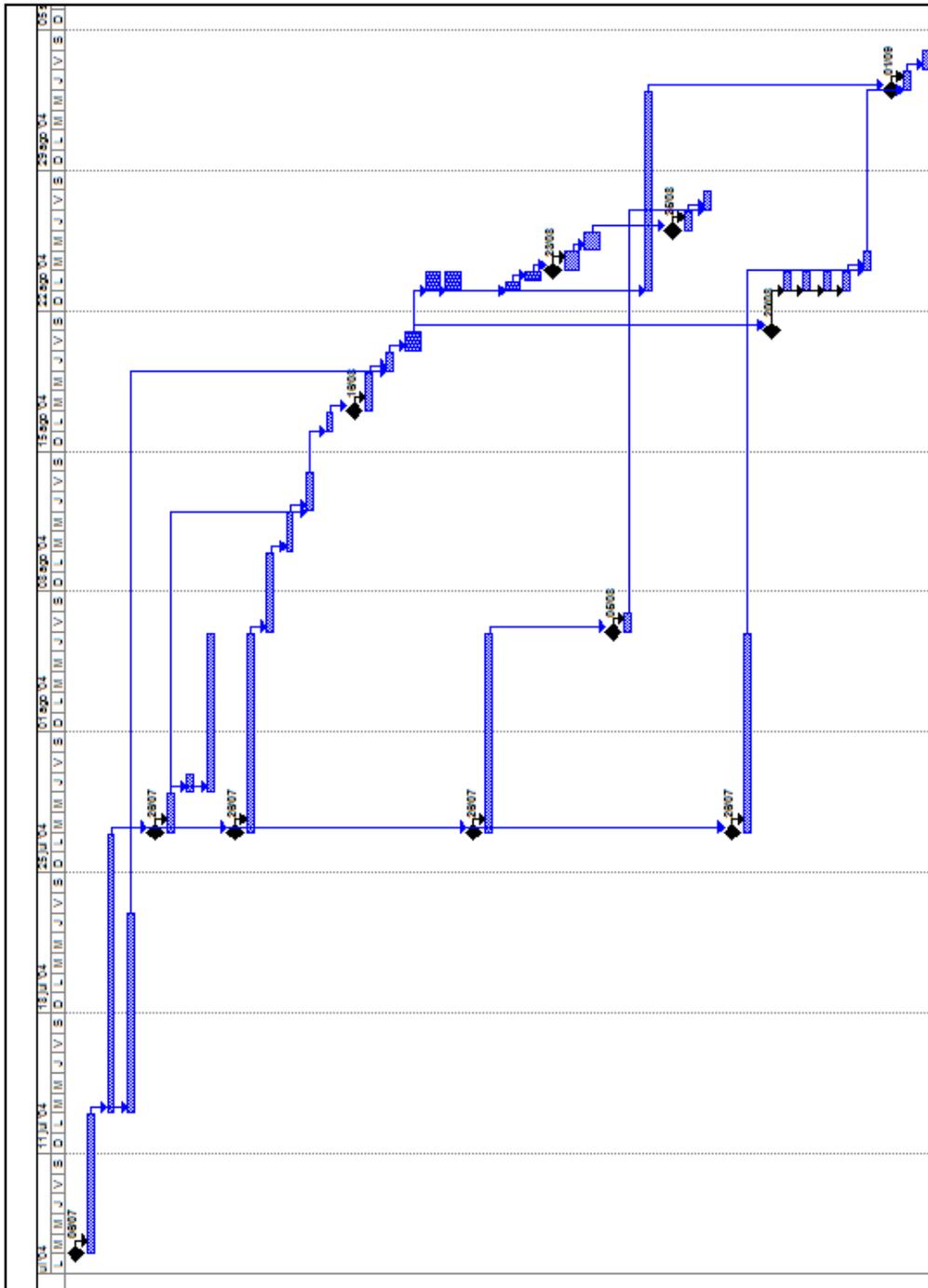
Tabla X. Tareas del proyecto

No.	Nombre de la tarea	Duración en días	Predecesora
1	Diseño del proyecto	actividad	
2	Presupuesto del diseño	5	1
3	Compra y entrega de materiales	10	2
4	Hacer rodillos de tracción	8	2
5	Construcción de estructura	actividad	3
6	Cortes de viga	2	5
7	Cortes para columnas	1	6
8	Perforaciones para rodillos	6	6
9	Elaborar piezas	actividad	3
10	Platinas para chumaceras	8	9
11	Platinas para columnas	2	10
12	Hacer perforaciones en columnas	2	11
13	Soldar platinas a columnas	2	6, 12
14	Perforar vigas para montaje	1	13
15	Acabados y montaje	actividad	14
16	Pintura de estructura	2	15
17	Montaje de rodillos	1	16, 4
18	Montaje de estructura	1	17
19	Montaje de rodillos de tracción	1	18
20	Hacer <i>breizas</i>	1	18
21	Elaborar piezas para montaje de motor	actividad	3
22	Hacer bases para motorreductores	8	21

