

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO EN TRES ETAPAS DE UNA MÁQUINA PARA PRODUCIR SÁBANAS DESECHABLES PARA CAMILLAS, ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FABRICACIÓN DE LA ETAPA DE DOBLADO LONGITUDINAL.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los bachilleres: Jorge De f. IrmaR.
Marín B. Carlos A.
Para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO EN TRES ETAPAS DE UNA MÁQUINA PARA PRODUCIR SÁBANAS DESECHABLES PARA CAMILLAS, ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FABRICACIÓN DE LA ETAPA DE DOBLADO LONGITUDINAL.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José G. La Riva

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los bachilleres: Jorge De f. IrmaR.
Marín B. Carlos A.
Para optar al título de:
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009



Caracas, 12 de noviembre de 2.009

ACTA


Los abajo firmantes, Miembros del Jurado Examinador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres:

IRMA JORGE y CARLOS MARÍN

Titulado:

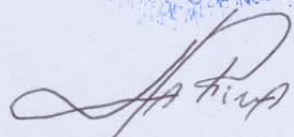
“DISEÑO EN TRES ETAPAS DE UNA MÁQUINA PARA PRODUCIR SÁBANAS DESECHABLES PARA CAMILLAS, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FABRICACIÓN DE LA ETAPA DE DOBLADO LONGITUDINAL”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. Fausto Carpentiero
Jurado




Prof. Víctor Othman Falcón
Jurado


Prof. José Gregorio La Riva
Tutor



AGRADECIMIENTOS

En el transcurso de nuestro trabajo hemos contado con el apoyo y la contribución de muchas personas, lo que nos ha fortalecido para el logro de nuestros objetivos:

A nuestro tutor el Profesor José La Riva, por su deseo incansable de motivarnos a no conformarnos sino más bien a mantener una visión y una búsqueda cada vez mayor de lo que queramos, concientes que como ingenieros podemos emprender caminos que nos lleven tan lejos como sea nuestro propósito. ¡Por su talento e inspiración, gracias!

Al Lic. Robert Osío, nuestra mano derecha, por su apoyo incondicional, su aporte en ideas y posibilidades para mejorar los detalles, facilitarnos un espacio para trabajar y ante todo, por su esfuerzo y dedicación para brindarnos su aporte y parte de su tiempo en esta etapa. ¡Por su mano amiga sincera, gracias!

A Jean Carlos Guidicelli y Willson Sánchez, por brindarnos apoyo en la fabricación, facilitándonos el desarrollo con sus conocimientos y experiencia en el área, por colaborarnos con desprendimiento y compartir con nosotros parte de su esencia. ¡Por su solidaridad y sencillez, gracias!

A Ernesto Centeno y Pedro Villarroel, por colaborar con buena disposición cuando existían dudas, requeríamos ideas o apoyo en detalles de nuestra investigación. ¡Por sus consejos y recomendaciones, gracias!

A nuestros padres, por siempre estar a nuestro lado, apoyándonos, dándonos lo mejor de sus valores y principios, motivándonos a crecer y mejorar como personas y profesionales cada día. ¡Por su inmenso amor y abnegación, gracias!

A nuestros familiares y amigos, que nos acompañan en cada instante, donde sea que estén, aupando nuestro desempeño y logros y queriéndonos tal como somos. ¡Por su cariño, apoyo y amistad, gracias!

A las empresas Innoprod y Gran Sabana por apoyarnos con la parte técnica y los estudios de mercado actual. ¡Por su apoyo a los nuevos profesionales gracias!

A todas aquellas personas nos aportaron ideas, nos abrieron las puertas de sus lugares de trabajo o casas, o simplemente que de alguna u otra forma nos ofrecieron apoyo en el momento oportuno, una felicitación o una sonrisa. ¡Por su colaboración, Gracias!



DEDICATORIAS

Siempre he contado con el apoyo de seres maravillosos que me han acompañado y motivado para seguir creciendo y mejorando, a todos ellos deseo dedicar este trabajo.

Ante todo a Dios por su presencia, por guiarme en cada paso y permitir levantarme luego de cada tropiezo, por bendecirme en cada momento al rodearme de seres llenos de luz y de bellas oportunidades. ¡Gracias papá Dios!

A mis padres, María Inés y Joao Pedro, por impulsarme a mejorar cada día y convertirme en un profesional, siendo ante todo los forjadores de mi esencia con sus valores y su amor, enseñándome la importancia de ganarse las cosas con el sudor de mi frente de manera sencilla y justa, por siempre ofrecer lo mejor que han podido dar. ¡Los adoro!

A mis hermanos, Rodolfo y Reinaldo, por ser mis compañeros, mis consejeros, por compartir tantos momentos, juegos, detalles, por crecer en ese hogar lleno de amor junto a ustedes, por velar por mi progreso y superación. ¡Los quiero hermanos!

A mi novio, Robert Osío, por ser la persona maravillosa que cada día me motiva y me apoya, por demostrarme que definitivamente si se puede conseguir lo que se desea (te conseguí a ti), por velar siempre por mi bienestar y por compartir juntos cada sueño, sueños que nos unen, que nos comprometen a seguir creciendo juntos y a continuar en su búsqueda formando cimientos sólidos en cada proyecto que queramos emprender. ¡Te amo mi amor!

A mi amiga y hermana del alma, Mayela Durán, por estar siempre animándome, por tener en cada momento la palabra acertada con su sinceridad y espontaneidad característica, por ser esa hermana que siempre está a mi lado sin importar donde estemos, escucharme y valorarme ante todo. ¡Te quiero mi Maya!

A mis primas y amigas; Ofelia, Marianela y Liseth, por mantenerse a mi lado cuando más las he necesitado, por su gran calidad humana y nobleza, por



acompañarme en muchas de mis aventuras de vida aceptándome tal como soy y convirtiéndose en mis confidentes. ¡Las quiero primas bellas!

A mis amigos y compañeros de lucha a lo largo de estos años: Pedro Villarroel, Francisco Caro, Glenda Castellano, Mariana Branco, Ernesto Centeno, Juan Carlos Lavado, José Luis Guerrero, David Rondón, Dilcia Alonso, Oscar Guimaray, Roberto Pacheco, Roberto Abrego, Taslim León y a todos aquellos que en algún momento llegaron a mi vida a traer una enseñanza o una sonrisa, a aquellos que con su cariño, personalidad y esencia se han convertido en mis ángeles de vida. ¡Los quiero a todos!

Irma R. Jorge De F.

Este tomo está dedicado a:

Mis padres Yolanda y Hermann Marín, que me impulsaron a continuar mis estudios y proyectos.

A mi novia Rocío Peña por esos felices momentos y por estar a mi lado apoyándome en toda esta etapa.

A mis hermanos Luz y Jorge mis mas cercanos amigos.

A mi suegra Laura Peña por sus acertados consejos.

Carlos A. Marín B.



Jorge De F. Irma R. y Marín B. Carlos A.

DISEÑO EN TRES ETAPAS DE UNA MÁQUINA PARA PRODUCIR SÁBANAS DESECHABLES PARA CAMILLAS, ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FABRICACIÓN DE LA ETAPA DE DOBLADO LONGITUDINAL.

Tutor Académico: Prof. José G. La Riva.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009.

Palabras claves: Diseño-Producción-Sábanas para camillas-Factibilidad económica.

RESUMEN

Mediante este proyecto se ha desarrollado el diseño de una máquina capaz de elaborar sábanas desechables para camillas en tres etapas: doblado longitudinal, doblado transversal y corte, con el propósito de mejorar el proceso actual de elaboración de este tipo de lencería y aminorar tanto el tiempo de ejecución como los costos de producción.

Para llevar a cabo nuestro planteamiento, recurrimos a la búsqueda técnicas variadas de corte y doblado que han sido utilizadas en diversos procesos de fabricación, con el fin de implementar las más adecuadas a los requerimientos de nuestro sistema, siendo establecidas mediante un método de selección basado en la evaluación de distintas alternativas.

En nuestra propuesta se ejecutó el diseño de cada uno de los elementos del sistema mediante un modelo tridimensional considerando el estudio pertinente para el buen funcionamiento del mismo; la selección del material apropiado para cada parte que conforma el equipo, la fabricación de una etapa del proceso (doblado longitudinal) y un análisis económico para determinar la viabilidad del proyecto.

Consideramos que la creación de proyectos de esta envergadura promueve tanto el desarrollo de la producción y tecnología nacional como el logro de una de las misiones importantes de un ingeniero, proporcionar soluciones a necesidades como aporte a la sociedad aplicando los conocimientos adquiridos, convirtiéndose en un profesional integral.



Jorge De F. Irma R. y Marín B. Carlos A.

DISEÑO EN TRES ETAPAS DE UNA MÁQUINA PARA PRODUCIR SÁBANAS DESECHABLES PARA CAMILLAS, ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FABRICACIÓN DE LA ETAPA DE DOBLADO LONGITUDINAL.

Tutor Académico: Prof. José G. La Riva.

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.
2009.**

Palabras claves: Diseño-Producción-Sábanas para camillas-Factibilidad económica.

ABSTRACT

(Mediante) this project it have been develop the design of a machine capable of (elaborar) “disposable sheets” for (camillas) in three “steps” (etapas): (longitudinal) folding, (transversal) folding and cutting, with the purpose of improving the “actual” process of (elaboración) with this type of (lencería) and to reduce the time of execution and the production cost.

(Para llevar a cabo nuestro planteamiento, se recurrió).... to the search of different techniques for cutting and folding that have been used on several process of manufacture, with the purpose of implement the most “adequate or suitable” for the requirements of our system (por medio) of a selection method based on the evaluation of the different alternatives.

In our “proposal” were designed each one of the elements of the system with 3D models considering the necessary studies for the well functioning of the elements and the whole system; the selection of the “appropriate” material for each part of the equipment, the fabrication the first (etapa) of the system (the “longitudinal folding”), and a economical study for determining the “feasibility” of the project.

We consider that the creation of projects of this (envergadura) promotes (tanto) the development of the national production and technology as the achievement of one of the missions of the engineer, to give solutions to needs as a (aporte) to the society (aplicando) the “acquired knowledge”, converting themselves into a integral professional.



SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

- α_s : Aceleración angular del sistema.
- α_{2l} : Aceleración angular del eje 2 o sistema de la bobina respecto a tierra.
- α_{2li} : Aceleración angular del eje 2 en un instante de tiempo.
- β : Ángulo de inclinación de tabla forrada de cuero respecto a la horizontal.
- Δt : Intervalo de tiempo.
- Δx : Elongación del freno de cinta.
- η : Factor de seguridad, eficiencia del motor.
- θ : Ángulo de giro.
- θ_{2i} : Ángulo de giro de la bobina en un momento determinado.
- μ : Coeficiente de fricción que existe entre la lona de cuero y la tela.
- π : Número pi (3,1416)
- ρ_s : Densidad superficial.
- Σ : Suma.
- ΣF_x : Suma de fuerzas en X.
- ΣF_y : Suma de fuerzas en Y.
- ΣM_x : Suma de momento en X.
- ΣM_y : Suma de momento en Y.
- σ : Esfuerzo.
- σ_a : Esfuerzo alternante.
- σ_m : Esfuerzo medio.
- σ_{adm} : Esfuerzo admisible.
- σ_{Max} : Esfuerzo máximo.
- τ : Esfuerzo cortante.
- τ_{adm} : Esfuerzo de corte admisible.
- Φ : Diámetro.
- Φ_o : Diámetro inicial.
- φ : Ángulo de contacto del freno respecto a la bobina.
- φ_o : Ángulo de contacto inicial del freno respecto a la bobina.
- ω_{2l} : Velocidad angular del eje 2 o bobina respecto a tierra.
- ω_{2li} : Velocidad angular del eje 2 o bobina respecto a tierra en un instante de tiempo.
- ω_{2li-1} : Velocidad angular del eje 2 respecto a tierra en un instante de tiempo anterior.
- ω_{3l} : Velocidad angular del eje 3 respecto a tierra.



- A : Área, variable.
- A_F : Área de fricción.
- a : Ancho de banda de la tela.
- B : Factor para el cálculo de banda.
- b : Ancho del tambor de freno.
- C : Distancia entre centros.
- C_0 : Capacidad estática.
- C_2 : Centro del eje 2.
- $\overline{C_2Q}$: Distancia entre el centro del eje 2 y el punto Q.
- D : Diámetro, diámetro externo.
- d : Diámetro, diámetro interno.
- e : Espesor de la tela.
- e_a : Espesor de espira angular.
- G_T : Gramaje total de la bobina.
- I_{Bobina} : Inercia de la bobina de tela.
- $I_{Cilindro}$: Inercia de un cilindro.
- $I_{Cilindr\ Hueco}$: Inercia de un cilindro hueco.
- I_{ZZ}^{C2} : Inercia de la bobina de tela.
- $I_{ZZ}^{C2'}$: Inercia de la bobina de tela.
- I_W : Suma de inercias de componentes del sistema de sujeción de bobina.
- i : Subíndice que representa instante de tiempo.
- $i-1$: Subíndice que representa instante de tiempo anterior.
- L_3 : Punto de contacto entre los ejes del sistema 3.
- l : Longitud.
- MB : Meltblow
- m : masa
- m : metros
- m_2 : masa de la bobina maestra.
- N : Fuerza normal.
- N : Newton
- NCM : Nonwoven Converting Machinery Co
- PA : Nylon.
- P_a : Presión máxima de la cinta



PBT: *Tetrapolibutileno*.

PE: Polietileno.

PET: Poliéster.

PP: Polipropileno.

P_1 : Fuerza aplicada en el extremo de la lona de frenado.

P_2 :

Q_2 : Punto del eje 2.

R_{ext} : Radio externo.

R_{int} : Radio interno.

R_{02} : Radio interno de la bobina de tela.

R_2 : Radio externo de la bobina de tela.

$R_{2inicial}$: Radio externo inicial de la bobina de tela.

R_{2i} : Radio externo del eje 2 o bobina de tela en un instante de tiempo.

R_{2i-1} : Radio externo del eje 2 o bobina de tela en un instante de tiempo anterior.

R_3 : Radio del eje 3 o rodillos motorizados.

R_4 : Radio del eje 4 o tambor de corte.

S : Superficie del cilindro hueco.

SB : Spunbond.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga.

S_{ut} : Resistencia última a la tracción.

t_i : Instante de tiempo.

t_{i-1} : Instante de tiempo anterior.

$\overline{V_1^{C2}}$: Velocidad del centro del eje 2 respecto a tierra.

$\overline{V_1^{L3}}$: Velocidad del centro del eje 3 respecto a tierra.

$\overline{V_1^{Q2}}$: Velocidad del Punto Q del eje 2 respecto a tierra.

W : peso.

W : Watts.

Z : Factor de sección.

Z_p : Factor de sección polar.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABREVIATURAS Y SIMBOLOS	ix
INDICE DE FIGURAS	xvi
INDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE GRAFICOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA.....	3
1.1 Motivación.....	3
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Objetivos	5
1.4 Alcances.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Desarrollo de la ropa desechable	12
2.3 Telas no Tejidas	14
2.3.1 Tela no tejida Spunbond o SB.....	15
2.3.2 Tela no tejida Meltblow o MB	18
2.3.3 Tela no tejida SMS.....	21
2.4 Definiciones	22
CAPÍTULO III	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
MARCO METODOLÓGICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1 Elaboración del Diseño.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1 Formulación del Problema	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2 Análisis del problema y Restricciones preliminares.¡Error! Marcador no definido.	
3.1.3 Búsqueda de alternativas.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3.1 Doblado Longitudinal.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3.2 Doblado Transversal.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.3.3 Sistema de corte	30
3.1.4 Evaluación.....	¡Error! Marcador no definido.



3.1.4.1 Parámetros de evaluación y selección.;Error! Marcador no definido.

3.3.2.2 Análisis y Evaluación de propuestas.;Error! Marcador no definido.

3.1.5 Especificación y selección;Error! Marcador no definido.

3.1.5.1 Organización y análisis de ideas para la distribución final;Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO IV.....46

 CÁLCULOS Y DISEÑOS 46

 4.1 Descripción del Proceso..... 46

 4.1.1 Etapas del proceso..... 46

 4.1.2 Componentes y elementos 48

 4.1.2.1 Estructura de soporte 48

 4.1.2.2 Sistema motor..... 48

 4.1.2.3 Sistema de sujeción y rotación de la Bobina 49

 4.1.2.4 Triángulos de dobléz 49

 4.1.2.5 Sistemas de arrastre de tela mediante ejes motorizados (Ejes de arrastre) 49

 4.1.2.6 Sistema de Corte 50

 4.1.2.7 Sistemas de correas transportadoras (Ejes de correas) 50

 4.1.2.8 Sistemas de transmisión 50

 4.2 Estudio de la Cinemática 50

 4.2.1 Consideraciones previas de funcionamiento 50

 4.2.1 Análisis de la Cinemática..... 51

 4.2.2 Cálculo de la inercia..... 53

 4.2.3 Estudio Cuantitativo del Proceso 57

 4.3 Cálculo Del Freno 60

 4.3.1 Relaciones de Fricción..... 60

 4.2.3 Estudio Cuantitativo del Proceso;Error! Marcador no definido.

 4.4 Cálculo Del Freno;Error! Marcador no definido.

 4.3.1 Relaciones de Fricción.....;Error! Marcador no definido.

 4.3.2 Análisis del Proceso de Frenado 63

 4.4 Estudio Dinámico..... 67

 4.4.1 Estudio Dinámico Sin Freno 67

 4.4.2 Estudio Dinámico Con Freno..... 70

 4.5 Simulación Numérica Del Proceso 72

 4.5.1 División de la Hoja de Cálculo. 72

 4.5.2 Análisis de la Simulación..... 75

 4.5.2.1 Resultados de la Cinemática de la primera etapa 75



4.5.2.2 Resultados de Freno	80
4.5.2.3 Resultados Dinámicos	82
4.5.2.4 Resultados en los distintos elementos del sistema.....	86
4.6 Sistema de Motor.....	86
4.6.1 Requerimientos del sistema	86
4.6.2 Selección del tipo de motor.....	87
4.7 Estructura de Soporte.....	88
4.7.1 Esfuerzos y deflexiones de los soportes de la bobina y primer triángulo de doblez.....	89
4.7.2. Esfuerzos y deflexiones de la parte superior.....	90
4.8 Sistemas de transmisión	91
4.8.1 Cadenas de rodillos	91
4.8.2 Calculo de Engranés de Talla Recto	101
4.8.3 Engrane cónico.....	114
4.9 Sistema de Freno.....	116
4.10 Diseño y Cálculos de Ejes.....	118
4.10.1 Eje del Sistema de Sujeción y Rotación de la Bobina.....	119
4.10.1.1 Reacciones, distribución de momento flector y fuerza cortante en el eje principal	119
4.10.1.2 Cálculo del diámetro mínimo para el eje de la bobina según el límite de resistencia a la fatiga.....	124
4.10.3 Ejes de Transmisión.....	132
4.10.3.1 Reacciones, distribución de momento flector y fuerza en el eje B de transmisión.....	133
4.10.3.2 Cálculo del diámetro mínimo de cada sección	135
4.10 Sujetadores de core.....	141
4.11 Selección de Rodamientos.....	143
4.11.1 Rodamientos del Sistema de Sujeción y Rotación de la Bobina	146
4.12 Cálculo de Cuñas.....	151
4.12.1 Calculo de cuña eje del motor.....	154

CAPITULO

V.....¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FABRICACIÓN.....¡ER
ROR! MARCADOR NO DEFINIDO.