Tabla X. Tareas del proyecto

No.	Nombre de la tarea	Duración en días	Predecesora
23	Alineación y nivelación	0.5	18
24	Anclaje	0.5	23
25	Colocar banda	1	24
26	Verificar tensión	1	25
27	Ajustes	1	26
28	Colocar los motorreductores	actividad	22
29	Montaje en bases	1	28
30	Sistema eléctrico	8	18, 29
31	Cadena y sproket	actividad	27
32	Perforar agujeros	1	31
33	Colocar cadena y sproket	1	29, 32
34	Autómata PLC	actividad	3
35	Programación	8	34
36	Dispositivos electrónicos	actividad	18
37	Montaje de contactores	1	36
38	Montaje de selector	1	36
39	Montaje de micro	1	36
40	Montaje del térmico	1	36
41	Montaje del PLC	1	35, 40
42	Evaluación	actividad	30
43	Pruebas del mecanismo	1	42, 41
44	Ajustes del mecanismo	2	43

Figura 22. Diagrama de Gantt



4.2 Guía para el mantenimiento del mecanismo

El mantenimiento es necesario para que el mecanismo sea confiable, opere en condiciones de seguridad, disminuya el tiempo muerto y el tiempo de paros y tenga una mayor vida útil.

El mantenimiento del programa de todas las actividades que deben realizarse a mediano y largo plazo, conducidas tienen la finalidad de que exista una uniformidad de carga en el trabajo del personal de mantenimiento y al mismo tiempo exista un menor costo de reparaciones. También se encarga de preparar los subsistemas como control de partes, control de lubricación y control del presupuesto de mantenimiento.

La industria de fabricación de camas tiene estandarizadas las actividades del departamento de mantenimiento, esto facilita la introducción de un programa de mantenimiento preventivo para el mecanismo.

4.2.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una inspección periódica para lograr una rápida detección y tratamiento de las anomalías del mecanismo antes de que causen defectos o pérdidas.

El mantenimiento preventivo consiste básicamente en la inspección periódica y en la restauración planeada, con base en los resultados de las inspecciones. La rutina de mantenimiento diario se considera como mantenimiento preventivo.

Las actividades que comprenden la rutina diaria son las siguientes:

- a) Limpiar el mecanismo al inicio y remover completamente el polvo del mecanismo y del área donde se ubica el mecanismo.
- b) Eliminar posibles fuentes de contaminación cercanas al mecanismo y al área de trabajo tales como alimentos.
- c) Inspeccionar visualmente en busca de cualquier anomalía o defecto en el mecanismo.

Para el motorreductor se recomiendan las siguientes actividades de mantenimiento preventivo:

- a) La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados.
- b) Debe mantenerse limpio el orificio de ventilación que se encuentra en el tapón de llenado.
- c) Respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencia y materiales constructivos.

Las actividades que se recomiendan para el buen funcionamiento del PLC son las siguientes:

- a) Temperatura ambiente para la operación desde cero hasta 55 grados centígrados.
- b) Condiciones de atmósfera libre de gases corrosivos, luz directa del sol, concentración de sales, partículas de hierro, químicos.
- c) Cuidar que no sufra impactos o vibraciones ya que pueden dañar su funcionamiento.

4.2.2 Lubricación

El control de la lubricación incrementa la eficacia del costo del mecanismo y eleva la productividad y reduce los costos de mantenimiento. El control es generalmente dividido en control de los materiales lubricantes y control de las técnicas usadas.

La lubricación de los elementos del motorreductor es la siguiente:

- a) Los engranajes y rodamientos están lubricados por inmersión o salpique del aceite alojado en la carcasa. Se debe revisar el nivel de aceite antes de poner en marcha el motorreductor.
- b) Para motorreductores nuevos se recomienda realizar un cambio de aceite después de las 200 horas iniciales de funcionamiento. Los cambios posteriores deben hacerse entre las 1,500 y 2,000 horas de trabajo. Verificar con las especificaciones del fabricante.

La lubricación de la cadena y sproket es manual, el lubricante se agrega a intervalos cortos y siguiendo las especificaciones del fabricante.

4.3 Guía para capacitación del personal operativo

La industria de fabricación de camas cuenta con varios recursos para realizar la capacitación de los operarios entre los cuales se pueden mencionar:

- a) Departamento de recursos humanos.
- b) Instalaciones para llevar a cabo la capacitación.
- c) Pizarrones, marcadores, almohadillas.
- d) Computadora, televisión y video casetera.

La motivación es un término que se aplica a una serie de impulsos, deseos, necesidades y anhelos. Es importante motivar al personal porque al implementar un mecanismo semiautomatizado existe la llamada resistencia al cambio, que no es más que el miedo que se genera al realizar las actividades de una manera nueva. Los motivadores inducen al individuo a alcanzar un alto desempeño, son los incentivos o recompensas que recibe el individuo.

El departamento de recursos humanos puede ser un gran apoyo al coordinar todas las actividades relacionadas con la capacitación y organizar una conferencia motivacional.

4.3.1 Manejo de materiales

Para capacitar al personal operativo deben establecerse los objetivos y beneficios que se obtienen con el mecanismo semiautomatizado. Además de la motivación, deben explicarse los detalles y las funciones que se adquieren con la implementación. Entre los puntos más importantes que todas las personas involucradas deben entender claramente se encuentran:

- a) Beneficios que el personal operativo obtiene con la implementación del mecanismo.
- b) La mayor parte de la actividad del manejo de materiales será responsabilidad de los comodines, es decir que su principal responsabilidad es la preparación del *kit*.
- c) Los materiales se preparan de acuerdo con el orden de ensamble en un *kit*, y se colocan al inicio del transportador.
- d) Los comodines deben conocer el orden y cantidad de materiales de los diferentes modelos de camas.

La estación de trabajo posee una fuerte cohesión de grupo, solidaridad y respeto hacia el supervisor. Con base en ello se elaboran una serie de estrategias para la capacitación en el manejo de materiales:

- a) Los operarios sienten orgullo de pertenecer a la estación de ensamble lo cual puede motivarlos a involucrarse en el programa para alcanzar excelencia.
- b) La participación del supervisor promueve que los ensambladores se involucren en la capacitación, por lo cual esta persona es muy importante.
- c) Utilizar la técnica de participación ya que la mayoría de personas se sienten motivadas cuando se les consulta o pueden dar su opinión respecto a algún tema.

4.3.2 Operación del mecanismo

El personal operativo debe entender que las actividades relacionadas con el funcionamiento del mecanismo son vitales para el trabajo diario.

La educación basada en grupos no debe ser confinada al salón de clases, los encuentros deben ser lo más próximo al mecanismo para permitir a los miembros del grupo examinar su propio equipo durante la instrucción y permitir a los líderes hacer preguntas sobre el mecanismo.

La capacitación debe considerar los siguientes elementos importantes:

- a) El entendimiento viene con la práctica del nuevo método de trabajo, más que con el entendimiento.
- b) La educación y entrenamiento deben ser progresivos.

- c) La implementación del mecanismo depende de la combinación de aprendizaje, práctica gradual, destreza y cambio de actitudes.
- d) Apuntes, guías escritas en lenguaje sencillo producen buenos resultados durante la capacitación.
- e) Guías de lubricación y mantenimiento preventivo deben incluirse como material de capacitación.
- f) Considerar que la lubricación no se ha enseñado como importante para mostrar las pérdidas causadas por una mala lubricación o por su ausencia.
- g) Los estándares de lubricación (puntos de lubricación, tipos y cantidades de lubricantes, intervalos de lubricantes y herramientas) deben ser aprendidos por el personal operativo.
- h) Seguimiento de los resultados concretos de la capacitación.

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Evaluación del diseño

Para realizar mejoras en el diseño del mecanismo debe de contarse con la información que facilite la toma de decisiones. Algunas empresas no tienen datos de la evolución de un proyecto de implementación y en contraste otras tienen abundancia de registros pero archivados. Por lo tanto en ambos casos se tiene el mismo problema: no tener la información para dirigir adecuadamente los esfuerzos de la organización.

De lo anterior surge la necesidad de utilizar algún método que facilite la obtención y el análisis de datos para que estos se conviertan en información valiosa en la toma de decisiones. Precisamente uno de tales métodos es la hoja de verificación o de registro.

5.1.1 Elaboración de formato de verificación de eficiencia

La hoja de verificación es un formato construido principalmente para recabar datos de forma que un sencillo registro sistemático de tales datos sea fácil de analizar. Una característica que debe de reunir una hoja de verificación es que visualmente se pueda hacer el primer análisis que permita apreciar la magnitud y localización de los problemas principales. De esta manera se convierte en una herramienta para el análisis de mejora continua.

Algunas de las situaciones en las que resulta útil la hoja de verificación son las siguientes:

- a) Describir resultados de operación o de inspección.
- b) Examinar cualquier defecto.
- c) Confirmar posibles causas de problemas de funcionamiento.
- d) Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.

El formato de hoja de verificación se muestra en la figura 23.

5.1.2 Diagrama de proyección del aumento en la producción

El ahorro de horas hombre de trabajo en la estación puede traducirse como tiempo efectivo para el aumento de la producción. El diagrama se ilustra en la figura 24.