5.1 Recolección del material.....;Error! Marcador no definido.

5.2 Recolección del material.....;Error! Marcador no definido.

5.3 Corte de la materia prima.....;Error! Marcador no definido.

5.4 Mecanizado de Pieza.....;Error! Marcador no definido.

5.5 Soldadura.....;Error! Marcador no definido.

5.6 Armado.....;Error! Marcador no definido.

CAPITULO VI..... 166

ANÁLISIS ECONÓMICO 166

 6.1 Estudio de la Factibilidad..... 166

 6.2 Factibilidad Económica. 167

 6.2.1 Mercado 168

 6.2.2 Capacidad productiva. Métodos Tradicionales Vs. Maquina..... 168

 6.2.2.1 Producción con método tradicional 168

 Proceso de corte 169

 Proceso de doblado..... 170

 6.2.2.2 Producción con máquina 171

 6.2.3 Costos fijos..... 172

 6.2.3.1 Costos fijos asociados a la producción con método tradicional 173

 6.2.3.2 Costos fijos asociados a la producción con maquina..... 173

 6.2.4 Costos Variables 175

 6.2.5 Capital de trabajo 177

 6.2.5.1 Capital de trabajo asociado a la producción con método tradicional. 177

 6.2.5.2 Capital de trabajo asociado a la producción con la máquina 178



6.2.6 Punto de inflexión	179
6.2.7 Flujo de caja proyectado a 5 años y tasa interna de retorno	181



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1	Separación De Fibras en la formación de la Tela No Tejida Sb.	15
Fig. 2.2	Proceso De Elaboración de la Tela No Tejida Sb.	16
Fig. 2.3	Proceso De Elaboración de la Tela No Tejida Mb.	19
Fig. 2.4	Estación para Fabricar Tela Del Tipo Sms.	21
Fig. 2.5	Composición de la Tela Del Tipo Sms.	21
Fig. 3.1	Tablas de Doblado	28
Fig. 3.2	Cono de Doblado	28
Fig. 3.3	Sistema por Correas	29
Fig. 3.4	Sistema de Enrollado	30
Fig. 3.5	Sistema para Doble por Rodillos Y Cuchilla	30
Fig. 3.6	Sistema por Rodillos y Aire.	31
Fig. 3.7	Sistema con Cuchilla Rotativa	31
Fig. 3.8	Corte por Rodillos y Cuchilla	32
Fig. 3.9	Corte por Brazos Oscilantes.	32
Fig. 3.10	Corte con Troquel y Parada Del Sistema.	33
Fig. 3.11	Proceso para Evaluar Cada Posible Solución	37
Fig. 4.1	Configuración y Disposición de Elementos Del Sistema.	51
Fig. 4.2	Freno de Cinta.	60
Fig. 4.3	Representación de Ensayo Para Hallar Coeficiente De Roce Dinámico.	61
Fig. 4.4	Determinación Ángulo de Inclinación	61
Fig. 4.5	Ensayo para Hallar Coeficiente de Roce Dinámico	62
Fig. 4.6	Freno de Cinta.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Fig. 4.7	Representación de Ensayo para Hallar Coeficiente de Roce Dinámico	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Fig. 4.8	Determinación Ángulo de Inclinación por Relaciones Triangulares	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Fig. 4.9	Representación de Ensayo Para Hallar Coeficiente De Roce Dinámico	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Fig. 4.10	Diagrama de Cuerpo Libre Del Eje 2 (Bobina).	68
Fig. 4.11	Diagrama de Cuerpo Libre Del Eje 2 (Bobina) Con Freno.	70
Fig. 4.12	Esfuerzos en la Estructura de Soporte. 1ra Parte Etapa I.	89
Fig. 4.13	Deformación en la Estructura de Soporte. 1ra Parte Etapa I.	89
Fig. 4.14	Esfuerzos en la Estructura de Soporte. 2ra Parte Etapa I.	90
Fig. 4.15	Deformación en la Estructura De Soporte. 2ra Parte Etapa I.	90



Fig. 4.16	Esquema del Sistema de Transmisión y Conexión De Cadenas.....	92
Fig. 4.17	Sección de Una Cadena de Rodillos Con Doble Hilo (Dos Cordones).	93
Fig. 4.18	Tren de Engrane para Tambor De Corte.....	103
Fig. 4.19	Efecto del Freno Sobre el Eje.....	117
Fig. 4.20	Corte del Sistema de Sujeción de la Bobina.....	119
Fig. 4.21	Diagrama de Reacciones en El Plano Yz.....	120
Fig. 4.22	Diagrama de Fuerza Cortante en el Plano Xz.....	121
Fig. 4.23	Diagrama de Momento Flector en el Plano Xz.....	121
Fig. 4.24	Diagrama de Reacciones en el Plano Yz.....	122
Fig. 4.25	Diagrama de Fuerza Cortante en el Plano Yz.....	123
Fig. 4.26	Diagrama de Momento Flector en el Plano Xz.....	123
Fig. 4.27	Eje B de Transmisión.....	132
Fig. 4.28	Diagrama de Reacciones en el Plano Yz Del Eje B de Transmisión.....	134
Fig. 4.29	Diagrama de Fuerza Cortante Plano Xz Del Eje B de Transmisión.....	134
Fig. 4.30	Diagrama de Momento Flector Plano Xz Eje B de Transmisión.....	135
Fig. 4.31	Diagrama de Reacciones Plano Xz Del Eje B de Transmisión.....	135
Fig. 4.32	Análisis de Esfuerzos del Sujeta Core.....	142
Fig. 4.33	Análisis de Deformación del Sujeta Core.....	142
Fig. 4.34	Ángulos de Los Rodamientos en el Sistema de Soporte de la Bobina.....	147
Fig. 4.35	DCL de los Rodamientos En El Sistema de Soporte de la Bobina.....	148
Fig. 4.36	Fuerzas que Actúan Sobre una Cuña.....	152
Fig. 4.37	Selección Medidas de la Cuña Y El Cuñero.....	157
Fig. 4.38	Vistas de Secciones del Cuñero.....	159
Fig. 5.1	Sierra de Vaivén.....	161
Fig. 5.2	Sierra de Cinta.....	162
Fig. 5.3	Aplanado de Caras.....	163
Fig. 5.4	Centro de Mecanizado.....	164





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Escala de evaluación.....	37
Tabla 3.2	Matriz de selección.....	39
Tabla 4.1	Condiciones iniciales de la bobina de tela ...;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.2	Alturas para determinar ángulo de inclinación de la tabla.....;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.3	Alturas para determinar ángulo de inclinación de la tabla.....;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.4	Parámetros para cálculos del freno;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.5	Variación del ángulo de contacto respecto al diámetro	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.6	Inercia de elementos del sistema de montaje de la bobina de tela;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.7	Inercia de elementos del sistema de montaje de la bobina de tela;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.8	Datos dinámicos de los ejes de arrastre	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.9	Pasos de cadenas de rodillos comunes en el mercado.....;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.10	Valores para seleccionar la cadena 1.....;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.11	Capacidad nominal (en hp) de cadenas de rodillos de paso único e hilo Sencillo para una catarina de 17 dientes.	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.12	Factores para cadenas de hileras múltiples.;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.13	Factores de corrección para los dientes.....;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.14	Selección de cadenas.	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.15	Factores de tamaño que se sugieren ks	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.16	Factor de aplicaciones sugeridos;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.17	Coefficiente elástico cp.....	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.18	Factores para diámetros externos e internos;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.19	Dimensiones seleccionadas para los ejes (continúa...)	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.14	Dimensiones seleccionadas para los ejes (concluye);	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.



Tabla 4.20	Factores para calcular rodamientos rígidos de bola única.....	; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.21	Factores del rodamiento rígido de bola 6300-z;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.22	Rodamientos seleccionados para cada sistema;	ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.23	Tamaño de cuña contra tamaño del eje.....	; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.24	Selección del material de la cuña.....	; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 4.25	Selección del material de la cuña.....	; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
Tabla 5.1	Recolección de datos del proceso de corte.....	170
Tabla 5.2	Recolección de datos del proceso de doblado.....	171
Tabla 5.3	Tabla comparativa entre cantidad producida.....	172
Tabla 5.4	Costos fijos en la producción con método tradicional.....	173
Tabla 5.5	Costos fijos en la producción con máquina.....	174
Tabla 5.6	Tabla comparativa de costos por paquete de sábanas.....	174
Tabla 5.7	Materiales necesarios por caja de 300 sábanas.....	175
Tabla 5.8	Costo de materiales necesarios para la producción y embalaje.....	175
Tabla 5.9	Porcentaje de desperdicio a considerar por material.....	176
Tabla 5.10	Costo variables total para la producción por caja de 300 sábanas.....	176
Tabla 5.11	Costos total para la producción por caja (300pzas). Método tradicional vs. Máquina.....	177
Tabla 5.12	Conceptos a considerar para la inversión inicial.....	178
Tabla 5.13	Total inversión inicial.....	178
Tabla 5.14	Conceptos a considerar para la inversión inicial.....	179
Tabla 5.15	Flujo de caja estimado a 5 años para producción tradicional.....	181
Tabla 5.16	Flujo de caja estimado a 5 años para producción con maquina.....	182





ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1	Selección De La Mejor Propuesta Para Doblado Longitudinal.....	40
Gráfico 3.2	Selección De La Mejor Propuesta Para Doblado Transversal.....	40
Gráfico 3.3	Selección De La Mejor Propuesta Para Corte.....	41
Gráfico 4.1	Relación diámetro vs. Ángulo de contacto	66
Gráfico 4.2	Velocidad angular del eje 2 (w_{21}) vs. Tiempo (t).....	77
Gráfico 4.3	Velocidad angular del eje 2 (w_{21}) vs. Tiempo (t) aceleración (3s.)	77
Gráfico 4.4	Aceleración angular del eje 2 (α_{21}) vs. Tiempo (t).....	78
Gráfico 4.5	Aceleración angular del eje 2 (α_{21}) vs. Tiempo (t) aceleración (3s.)..	78
Gráfico 4.6	Relación de desgaste (rd) vs. Tiempo (t)	81
Gráfico 4.7	Momento en el eje 2 (m_{2f}) vs. Tiempo (t).....	82
Gráfico 4.8	Momento en el eje 2 (m_{2f}) vs. Tiempo (t) aceleración (3s.).....	83
Gráfico 4.9	Momento en el eje 3 (m_{3f}) vs. Tiempo (t).....	83
Gráfico 4.10	Momento en el eje 3 (m_{3f}) vs. Tiempo (t) aceleración (3s.)	84
Gráfico 4.11	Potencia en el eje 3 (pot_{3f}) vs. Tiempo (t).....	85
Gráfico 4.12	Potencia en el eje 3 (pot_{3f}) vs. Tiempo (t) aceleración (3s)	85
Gráfico 4.13	Factor de distribución de carga km y cm.....	109
Gráfico 4.14	Factor de geometría j.....	110
Gráfico 4.15	El factor de geometría i	111
Gráfico 4.16	Número de tensión permisible para engranes de acero.....	112
Gráfico 4.17	Profundidad efectiva superficie para aceros carburizados he	113



INTRODUCCIÓN

Hoy día, gran cantidad de productos son confeccionados en telas no tejidas debido a las propiedades que poseen como: impermeabilidad, resistencia al desgarre, telas delgadas y capacidad de filtrar partículas muy finas. Algunos de los elementos que se producen con estas telas son para: tapicería, confección de pañales, paños de limpieza y material médico quirúrgico.

La vestimenta y lencería desechable se ha convertido en uno de los implementos fundamentales en las diversas prácticas médicas, principalmente porque contribuye con la higiene y asepsia en distintas áreas quirúrgicas y de salud debido a sus propiedades de barrera de bacterias. Entre algunos de estos productos se encuentran: cubrebotas, tapabocas, batas para paciente, monos, gorros de cirujano y de enfermera, entre otros.

Las sábanas para camilla o cubrecamillas representan uno de los tantos elementos necesarios y con alta demanda en el área de la salud, por lo que se requiere contar con tecnologías que permitan la transformación y manufactura de estos productos de manera sencilla, ya que en la actualidad el proceso de elaboración de este producto se realiza de manera manual en muchas empresas.

Por esta razón, el propósito de nuestro proyecto consiste en llevar a cabo el diseño de una máquina capaz de cortar y doblar la tela para producir sábanas para camilla, con el fin de aumentar la producción, abaratar los costos de fabricación y fomentar una propuesta viable para cubrir parte de ese mercado.

La idea consiste en implementar técnicas existentes para corte y doblado utilizados en procesos de fabricación de industrias textiles o afines en un diseño que permita una producción en serie, con un sistema y material apropiado que garantice



mantener las propiedades de la tela y que cumpla con las especificaciones requeridas para elaborar el producto.

Una vez finalizado el diseño es importante realizar un estudio de la factibilidad económica que puede proporcionar la sustitución del método actual por el uso de la máquina, con el fin de evaluar la viabilidad de este proyecto a futuro y tomar conciencia sobre las ventajas a nivel de costo que representa poner en marcha nuestra propuesta.

También se pretende construir una parte del sistema utilizando diversas técnicas de fabricación, seleccionando el material apropiado y utilizando componentes y dispositivos que se encuentren dentro del mercado nacional.

Consideramos que la culminación de los objetivos planteados nos aporta experiencia y una gran oportunidad en la parte ingenieril debido a que se está desarrollando un trabajo que incluye parte de todos los pasos esenciales requeridos para lograr un proyecto a cualquier nivel, abarcando desde la investigación de mercado, la elaboración de un diseño, la selección de materiales; hasta la utilización de procesos de fabricación y el análisis económico de la producción.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Motivación

En las instalaciones de un hospital o clínica, es imprescindible el uso de vestimenta y otros tipos de lencería apropiada en ciertas áreas, para mantener el cuidado y la higiene tanto de los pacientes como de las personas que están en contacto con ellos.

A lo largo de muchos años, se ha aplicado la técnica de lavado y esterilizado para la limpieza de la indumentaria utilizada por los cirujanos, enfermeras y pacientes; sin embargo, décadas atrás, en una gran cantidad de países a nivel mundial, se ha comenzado a implementar el uso de ropa desechable, abaratando los costos de este tipo de vestimentas y permitiendo a su vez, prescindir de la adquisición y mantenimiento de grandes maquinarias destinadas a la preservación de la asepsia, tales como: lavadoras industriales y autoclaves.

En nuestro país, existe un amplio mercado para el consumo de lencería médica desechable, muestra de ello es la gran cantidad de fábricas y de distribuidoras de equipos cuya producción está dirigida a este sector; por lo cual, es de gran importancia el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la manufactura de este tipo de productos de manera rápida y eficaz.

El diseño y construcción de nuevos equipos destinados a la confección de lencería médica desechable permite cubrir una gran demanda, aminorar tanto el tiempo de ejecución como los costos de producción y promover la utilización de estos productos en diversas prácticas médicas o áreas para la salud, preservando en todo momento el cuidado y la higiene de los pacientes.



1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad, en las diversas prácticas médicas, se ha hecho cada vez más frecuente la utilización de diferentes tipos de lencería desechable, lo que ocasiona un aumento en la demanda de productos confeccionados en telas no tejidas (non-woven) [I.5] como cubrebocas, tapabocas, batas para paciente, gorros de cirujano y de enfermera, entre otros, exigiendo a su vez el desarrollo de nuevas tecnologías para la manufactura de tales productos.

Las sábanas para camilla son utilizadas en cada traslado cuando ingresa o egresa un paciente del quirófano, en las camillas o tabladillos de emergencia y de los ambulatorios, con el fin de mantener la asepsia, además, representan uno de los tantos productos con alta demanda en el mercado de la lencería médica desechable.

El procedimiento actual para la confección de dichas sábanas consiste en el tendido de tela no tejida, cuya presentación viene dada en bobinas de diferentes tamaños, sobre un mesón para ser cortada mediante una máquina cortadora industrial; luego se dobla de manera manual y finalmente, se embala para su posterior distribución en el mercado.

La producción de las sábanas para camilla mediante esta técnica está sujeta a la disponibilidad de personal dedicado exclusivamente para el doblado, además del personal especializado necesario en el área de corte de la tela, lo que afecta considerablemente la producción.

De esta manera, el propósito de nuestro proyecto se basa en el diseño y construcción de una máquina capaz de cortar y doblar la tela para producir las sábanas para camilla, con el fin de abaratar los costos de fabricación, optimizar la producción y cubrir un mercado cuya demanda se encuentra en gran auge, con la creación de nuevos centros médicos y las necesidades de los ya existentes.



1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una máquina capaz de elaborar sábanas desechables para camilla, desde la alimentación de la materia prima hasta la recolección del producto antes del empaque, en tres etapas: doblado longitudinal, doblado transversal y corte; llevando a cabo el estudio de la factibilidad económica y la fabricación de una de las etapas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Implementar técnicas actuales para corte y doblado, utilizadas en procesos de fabricación de industrias textiles o afines, en la elaboración de sábanas para camilla con materia prima desechable.
2. Diseñar un sistema automatizado para el corte y doblado de sábanas de camilla.
3. Elaborar un modelo tridimensional de la máquina mediante el uso de un programa de diseño asistido por computadora.
4. Seleccionar el material adecuado para la construcción de cada uno de los elementos que conforman el equipo.
5. Realizar el análisis de la rentabilidad del proyecto mediante un estudio de factibilidad económica.
6. Fabricar una de las etapas de producción basada en el diseño realizado y los materiales seleccionados.



1.4 Alcances

2. Seleccionar el procedimiento más eficaz para la elaboración del producto requerido.
3. Realizar los cálculos pertinentes para que los elementos que componen la maquinaria funcionen de manera óptima.
4. Seleccionar el material tomando en cuenta el costo y la disponibilidad en el mercado nacional.
5. Elaborar los planos del modelo de la máquina a construir mediante un software de diseño.
6. Desarrollar un análisis económico del proyecto.
7. Construir una etapa del sistema que permite la producción de las sábanas para camillas.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

A diferencia de los uniformes requeridos por las enfermeras, los médicos no usaban ninguna clase de ropa especializada sino hasta después de mediados del siglo XX. Al comienzo de ese siglo, los procedimientos quirúrgicos eran dirigidos por el cirujano quien utilizaba vestimenta común o en ocasiones una especie de delantal para proteger su ropa de las salpicaduras de sangre, además de instrumentos e insumos no estériles. Para esa época la marca de un cirujano acertado era la abundancia de sangre en sus ropas, a diferencia del concepto de la medicina de hoy como profesión que considera primordial la limpieza y la conciencia en el desempeño de cualquier operación o procedimiento médico. [I.1]

Las primeras batas para cirujanos se utilizaron a comienzos del siglo XX, mientras que la primera bata de aislamiento se usó en 1910. Algunos cirujanos comenzaron a usar máscaras de gasa de algodón luego del suceso de la gripe española “pandemic” en 1918, y de la necesidad cada vez mayor de protegerse, sin embargo, este método protegía al cirujano del contagio de enfermedades pero no resguardaba al paciente de las infecciones intra-operativas.

El interés médico se acrecentó años después gracias a la creación de la *cirugía antiséptica* asociada a las investigaciones de Joseph Lister, quien dio importancia a la teoría de los gérmenes con relación a la cirugía y la infección realizando estudios sobre agentes químicos para combatir las bacterias y las infecciones quirúrgicas ya que se percató que la putrefacción de las heridas causaban una alta mortalidad en los hospitales.

A mediados de los años 40, los avances de la antisepsia quirúrgica (ahora llamada técnica aséptica) y la ciencia de la infección de las heridas condujeron a la utilización



de antisépticos y ropas para las salas de operaciones. Los instrumentos, insumos e indumentarias fueron rutinariamente esterilizados mediante la exposición a altas presiones de vapor o al gas de óxido de etileno (EtO). [I.2]

Con el cambio de concepción sobre la atención médica, con el desarrollo de la cirugía aséptica y las modernas técnicas diagnósticas y terapéuticas, la imagen del hospital cambió y pasó de ser un lugar donde los proscritos sociales morían a ser un lugar donde los enfermos podían ser curados, lo que se reflejó en el cambio de las vestimentas del personal sanitario del hospital. Los uniformes negros de las enfermeras de las órdenes religiosas, por ejemplo, se volvieron blancos, de forma que el personal sanitario e incluso los enfermos y visitantes deberían cambiaban su atuendo por vestimentas blancas. [I.10]

El blanco se asoció con las salas del hospital donde se curaban a los pacientes y se adoptó como color simbólico de la institución, siendo este utilizado originalmente en las vestimentas para acentuar higiene y pulcritud; sin embargo, la combinación de luces brillantes y de un ambiente sumamente claro conducía a la fatiga visual para el cirujano y el personal.