Figura 23. Formato de verificación

HOJA DE VERIFICACIÓN

Estación: Ensamble de colchón

Producto: _____ Fecha: _____

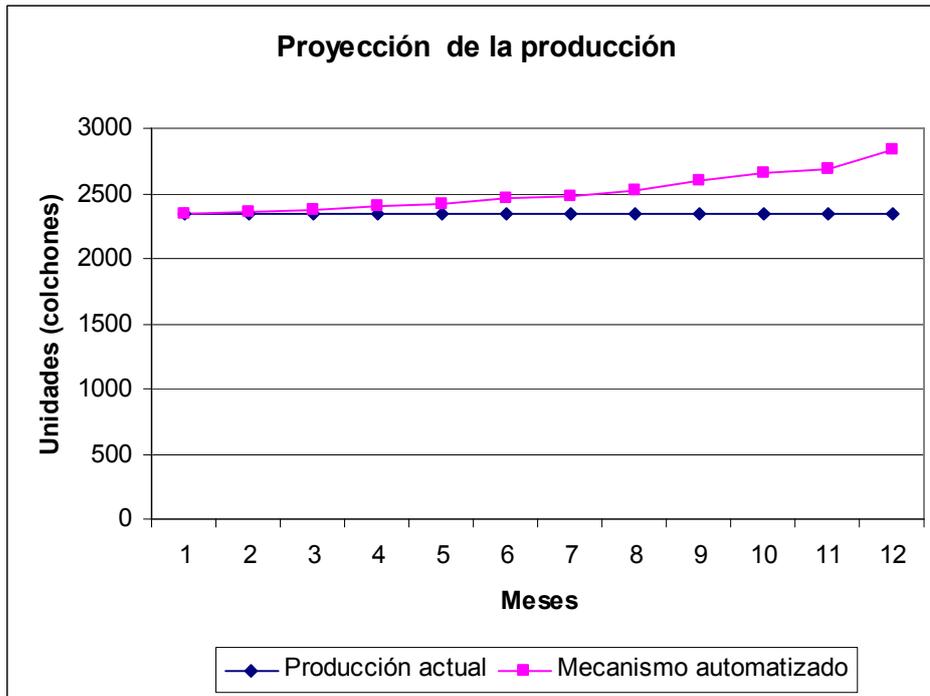
Especificaciones: _____ Hoja: _____

Responsable: _____

Producto	Imperial	Semi Matrimonial	Matrimonial	Queen	King
Unidades producidas					
Meta de producción					
Fallas del mecanismo					
Otro problema Especifique					
Entrega de materiales					
Esponja					
Capa enguatada					
Bordes					
Carcaza					

Observaciones: _____

Figura 24. Proyección del aumento de la producción



Producción 2004	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
Producción actual	2338	2338	2338	2338	2338	2338	2338	2338	2338	2338	2338	2338
Mecanismo automatizado	2338	2359	2380	2402	2423	2456	2480	2529	2602	2652	2687	2834

5.2 Estudio de rendimiento

El estudio se establece para darle un seguimiento al método de trabajo propuesto con la implementación del mecanismo. Se propone un formato que sirva de apoyo a la hoja de verificación. Dicho estudio abarca el análisis de la estación en eficiencia, disminución de demoras y cumplimiento de metas para llegar a optimizar los recursos hasta obtener los resultados deseados.

5.2.1 Eficiencia de la estación

Con este estudio se establece la eficiencia que tiene la estación a partir de la implementación del mecanismo semiautomatizado. Para ello se utilizará el formato de la figura 23.

5.2.1 Disminución de tiempo en demoras

Con este estudio se puede verificar si el tiempo en demoras disminuye de acuerdo con la proyección obtenida con la simulación. También se empleará el formato de la figura 23.

5.3.3 Cumplimiento de ahorro de horas

Con este estudio se pueden establecer los parámetros para el cumplimiento de ahorro de horas hombre en la verificación de si el tiempo en demoras disminuye de acuerdo con la proyección obtenida con la simulación. También se empleará el formato de la figura 23.

5.3 Seguimiento del método propuesto

Este seguimiento se realizará con base en el rendimiento del mecanismo, es decir, si el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo conforman es satisfactorio.

Dicho seguimiento puede considerarse como base para el mantenimiento preventivo del mecanismo, consiste en un estudio del control del funcionamiento y posibles fallas que podrían presentarse durante el funcionamiento del transportador.

5.3.1 Elaboración de formato de control

Este formato se presenta en la figura 25 y la documentación es responsabilidad del personal operativo. Estos registros serán la base para un estudio de control de funcionamiento del mecanismo.

5.3.2 Elaboración de formato de fallas

Este formato se presenta en la figura 25. Los datos obtenidos con el formato serán apoyo para el mantenimiento y la programación de mantenimiento cuando se detecten fallas en alguno de los elementos que conforman el mecanismo.

CONCLUSIONES

1. El procedimiento utilizado actualmente para el manejo de materiales no es adecuado ya que presenta un gran desorden en la estación y provoca que el producto se ensucie y sea apilado en el suelo.
2. Es evidente la dependencia de la fuerza física del personal, los materiales no se desplazan periódicamente por la mala ubicación y el exceso de manipulación manual.
3. Existe una necesidad de modernizar la estación de trabajo. El estudio de tiempos demuestra que existen demoras en el proceso de ensamble de colchones directamente relacionados con el manejo de materiales.
4. Con la implementación del mecanismo semiautomatizado, se reducirían las horas hombre de la estación en un 5% mensual, lo que implica ahorro en los costos de horas extraordinarias.
5. La construcción del mecanismo estaría a cargo del departamento de mantenimiento porque se cuenta con personal calificado, lo que reduce considerablemente los costos. La inversión se recuperaría en un periodo de diez meses.

6. Automatizar el manejo de materiales aumentaría la productividad de la estación además de implicar mejoras en el ritmo de producción, disminución de la fatiga del personal y las enfermedades ocupacionales.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el mecanismo semiautomatizado para poder lograr una ventaja competitiva y cumplir con las metas de la industria de fabricación de camas de ser líder en el mercado.
2. Para evitar el desorden de los materiales en la estación de trabajo, deben utilizarse dispositivos para el acarreo y ubicación de los mismos.
3. Construcción de marcos con planchas de *slaswood* con rodos para colocar y trasladar el borde y la capa enguatada, ya que estos materiales se ensucian con facilidad al estar apilados en el suelo.
4. Deben implementarse programas de mejora continua en la estación para alcanzar una mayor productividad. Un compromiso de la industria por hacer más eficiente la estación de ensamble de colchones.
5. El personal conocido como comodines deberá cambiar la tarea rutinaria de trasladar materiales a la preparación del *kit*. Tendrá que conocer los materiales de cada uno de los modelos de colchones, lo que llevará a la especialización.

REFERENCIAS

- ¹ García Criollo, Roberto. **Estudio del trabajo ingeniería de métodos**, México, Editorial Mc Graw Hill, 1987. p.121
- ² Niebel, Benjamin W. **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos**, México, Editorial Alfaomega, 1990, p.307.
- ³ Niebel, Benjamin W. **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos**, México, Editorial Alfaomega, 1990, p.107.
- ⁴ Niebel, Benjamin W. **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos**, México, Editorial Alfaomega, 1990, p.108.
- ⁵ Mazariegos Rabanales, Jorge Armín, Automatización industrial con PLC's: un enfoque sistemático, Guatemala, Tesis de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001, p.17.
- ⁶ Mendoza Bautista, Israel Ebenezer, Diseño de automatización del proceso de cocimiento de productos alimenticios en la industria utilizando equipos de cocción (marmitas), Guatemala, Tesis de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004, p.9.
- ⁷ DIXON, John R. **Diseño en ingeniería inventiva**. México, Editorial Limusa, 1979, p.141.
- ⁸ SHIGLEY, Joseph Edward y Charles R. Mischke. **Diseño en ingeniería mecánica**. México, Editorial Mc Graw Hill, 1990, p.8.
- ⁹ DUBBEL, H. **Manual del constructor de máquinas**. España, Editorial Labor, 1975. p.762.
- ¹⁰ SHIGLEY, Joseph Edward y Charles R. Mischke. **Diseño en ingeniería mecánica**. México, Editorial Mc Graw Hill, 1990, p.10.

BIBLIOGRAFÍA

- BLANK, Leland T. y otros. **Ingeniería económica**. 3ª ed. Colombia: Editorial Mc Graw Hill, 1991. 546 p.
- DIXON, John R. **Diseño en ingeniería inventiva**. México: Editorial Limusa, 1979. 398 p.
- DUBBEL, H. **Manual del constructor de máquinas**. 4ª ed. España: Editorial Labor, 1975. 1,132 p.
- GARCIA CRIOLLO, Roberto. **Ingeniería de métodos estudio del trabajo**. México: Editorial Mc Graw Hill, 1987. 157 p.
- HALL, Allen y otros. **Teoría y problemas de diseño de máquinas**. México: Editorial Mc Graw Hill, 1988. 344 p.
- IMMER, John R. **Manejo de materiales**. México: Editorial Marcombo, 1983. 690 p.
- KONZ, Stephan. **Diseño de sistemas de trabajo**. México: Editorial Limusa, 1992.
- KRICK, E. V. **Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería**. México: Editorial Limusa, 1986.
- MALVINO, Paul. **Principios de electrónica**. 3ª ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 1988. 873 p.
- MAZARIEGOS RABANALES, Jorge Armin, Automatización industrial con PLC's un enfoque sistemático. Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2001. 152 p.
- MENDOZA BAUTISTA, Israel Ebenezer, Diseño de automatización del proceso de cocimiento de productos alimenticios en la industria utilizando equipos de cocción (marmitas). Tesis, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2004. 120 p.

MEYERS, Fred E. **Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil**. México: Editorial Pearson, 2000. 334 p.

NIEBEL, Benjamin W. **Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos**. 3ª ed. México: Editorial Alfaomega, 1990. 814 p.

NORTON, Robert L. **Diseño de maquinaria**. 2ª ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 2000. 876 p.

SHIGLEY, Joseph Edward y Charles R. Mischke. **Diseño en ingeniería mecánica**. 5ª ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 1990. 883 p.

www.elprisma.com agosto del 2004.

www.todomantenimiento.com septiembre del 2004.

www.prosain.com junio del 2004.

Apéndice A

Figura 26. Formato de entrevista de enfermedades ocupacionales

ENCUESTA PARA LA ESTACIÓN ENSAMBLE DE COLCHONES		
Las siguientes preguntas son de mucha importancia para el estudio que se realiza a la estación de trabajo. Marque con una X en la casilla correspondiente a su respuesta. La información es confidencial, por favor no escriba su nombre.		
1. Estado civil:		
Soltero	Casado	Unido
2. Su edad está comprendida entre:		
18 a 21 años	22 a 26 años	27 a ños en adelante
3. El tiempo que tiene de laborar en la empresa es de:		
Menos de 1 año	1 a 3 años	4 a 6 años
7 a 9 años	10 años en adelante	
4. El tiempo que tiene de trabajar en la estación de ensamble de colchones es:		
Menos de 1 año	1 a 3 años	4 a 6 años
7 a 9 años	10 años en adelante	
5. Padece alguna enfermedad:		
SÍ	NO	
6. ¿Qué tipo de padecimiento? Explique.		
7. ¿Desde hace cuanto tiene este padecimiento?		
8. ¿Se encuentra bajo tratamiento médico?		
SÍ	NO	
9. El padecimiento está relacionado con alguna actividad que realiza en el trabajo. Explique.		