Desde la segunda mitad del siglo XX (entre los años 50 y 60) se empezó a adecuar la vestimenta a las nuevas tecnologías sustituyendo el color blanco por el verde o azul, debido a que permiten mayor contraste ante el uso de las potentes luces blancas en las salas para evitar reflejos desagradables sobre los trajes, reducir la fatiga del ojo y facilitar la visión del equipo de quirófano, además, que las salpicaduras de sangre no fuesen tan visibles. [I.3]

A finales de los años 60 e inicio de los 70, con el bum de los pañales desechables, la industria de materiales no tejidos se fue desplegando cada vez más rápido, como consecuencia de las mejoras que se querían obtener al proporcionar más confort y a la vez mayor resistencia en un pañal de un solo uso. Este tipo de industria



pasó del uso de la tela tipo rayón, utilizado en los primeros pañales, a la tela no tejida de tipo spunbond (SB), desarrollado con polipropileno. [I.1]

Es a principios de los 80 cuando las empresas fabricantes de productos a base de la tela no tejida, comienzan a proyectar los beneficios que podría producir la implementación de esa materia prima en lencería destinada a los hospitales, clínicas, ambulatorios y otras áreas para la salud en general y se empieza a sustituir la tela común (que requiere ser lavada y esterilizada) por una desechable.

La fabricación de lencería médica desechable comenzó a llevarse a cabo utilizando telas no tejidas de manera manual como cualquier fabricación textil, sin embargo, actualmente diversas empresas extranjeras destinadas a la fabricación de maquinarias han desarrollado equipos especiales para la manufactura de lencería médica.

En Venezuela, algunos fabricantes de lencería médica a nivel nacional entre las que están: UM descartables, Corporación médica los llanos, Dext medical industries, Seris, Quest, Gaesca, Makromédica, Descartables carabobo. En estas se produce la lencería médica descartable mediante procesos de producción en algunos casos con maquinaria especial y en otros con intervención manual.

Para el año de 1989, en nuestro país, *Grupo telares Maracay* funda una empresa con el nombre de *Politex*, cuya función es la elaboración de telas no tejidas, convirtiéndose en la primera empresa de América del sur en crear productos del tipo spunbond a base de 100% polipropileno, llegando en 1990 a exportar el 70% de su producción a muchos países del continente americano.

Dext Medical Industries es una empresa nacional dedicada desde hace más de 20 años a la fabricación, importación y comercialización de lencerías de primera necesidad para los quirófanos de clínicas y hospitales del país. [I.7]



A finales de los 80 también inicia sus actividades la empresa Medical Key inició la fabricación de cubre botas y gorros para cirujano cuando ya se había iniciado la importación de productos médicos desechables en Venezuela.

En los 90, la industria cambia el spunbond por el tipo de SMS (Spunbonded-Meltblown-Spunbonded), tipo de tela resultante de una combinación de la spunbond y meltblown, otorgándole al nuevo producto los beneficios de los dos tipos de tela como: impermeabilidad, tela muy delgada y capacidad de filtrar partículas muy finas.

En la industria del mercado actual existe lo que se conoce como máquina convertidora (converting machine). Este tipo de maquinaria se ha venido desarrollando desde hace más de 40 años por diversas empresas para la fabricación de cartones para empaques y papelería. La mas reconocida de estas a nivel mundial es paper converting machine company ltd, adquirida recientemente por la empresa Barry-wellmiller.

Una de las empresas internacionales que se ha especializado en la fabricación de productos a base de tela no tejida es NCM (Nonwoven Converting Machinery Co., Ltd) ubicada en Taiwán, la cual lleva más de 10 años en el mercado. Esta empresa es especialista en la fabricación de cubre botas, mascarillas, gorros de cirujano, empaques de discos, etc. [I.5]

El desarrollo de diseños y construcciones de diversos tipos de máquinas destinadas a la transformación de materia prima se ha producido en todos los campos y áreas a nivel industrial, caracterizándose por el ajuste de mecanismos y elementos apropiados tanto de manera mecánica como automatizada.



En lo que a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV respecta, han sido creados distintos trabajos para resolver problemas de diversa índole, entre los cuales se citan:

- Núñez y Valladares (1989): Desarrollaron el diseño y construcción de un troquel de pasos múltiples para estampado, corte, perforado y doblado en las instalaciones de la empresa Alubat C.A. Se basaron en el estampado como método de transformación de láminas, describiendo los mecanismos necesarios en su ejecución incluyendo los troqueles y las prensas (enfaticando sobre el corte y doblado) y aspectos para elegir materiales para estampas.

- Álvarez y Pernía (1993): Realizaron el diseño de un equipo automático para ensamblar máquinas desechables de afeitarse en la planta Shick Interamericana S.A. basados en los requerimientos de producción, los patrones y parámetros de calidad y de las necesidades del proceso de ensamblaje manual, con el fin de triplicar los niveles de producción demandados para la época, buscando contar con mayor capacidad instalada para cubrir nuevos mercados e incrementar los existentes.

- Lavange y Miranda (1999): Desarrollaron el diseño de una máquina automática para cortar y doblar alambres de bastidores de colchones mediante la aplicación de sistemas neumáticos y eléctricos por controladores lógicos programables (PLC).

- Ruíz y Toro (2005): Llevaron a cabo el diseño y la fabricación de una mesa automática para contar, cortar y rebobinar rollos de etiquetas y papel; reduciendo el rebobinado a cores de igual y menor tamaño mediante un sistema ergonómico, de pequeñas dimensiones, sencillo funcionamiento y fácil de instalar.



2.2 Desarrollo de la ropa desechable

Los primeros productos utilizados para cirugía fueron reusables y estaban hechos de algodón de muselina. Desarrollos posteriores han incluido tejidos combinados y sintéticos como el poliéster.

Debido al incremento en la necesidad de crear barreras protectoras en los elementos y batas quirúrgicas, se ha variado gradualmente el material utilizado en el campo de lencería médica desde muselina de algodón (100% algodón) hasta mezclas de poliéster con algodón.

En los últimos años se han desarrollado materiales más avanzados como:

1. Tejido poliéster: tejido sintético apretado)
2. Materiales compuestos: Materiales diseñados para mejorar el desempeño con recubrimiento y laminados a los tejidos para reducir la permeabilidad a los líquidos.

En la década de los 70 los fabricantes comenzaron agregar recubrimientos a los tejidos para reducir la permeabilidad a los líquidos. Los materiales no reusables se comenzaron a desarrollar para reducir las deficiencias de las telas tejidas. [6]

Hoy día, cada vez es mayor la tendencia a utilizar ropa y lencería desechable, debido a sus múltiples ventajas, entre las cuales se encuentran:

- Bajo costo en materia prima.
- Elevada resistencia.
- Buena apariencia.
- No transparencia.
- No se deshilacha
- Propiedades de barrera.
- No se despeluzo.
- No se degrada.



- No alberga bacterias.
- Permeabilidad al aire.
- Antialérgico.
- No tóxico.
- Protección antiplama
- Opacidad.
- Resistencia.
- Fácil almacenamiento.

Tabla 2.1 Razones para usar desechables.

Fuente: Campos y Batas Quirúrgicas Desechables. Artículo por: María Cristina León.

Factor	Algodón	Desechabe
Paciente	Desconfianza en su uso en las buenas normas de lavandería.	Total satisfacción
	Altos inventarios	Protección
	Mayor consumo de recursos en el proceso	Prestación continua de servicios
	Rápido desgaste del material	Menor tiempo de aislamiento en un procedimiento
Empresas	Dependencia a condiciones climáticas o al buen funcionamiento de equipos de lavandería.	Disminución de inventarios en productos e insumos
	Consumo excesivo de recursos naturales	Menor tiempo de transporte
	10 veces más costoso	No inspecciones y reparaciones del material
	Tiempo de reposición de uso en 50 lavadas.	Mejor aspecto en la presentación del servicio.

2.3 Telas no Tejidas

La tela no tejida es una malla o tela como material compuesto por fibras largas o filamentos unidos por sustancia química, mecánica, tratamiento de calor o disolvente.



Al igual que todos los tejidos tradicionales, las telas no tejidas son estructuras planas, flexibles y porosas, sin embargo su método es diferente al entrelazado (interlooping) utilizado en las telas tejidas, ya que no requiere de hilos elaborados a partir de fibras de seda, lana, algodón poliéster, etc. [I.4]

Las telas no tejidas son generalmente elaboradas a partir de resinas plásticas, tales como nylon, poliéster, polietileno o polipropileno. Pueden ser confeccionadas para ofrecer funciones y propiedades específicas como: Absorción, resistencia, elasticidad, resistencia al fuego, amortiguación, repelencia de líquidos, suavidad, fuerza, filtrado, lavable, barrera bacteriológica y esterilidad. Estas propiedades pueden combinarse para lograr un producto para un uso especial con un buen balance entre tiempo de vida y costo. [I.6]

En combinación con otros materiales, proveen una gama de productos con diferentes propiedades. Son usadas solas o como componentes en ropa, muebles, cuidado de salud, aplicaciones industriales o productos de consumo.

Las telas no tejidas se clasifican en:

1. Telas durables: Destinadas a un periodo de larga duración. Entre ellas se encuentran: los fieltros, las telas de tapicería y las telas geotextiles empleadas en la construcción de carreteras.
2. Telas desechables: Diseñadas para un tiempo de vida limitado. Entre ellas están: las telas para la confección de pañales, lencería médica, toallas sanitarias, pañitos para limpieza.

Las telas más usadas en la elaboración de productos desechables para el ramo médico son: SB (Spunbond), Meltblown y SMS (Spunbond-Meltblown-Spunbond).



2.3.1 Tela no tejida Spunbond o SB

La tela no tejida SB o Spunbond es fabricada depositando filamentos continuos en forma circular y uniforme sobre una correa de recolección enlazándolas al azar unas con otras. Los filamentos son creados por la extrucción de la materia prima y entorchada por una serie de dispositivos distribuidos a lo ancho formando un bloque que dará el ancho de la tela. Normalmente es utilizado 2 o más bloques colocados en tandem (uno delante del otro). Las fibras son separadas en el proceso por los jets de aire o las cargas electrostáticas.

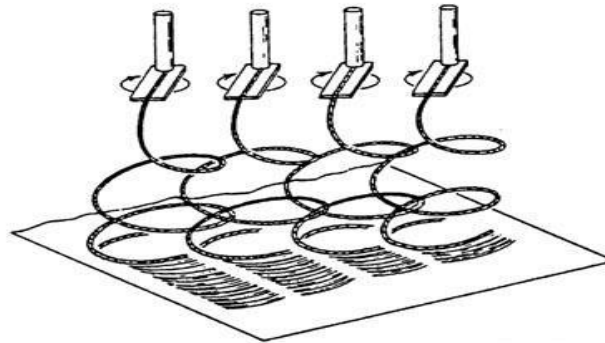


Fig. 2.1 Separación de fibras durante la formación de la tela no tejida SB.