Apéndice C

Cálculos para determinar las dimensiones del perfil

a) Determinación de la carga muerta

Determinando las fuerzas de reacción de la estructura:

$$R = (WL / 2)$$

Donde R es la reacción, W es la carga viva, L es la longitud.

$$R = \frac{(623.04 \text{ N/m}) * (3\text{m})}{2}$$

$$\mathbf{R = 934.56 \text{ N}}$$

$$V = R - Wx$$

Donde V es la fuerza cortante máxima, x es la distancia de la fuerza máxima. Cuando V es 0 N se determina el valor de x:

$$0 = 934.56 - 623.04 x$$

$$\mathbf{x = 1.5 \text{ m}}$$

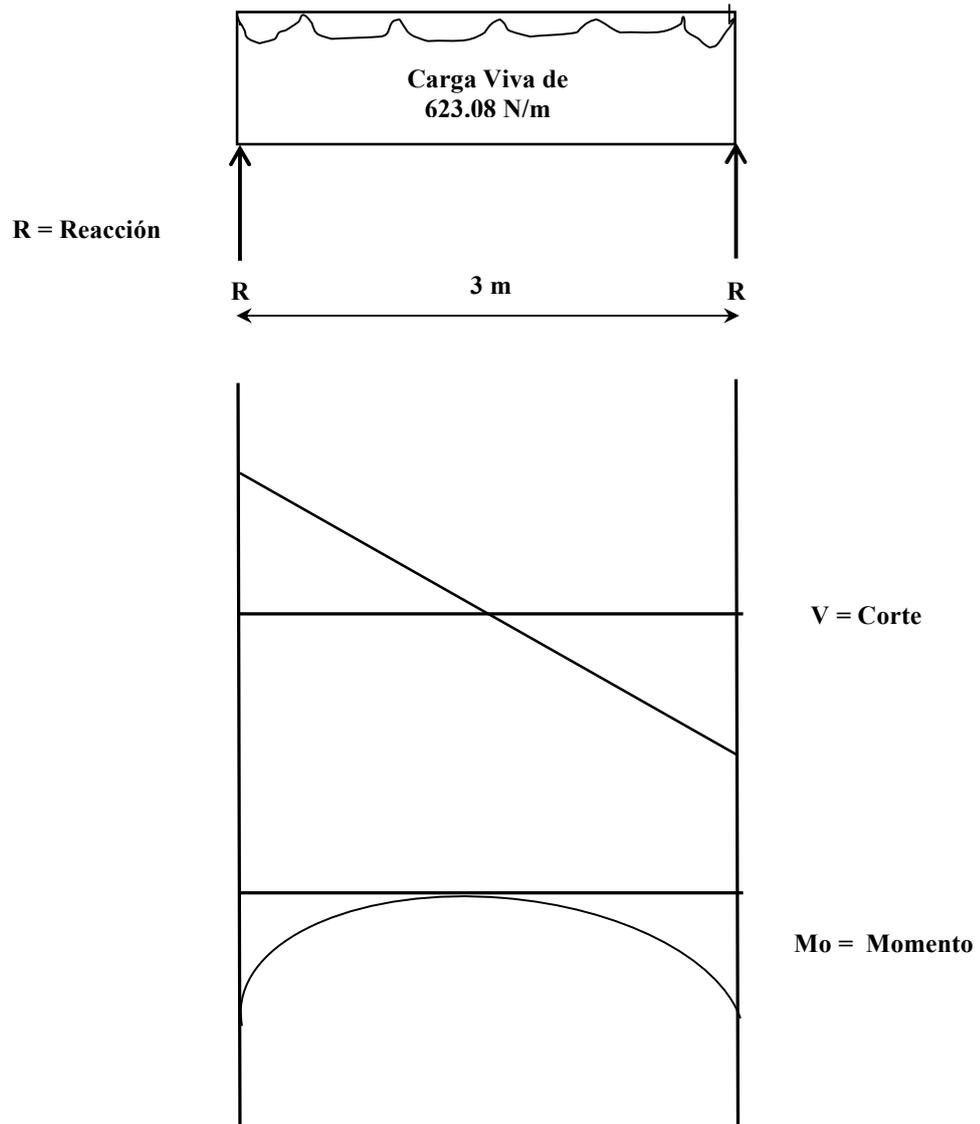
$$M_o = \frac{Wx (L-x)}{2}$$

Donde Mo es el momento máximo en la viga.

$$M_o = \frac{[623.04 \text{ N/m} * (1.5 \text{ m})] * (3-1.5) \text{ m}}{2}$$

$$\mathbf{M_o = 700.92 \text{ N m}}$$

Figura 28. Diagrama de corte y momento



Mediante el análisis de esfuerzo normal por flexión se tiene:

$$\sigma = M_o / Z$$

Donde σ es el esfuerzo, Z es el módulo de sección.

Mediante el análisis de esfuerzo permisible se tiene:

$$\sigma_{\text{per}} = S_{yp} / F_s$$

Donde σ_{per} es el esfuerzo permisible, S_{yp} es el límite de fluencia, F_s es el factor de seguridad.