Fuente: <http://www.answers.com/topic/nonwovenfabrics>

La superficie de recolección esta generalmente perforada para evitar que la corriente de aire desvíe las fibras de una manera incontrolada. Para unir las fibras se utilizan rodillos o agujas calientes de manera de derretir parcialmente el polímero y fundirlas. [I.6]

Las telas spunbond ofrecen una amplia gama de características de producto que van desde una estructura muy ligera y flexible a una muy pesada y rígida. Entre algunas de sus características están:

1. Estructuras de fibras al azar.
2. Generalmente la tela es blanca con una alta opacidad por unidad de área.

3. Muchas de las telas de tipo spunbond son realizadas en varias capas, el número de capas incrementan con el número de peso base.
4. El peso base puede estar de 5 a 800 g/m², normalmente se encuentra entre 10 a 200 g/m².
5. El diámetro de las fibras se encuentra entre 1 a 50µm, pero el rango preferido esta entre 15 a 35µm.
6. El espesor de la tela oscila entre 0.1 y 4.0mm, típicamente 0.2 a 1.5mm.
7. Posee Ratas de alta dureza y peso comparados con otros tipos de telas no tejidas.
8. Buena resistencia al uso y a los pliegues.
9. Alta retención de líquidos.

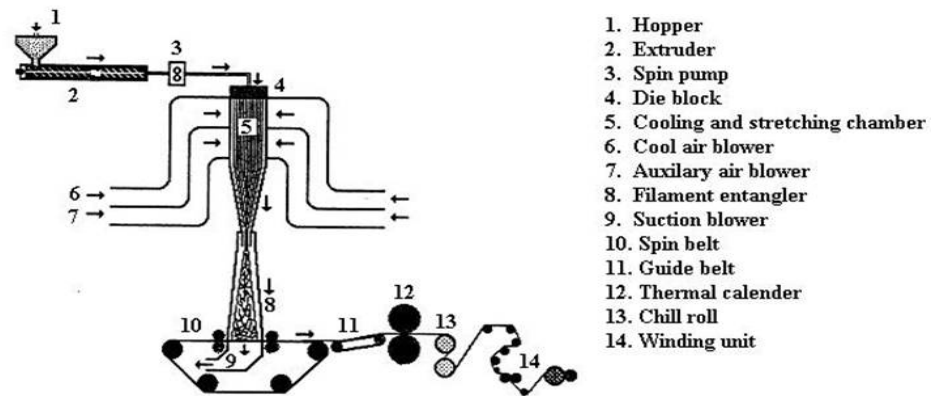


Fig. 2.2 Proceso de elaboración de la tela no tejida SB.

Fuente: <http://www.answers.com/topic/nonwovenfabrics>

En general, el alto peso molecular y su amplia distribución, polímeros descritos a continuación pueden ser usados en el proceso de spunbonding para producir telas uniformes del tipo SB.

Polipropileno (PP): Es polímero más utilizado para producir telas no tejidas del tipo spunbond. Suministra la mayor rentabilidad de fibra por kilogramo y un poder de capa al más bajo costo debido a su baja densidad. Considerables avances se



han realizados en la fabricación de resinas de polipropileno y aditivos desde que la primera tela del tipo spunbond fue comercializada en los 60.

Aunque el polipropileno inestable es degradado rápidamente por la luz ultravioleta, estabilizadores mejorados permiten exposiciones al medio ambiente durante muchos años antes de que la fibra se deteriore. Para reducir los costos, desechos de esta fibra pueden ser nuevamente transformados en materia prima y mezclados en cantidades pequeñas con fibras nuevas para producir una tela de spunbond de primer grado. Sin embargo, son muy difíciles de teñir después del procesamiento.

Poliéster (PET): Esta fibra tiene una fuerte aprobación del consumidor y un uso extenso en la industria y brinda ciertas ventajas sobre el polipropileno aunque es más costoso.

A diferencia del polipropileno, los desechos de poliéster no son reciclados fácilmente para producir tela del tipo spunbond. Presenta unas buenas propiedades físicas, tiene un punto de fusión elevado y propiedades de tejido excelente. Las telas de poliéster son teñidas con facilidad e impresas con equipos convencionales.

Polietileno (PE): La baja densidad lineal provee a la fibra una resistencia química excelente, muy suave al tacto y no tiene recepción a la pintura. A pesar del bajo procesamiento físico, el bajo punto de fusión y las propiedades moderadas de resistencia del tejido, es usado en un amplio rango de productos debido a su facilidad de procesamiento y su suavidad.

Nylon (PA): La fabricación de spunbond es hecha con nylon 6 y 6,6. El nylon es altamente consumidor de energía, por lo tanto, más costos que las fibras de polipropileno y poliéster. Las telas de spunbond de nylon 6,6 son fabricadas con pesos tan bajos como de 10mg/m^2 y con una excelente capa y fuerza. A diferencia de las fabricadas con poliéster, las hechas con nylon absorben fácilmente el agua gracias



al vinculación de hidrogeno entre las moléculas del grupo de la amidas con las moléculas de agua.

2.3.2 Tela no tejida Meltblow o MB

La tela no tejida MB o Meltblow posee diámetros de fibra muy fina, pero no son fuertes telas, es de las más nuevas y ultimas tecnologías en el proceso de desarrollo de tela no tejida.

Este proceso es unico debido a que es usado casi exclusivamente para producir *microfibras* en vez del tamaño normal de las fibras textiles. El diámetro de las fibras están entre el rango de 2 a 4 μm , sin embargo puede ser tan pequeña como de 0.1 μm y tan larga entre 10 a 15 μm . [I.1]

La diferencia entre este tipo de tela y las demás es el grado de suavidad, porosidad, capas u opacidad que pueden ser alcanzados variando el tamaño de los filamentos.

El proceso de MB es muy similar al de SB el cual convierte resina en tela no tejida en un solo proceso integrado. Un típico proceso de MB consiste en lo siguientes elementos: extracción, bombas, ensamble de moldes, formación de tela y embobinado. [I.6]

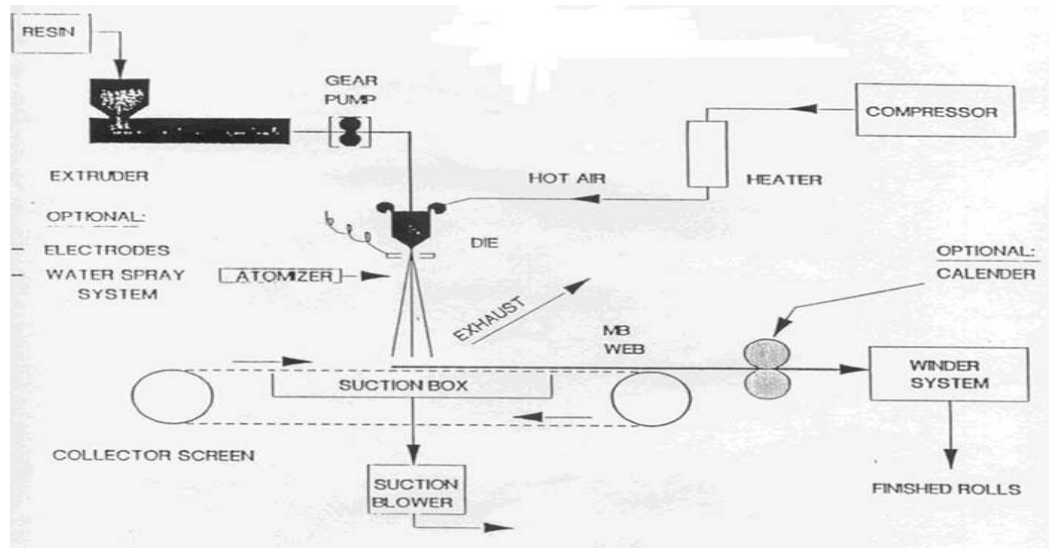


Fig. 2.3 Proceso de elaboración de la tela no tejida MB.

Fuente: <http://www.answers.com/topic/nonwovenfabrics>

El tipo de polímero o resina usada definirá la elasticidad, suavidad, impermeabilidad, resistencia química y otras propiedades. Una de las ventajas de la tecnología Meltblow es la utilización de una gran cantidad de diferentes polímeros al igual que la mezcla de polímeros. Algunos polímeros los nombraremos a continuación:

1. Polipropileno permite una buena tela y un fácil proceso.
2. El polietileno es más difícil de tratar en la unión de fibras finas que el polipropileno porque es muy elástico a la hora de fundirse.
3. El PBT se procesa fácilmente y produce una tela muy suave con fibras muy finas.
4. El Nylon-6 es fácil para procesar y permite hacer buena tela.
5. Policarbonato produce telas con fibras muy suaves.
6. Polivinílico (4-metil pente-1) produce telas muy suaves y esponjosas.
7. Poliestireno produce telas extremadamente suaves y esponjosas.



De la mayoría de los polímeros el más utilizado es el polipropileno. El polipropileno con su viscosidad baja posee un punto de temperatura de fusión bajo dando facilidad en la formación de las fibras. Esta abarca del 70% a 80% de la producción total de Norteamérica. [I.6]

La viabilidad de utilizar PET (poliéster) original y reciclado también se ha estudiado. Las telas de PET tienen una tendencia fuerte a encogerse dependiendo de la cantidad de flujo de aire utilizado. El ajuste del calor en las telas no tejidas de poliéster o alternativamente, el uso de PBT (tetrapolibutileno) fue sugerido como los medios posibles para la elaboración térmicamente estable de las telas no tejidas de poliéster.

Las Telas del tipo Meltblow tienen un amplio rango de características pero las más importantes son:

1. Orientación de las fibras al azar.
2. Generalmente alta opacidad (Teniendo un alto factor de capas).
3. El rango de diámetros de fibra varia entre 0.5 a 30 μm , pero típicamente son de 2 a 7 μm .
4. El Rango de peso base varia entre 8 a 350 g/m^2 , normalmente esta entre 20 a 200 g/m^2 .
5. Las microfibras proveen una gran área en la superficie con buenas características de aislante y filtración.
6. Las fibras poseen una suave textura en la superficie.
7. Muchas telas de este tipo son elaboradas en varias capas.

2.3.3 Tela no tejida SMS

Las siglas SMS corresponden a Spunbonded-Meltblown-Spunbonded. Esta tela se hace también a base de polipropileno 100%. Este tipo de tela, está formada por

3 capas (trilaminadas). Dos capas externas de Spunbonded y una capa intermedia de Meltblown.

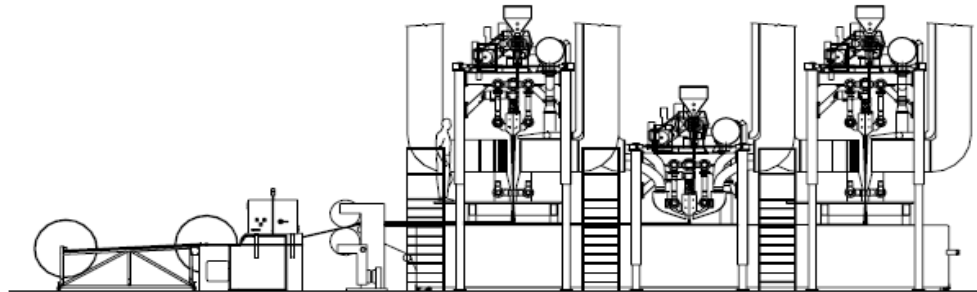


Fig. 2.4 Estación para fabricar tela del tipo SMS.

Este tipo de tela compuesta ha conseguido una gran aceptación en el mercado ya que es una tela mejorada puesto que se combinan las buenas propiedades de ambos tipos de telas y a la vez se minimizan las desventajas individuales de cada una. Esto se logra combinando los espesores o gramajes adecuados en ambos tipos de tela y ubicando la capa de meltblown en el centro y las capas de spunbonded externas. [I.8]

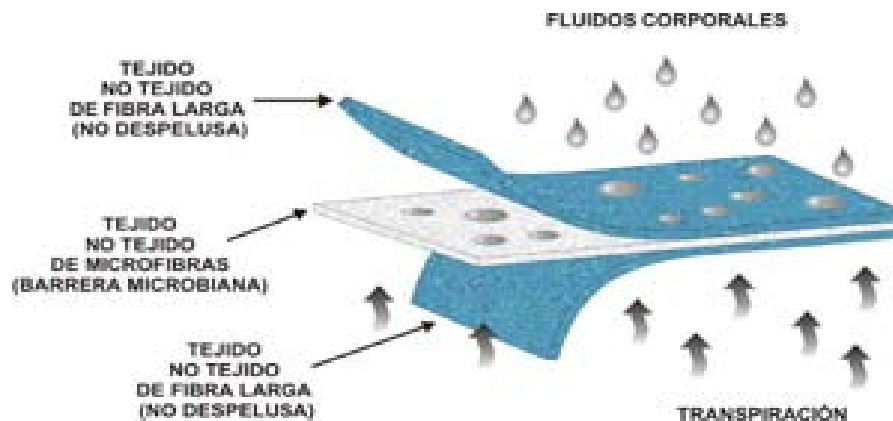


Fig. 2.5 Composición de la tela del tipo SMS.

Fuente: <http://www.umdescartables.com/telas/sms/>

La combinación de estos materiales le otorgan a esta tela las siguientes propiedades:

1. Buena resistencia.



2. Buenas propiedades mecánicas (resistencia tensil, resistencia al desgarre y porcentaje de elongación).
3. Barrera bacteriológica.
4. Resistencia al paso de líquidos.
5. Respirabilidad.
6. Buena opacidad.
7. Propiedades antiestáticas.
8. Esterilización por vapor o gas.
9. Más suave.

Al ser esta tela impermeable, se evita el contacto de la piel en las intervenciones quirúrgicas con cualquier tipo de fluidos contaminantes, por lo cual ofrece una excelente barrera contra el riesgo de infecciones al impedir el paso de gérmenes patógenos de la sangre.

Algunas de las aplicaciones de este tipo de tela en el campo médico son:

- Gorros de Enfermera y Cirujano.
- Cubrebotas.
- Tapabocas.
- Batas de Paciente y Cirujano.
- Monos.
- Kits de Paciente.
- Cubrecamillas.
- Equipos de Laparotomía.
- Kits de Obstetricia.
- Kits para Cesárea.

En el mercado este tipo de tela es conseguida en varias presentaciones tanto de colores como de gramaje por metro cuadrado, siendo las mas utilizadas en el



mercado venezolano para la producción de lencería médica el color azul y gramajes entre 25g/m² a 40g/m².

2.4 Definiciones

Antiestática: Se refiere a la propiedad de impedir la formación de electricidad estática.

Antiséptico: Quiere decir que se mata o impide el desarrollo de los microorganismos patógenos causantes de las infecciones.

Asepsia: Relacionado con la ausencia de microbios o infecciones, y/o al conjunto de procedimientos científicos que se llevan a cabo para preservar de gérmenes o microbios una instalación o un organismo.

Barrera Efectiva: Se considera como la propiedad de reducir el riesgo de infecciones de la herida, de transmisión de patógenos sanguíneos y otros microorganismos.

Camilla: Cama estrecha y portátil, que se lleva sobre varas a mano o sobre ruedas, para transportar enfermos, heridos o cadáveres.

Core: Tubo o canuto de cartón u otra materia donde se enrolla la tela.

Cubrecamilla: Material que envuelve o cubre la camilla para proteger al paciente de infecciones o microorganismos que puedan encontrarse en esta.

Devanado: Se refiere a que se encuentra alrededor de un eje o carrete.

Elongación: Es el cambio de longitud que presenta un material bajo una carga teniendo en cuenta una longitud inicial. Se mide como el aumento de la distancia o



extensión entre dos marcas de la probeta, bajo condiciones normalizadas en el ensayo de resistencia a la tracción.

Esterilización: Proceso por el cual se hacen desaparecer todo tipo de gérmenes nocivos o patógenos.

Impermeabilidad: Es la imposibilidad de la tela de ser penetrada por líquidos.

Resistencia: Referida a la condición de la ropa protectora de ser lo como para reducir la probabilidad de ruptura o rasgado durante el uso normal, ya que de lo contrario se compromete la efectividad de la barrera permitiendo la penetración de líquidos y microorganismos.

Resistencia máxima a la tracción: Es la fuerza necesaria para llegar al punto en el cual el polímero pasa de su región elástica a su región plástica. Se mide gracias a un ensayo esfuerzo vs. deformación.

Resistencia a la abrasión: Se refiere a la propiedad de no ser vulnerable al desgaste por fricción, evitando la degradación potencial de la barrera.

Opacidad: Es el porcentaje de luz dispersada en un ángulo mayor a 2.5° con respecto al rayo incidente cuando este pasa a través de un espécimen de prueba.



CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Elaboración del Diseño

Para el proceso de diseño nos basamos en una metodología en la que se realiza una búsqueda de sistemas y métodos ya existentes de manera sistemática, fortuita y discreta mediante ciertas consideraciones de evaluación y criterio, todo esto con el propósito de hallar las opciones más viables económicamente y para su fabricación.

La técnica básicamente consiste en hallar cierta variedad de alternativas que son sometidas a un proceso de selección en el que se analizan bajo ciertas condiciones preestablecidas por los diseñadores, según los requerimientos fundamentales del sistema, eliminando aquellas opciones que presenten factores indeseables, funcionamientos un tanto mas complejos o que requieran gran cantidad de detalles en su construcción y/o aplicaciones.

El proceso se divide en:

1. Formulación del problema
2. Análisis del problema
3. Búsqueda de alternativas
4. Evaluación
5. Especificación y Selección

3.1.1 Formulación del Problema

Existen diversas fábricas en nuestro país que manufacturan diversos productos de lencería médica, entre estos están las sábanas para camillas, cuya elaboración se realiza de forma manual en la actualidad. Se quiere sustituir este proceso por una



máquina capaz de producir este tipo de producto de una manera rápida y eficaz., aumentando la capacidad de las empresas para cubrir la demanda.

3.1.2 Análisis del problema y Restricciones preliminares.

Para alcanzar nuestro objetivo de diseñar una maquinaria que permita simplificar el proceso de producción de sábanas para camillas, se requiere considerar ciertos parámetros o restricciones preliminares que deben considerarse en la búsqueda de la solución más óptima, entre estos están las siguientes:

1. El producto debe elaborarse partiendo de una bobina de materia prima de 1.05 m de ancho.
2. Permitir la producción con diferentes tipos de gramajes de tela no tejida, principalmente de 25g/m².
3. Sea capaz de cortar la tela a 2 m de largo (tamaño estándar utilizado para las sábanas de camilla).
4. Lograr el dobléz de la sábana hasta un producto final de 25x25 cm.
5. Su operación requiera un solo operario.
6. El costo de construcción debe ser bajo y con la mayor cantidad de piezas y materiales disponibles en el mercado nacional actual.

Las funciones básicas necesarias que debe cumplir la máquina a diseñar son:

1. **Corte:** debe realizarse un corte de un lado a otro, es decir, en dirección perpendicular al desenrollado de la tela, buscando mantener el esfuerzo máximo de la tela en la dirección necesaria.



2. ***Doblado Longitudinal:*** Esta función se refiere a los diferentes doblados que deben hacerse en la tela de forma paralela a la dirección o sentido que lleva el desenrollado de la tela que refiere al largo o dimensión más extensa que ha de tener la sábana.
3. ***Doblado Transversal:*** Esta función indica los diferentes doblados que deben hacerse en la tela de forma perpendicular al sentido de desenrollado de la tela.

3.1.3 Búsqueda de alternativas.

Se realiza una investigación y sondeo de técnicas desarrolladas en la industria como aplicación para las funciones requeridas en nuestro sistema, mencionadas en anteriormente, las cuales resultan posibles soluciones que nos conducen, mediante su análisis, a la selección del procedimiento que se adapte mejor para el alcance de nuestro propósito.