Por cuestiones de diseño puede considerarse que el esfuerzo normal es igual al esfuerzo permisible y se obtiene una expresión, de la cual se despeja el módulo de sección:

$$Z = (M_o * F_s) / S_{yp}$$

Para el acero se tiene un límite de fluencia de 248.93 MN/m² y el factor de seguridad recomendado por la ASTM es de 2.

$$Z = \frac{(700.92 \text{ N m}) * (2)}{248.93 \text{ MN}}$$

$$\mathbf{Z = 5.65 \mu\text{m}}$$

De acuerdo con la tabla de propiedades del acero estructural la carga muerta que soporta la estructura es de 65.66 N/m.

b) Análisis con las cargas resultantes

La carga total es de 688.70 N/m la cual se obtiene de sumar la carga viva y la carga muerta.

El momento máximo es de:

$$M_o = \frac{(688.70 \text{ N/m}) * (1.5 \text{ m}) * (3-1.5) \text{ m}}{2}$$

$$\mathbf{M_o = 774.79 \text{ N m}}$$

Se calcula nuevamente el módulo de sección:

$$Z = \frac{(688.70 \text{ N m}) * (2)}{248.93 \text{ MN}}$$

$$\mathbf{Z = 5.53 \mu\text{m}}$$

De acuerdo con la tabla de propiedades del acero estructural se obtienen las dimensiones del perfil.

Apéndice D

Cálculos para determinar las características del motorreductor

La potencia del motorreductor es determinado por la banda, las dimensiones del transportador, el peso de los colchones y la velocidad de la línea.

a) Banda

Ancho de 0.106 metros, la torsión de la banda se determina de acuerdo con la fuerza de tensión y el radio. El coeficiente de fricción es de 0.06 sin dimensiones, el radio es de 0.0508 metros.

$$T_n = F * r$$

Donde T_n es la torsión, F es la fuerza de tensora y r es el radio.

$$F = C * N_{or}$$

Donde F es la fuerza tensora, C es el coeficiente de fricción y N_{or} es la fuerza normal.

b) Peso del colchón

El peso de un colchón es de 311.54 N, el cual mide 1 metro de ancho, la fuerza normal para el tramo de 42 metros del transportador puede calcularse de la siguiente forma.

$$N_{or} = 42 \text{ m} (311.54 \text{ N/m})$$

$$\underline{N_{or} = 13.08 \text{ kN}}$$

La fuerza tensora de la banda puede calcularse de acuerdo con la expresión del inciso anterior.

$$F = (0.06) * (13.08 \text{ kN})$$

$$\mathbf{F = 0.78 \text{ kN}}$$

La torsión de la banda puede calcularse de acuerdo con la expresión del inciso anterior.

$$T_n = (780 \text{ N}) * (0.0508 \text{ m})$$

$$\mathbf{T_n = 39.88 \text{ N m}}$$

c) Velocidad de la línea

La velocidad de la línea es de 0.021 m/s, tomando siempre en consideración que cada colchón tiene un metro de ancho. La relación de la velocidad angular y lineal esta dada por el radio.

$$\omega = \frac{2\pi v}{r}$$

$$\omega = \frac{2\pi (0.021 \text{ m/s})}{0.0508 \text{ m}}$$

$$\mathbf{\omega = 2.5 \text{ rad/s}}$$

d) Cálculo de la potencia

La potencia requerida en el motorreductor se calcula de acuerdo con la siguiente expresión.

$$P = \frac{T_n * \omega}{5311}$$

$$P = \frac{(39.88 \text{ N m}) (2.5 \text{ rad/s})}{5311}$$

$$\mathbf{P = 18.77 \text{ W}}$$

Apéndice E

Cálculos para determinar las características de la cadena

Para motores eléctricos el factor de servicio es de 1.0, el cual se multiplica a la potencia del motor, y de acuerdo con las tablas se encuentra el tipo de cadena y el número de dientes.

La velocidad angular de acuerdo con el tipo de motor varía de 2.51 rad/s a 5.03 rad/s, de lo cual la relación de velocidades RV es de 2.

$$C_p = C_l / p$$

Donde C_p es el número de dientes de los *sprocket*, C_l es la distancia y p es el paso de la cadena.

De acuerdo con la tabla para cadenas tipo 40, la distancia es de 0.254 m y el paso es de 0.0127 m.

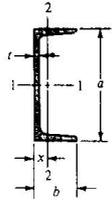
$$C_p = (0.254 \text{ m}) / (0.0127\text{m})$$

$$\underline{\underline{C_p = 20 \text{ pitches}}}$$

Con el número de dientes se encuentra en la tabla correspondiente la longitud de la cadena y el tipo de lubricación.

Tabla XI. Propiedades de los canales de acero estructural

a, b = tamaño, in (mm)
 w = peso por pie, lb/ft
 m = masa por metro, kg/m
 t = grosor del alma, in (mm)
 A = área transversal, in² (cm²)
 I = segundo momento de área, in⁴ (cm⁴)
 k = radio de giro, in (cm)
 x = distancia centroidal, in (cm)
 Z = módulo de sección, in³ (cm³)



a, in	b, in	t	A	w	I_{1-1}	k_{1-1}	Z_{1-1}	I_{2-2}	k_{2-2}	Z_{2-2}	x
3	1.410	0.170	1.21	4.1	1.66	1.17	1.10	0.197	0.404	0.202	0.436
3	1.498	0.258	1.47	5.0	1.85	1.12	1.24	0.247	0.410	0.233	0.438
3	1.596	0.356	1.76	6.0	2.07	1.08	1.38	0.305	0.416	0.268	0.455
4	1.580	0.180	1.57	5.4	3.85	1.56	1.93	0.319	0.449	0.283	0.457
4	1.720	0.321	2.13	7.25	4.59	1.47	2.29	0.433	0.450	0.343	0.459
5	1.750	0.190	1.97	6.7	7.49	1.95	3.00	0.479	0.493	0.378	0.484
5	1.885	0.325	2.64	9.0	8.90	1.83	3.56	0.632	0.489	0.450	0.478
6	1.920	0.200	2.40	8.2	13.1	2.34	4.38	0.693	0.537	0.492	0.511
6	2.034	0.314	3.09	10.5	15.2	2.22	5.06	0.866	0.529	0.564	0.499
6	2.157	0.437	3.83	13.0	17.4	2.13	5.80	1.05	0.525	0.642	0.514
7	2.090	0.210	2.87	9.8	21.3	2.72	6.08	0.968	0.581	0.625	0.540
7	2.194	0.314	3.60	12.25	24.2	2.60	6.93	1.17	0.571	0.703	0.525
7	2.299	0.419	4.33	14.75	27.2	2.51	7.78	1.38	0.564	0.779	0.532
8	2.260	0.220	3.36	11.5	32.3	3.10	8.10	1.30	0.625	0.781	0.571
8	2.343	0.303	4.04	13.75	36.2	2.99	9.03	1.53	0.615	0.854	0.553
8	2.527	0.487	5.51	18.75	44.0	2.82	11.0	1.98	0.599	1.01	0.565
9	2.430	0.230	3.91	13.4	47.7	3.49	10.6	1.75	0.669	0.962	0.601
9	2.485	0.285	4.41	15.0	51.0	3.40	11.3	1.93	0.661	1.01	0.586
9	2.648	0.448	5.88	20.0	60.9	3.22	13.5	2.42	0.647	1.17	0.583
10	2.600	0.240	4.49	15.3	67.4	3.87	13.5	2.28	0.713	1.16	0.634
10	2.739	0.379	5.88	20.0	78.9	3.66	15.8	2.81	0.693	1.32	0.606
10	2.886	0.526	7.35	25.0	91.2	3.52	18.2	3.36	0.676	1.48	0.617
10	3.033	0.673	8.82	30.0	103	3.43	20.7	3.95	0.669	1.66	0.649
12	3.047	0.387	7.35	25.0	144	4.43	24.1	4.47	0.780	1.89	0.674
12	3.170	0.510	8.82	30.0	162	4.29	27.0	5.14	0.763	2.06	0.674

Fuente: Shigley Edward, **Diseño en ingeniería mecánica**. Pág. 829

Tabla XII. Propiedades del acero estructural

TIPO DE ACERO	Núm. ASTM	S _y , kpsi	S _u , kpsi	TAMAÑO, in, HASTA
Al carbono	A36	36	58	8
Al carbono	A529	42	60	$\frac{1}{2}$
De baja aleación	A572	42	60	6
De baja aleación	A572	50	65	2
Inoxidable	A588	50	70	4
De aleación Q&T	A514	100	110	$2\frac{1}{2}$

Fuente: Shigley Edward, **Diseño en ingeniería mecánica**. Pág. 8

Tabla XIII. Dimensiones de las cadenas

VELOCIDAD DE LA RUEDA, rpm (rev/min)	NÚMERO ANSI DE CADENA					
	25	35	40	41	50	60
50	0.05	0.16	0.37	0.20	0.72	1.24
100	0.09	0.29	0.69	0.38	1.34	2.31
150	0.13*	0.41*	0.99*	0.55*	1.92*	3.32
200	0.16*	0.54*	1.29	0.71	2.50	4.30
300	0.23	0.78	1.85	1.02	3.61	6.20
400	0.30*	1.01*	2.40	1.32	4.67	8.03
500	0.37	1.24	2.93	1.61	5.71	9.81
600	0.44*	1.46*	3.45*	1.90*	6.72*	11.6
700	0.50	1.68	3.97	2.18	7.73	13.3
800	0.56*	1.89*	4.48*	2.46*	8.71*	15.0
900	0.62	2.10	4.98	2.74	9.69	16.7
1000	0.68*	2.31*	5.48	3.01	10.7	18.3
1200	0.81	2.73	6.45	3.29	12.6	21.6
1400	0.93*	3.13*	7.41	2.61	14.4	18.1
1600	1.05*	3.53*	8.36	2.14	12.8	14.8
1800	1.16	3.93	8.96	1.79	10.7	12.4
2000	1.27*	4.32*	7.72*	1.52*	9.23*	10.6
2500	1.56	5.28	5.51*	1.10*	6.58*	7.57
3000	1.84	5.64	4.17	0.83	4.98	5.76

Tipo A

Tipo B

Tipo C

Determinado a partir de las tablas ANSI mediante interpolación lineal.

Nota: Tipo A: con lubricación manual o por goteo; tipo B: con lubricación de disco o por baño; tipo C: lubricación con chorro de aceite.

Fuente: Recopilada de ANSI B29.1-1975 solo para información de B29.9-1958.