Se considera lo siguiente:

1. Desarrollo de planteamientos de soluciones para satisfacer cada una de las funciones de la máquina mencionando diversas propuestas.
2. Contemplar ideas novedosas y de componentes o soluciones conocidos o estudiados, después de realizar una investigación de sistemas similares existentes.
3. Cada sugerencia tendrá una breve descripción de su funcionamiento y de los componentes principales en términos generales, con un esquema sencillo, para así ofrecer una mejor perspectiva de las ideas.

Luego de realizar la investigación y una preselección de lo observado, e presentan distintos modelos para las diferentes funciones.



Doblado Longitudinal

1. Tabla de Doblado: Este sistema está conformado por láminas que poseen determinados ángulos e inclinaciones entre sí que permiten, mediante un espacio relativamente reducido, realizar dobleces longitudinales de manera continua en forma de W.

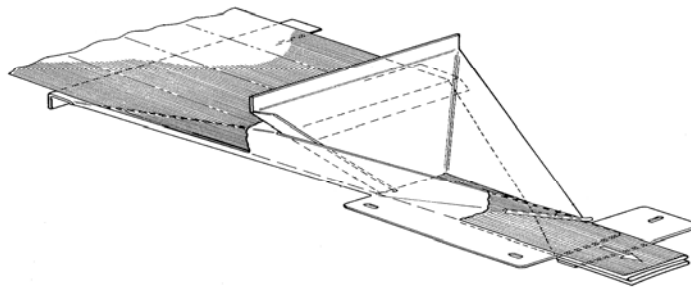


Fig. 3.1 Tablas de doblado

2. Triángulo de Doblado: Es una lámina en forma de triángulo con un ángulo e inclinación específica con respecto a un eje horizontal, posee los bordes redondeados y cierta movilidad. Su función es realizar un doblez muy preciso por el medio del material, uniendo punta con punta, dirigidas por unos rodillos guías que halan la tela para lograr el doblado.

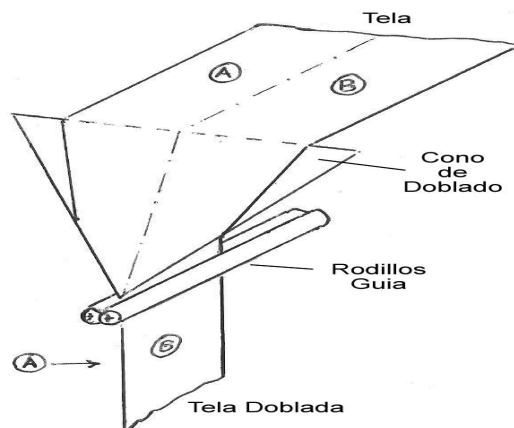


Fig. 3.2 Cono de doblado



3. Doblado por sistema de correas: En este método la tela previamente cortada es dirigida hacia dos sistemas de correas transportadoras colocadas en serie, con una pequeña separación entre sí.

Al iniciar el desplazamiento, los dos sistemas tienen el mismo sentido de rotación, permitiendo que la tela se traslade de un sistema de correa al siguiente. Justo cuando la mitad de la tela se encuentra entre la separación de los dos sistemas, un sensor manda una señal para que el movimiento del sistema de correas final cambie de sentido, al hacer esto una parte de la tela tendrá un movimiento y la otra parte otro, logrando que se introduzca en la separación de los sistemas de correa permitiendo finalmente que se culmine el doblado total de la tela.

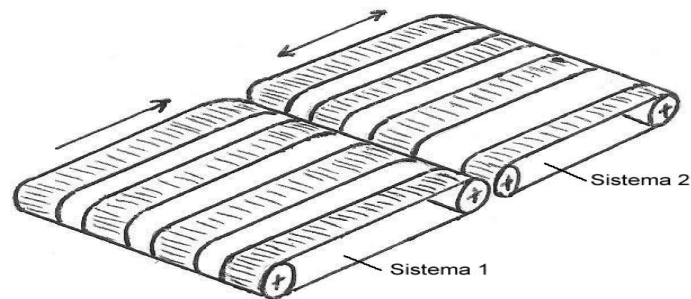


Fig. 3.3 Sistema por correas

Doblado Transversal

1. Enrollado: Mediante esta propuesta, se pretende que la función ejecute un enrollado de la tela en lugar de un doblado como tal. Este sistema consiste en sujetar el extremo libre de la tela con dos pinzas que a su vez puedan girar, de manera que la tela se enrolle sobre las pinzas la cantidad necesaria y luego, una vez realizado el corte, las pinzas se suelten dejando la sábana lista para el empaquetado.

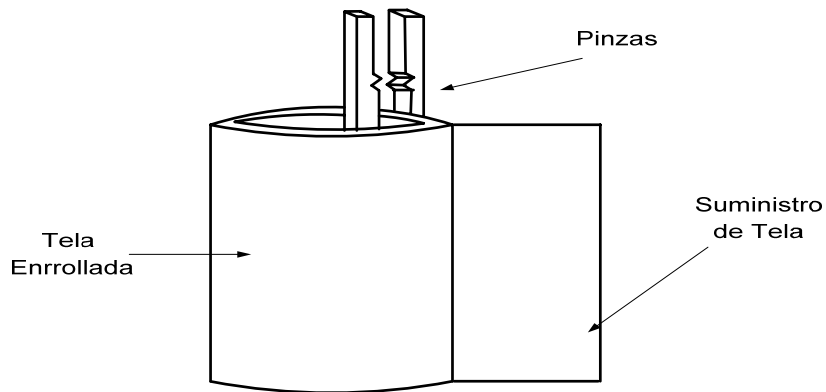


Fig. 3.4 Sistema de enrollado

2. Doblado por rodillos y vara móvil: Esta técnica consta de una vara larga resistente, ubicada perpendicular al sentido de desenrollado de la tela, que se acciona e introduce la tela entre un par de rodillos para doblar en el lugar específico que se desee.

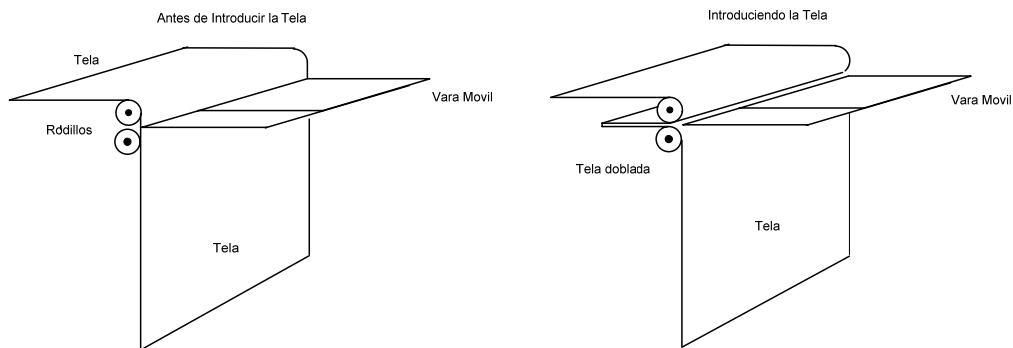


Fig. 3.5 Sistema para doblar por rodillos y cuchilla

3. Doblado por rodillos y aire: En este sistema el aire es soplado a través de una flauta con la finalidad de aproximar la tela a dos rodillos que giran con sentidos opuestos, los cuales en primer lugar sujetan la tela ligeramente en el lugar donde se requiere el doblar, para luego halarla entre ellos, realizando finalmente el doblar.

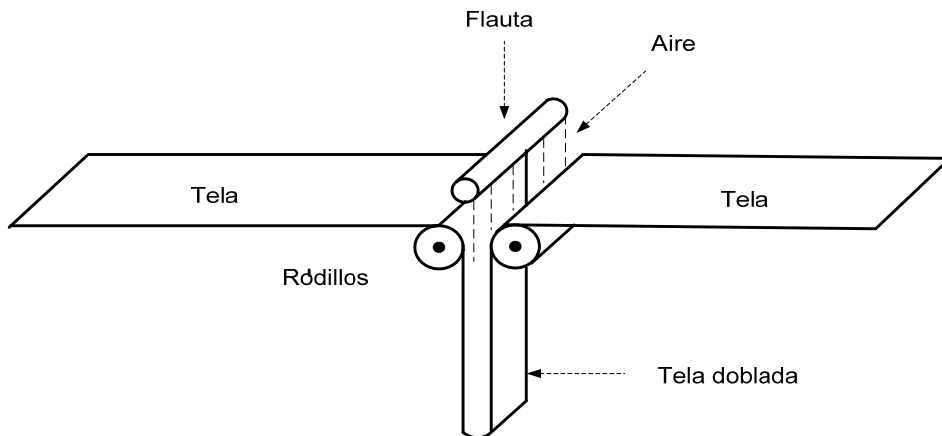


Fig. 3.6 Sistema por rodillos y aire

Sistema de corte

1. Corte con cuchilla rotativa: Este sistema consta de una cuchilla u hoja larga de acero con filo cortante en un extremo lateral, la cual se encuentra sobre un eje que se mantiene en rotación, movimiento que causa una fuerza que produce el corte.

El material a ser cortado se desplaza paralelo al eje y perpendicular a la disposición de la cuchilla. Cada vez que se completa una revolución se produce un corte en la tela, por lo que debe estar coordinado el movimiento o tiempo de giro con el tiempo de desplazamiento de la tela para lograr el corte deseado.

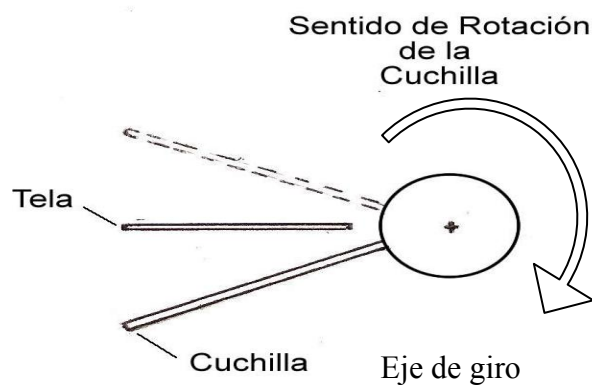


Fig. 3.7 Sistema con cuchilla rotativa



2. Corte por Rodillos y cuchilla: Sistema mecánico compuesto por 2 cilindros o rodillos. Uno de los rodillos posee una cuchilla y otro muy resistente llamado yunque, cuya función es recibir el impacto de la cuchilla para realizar el corte.

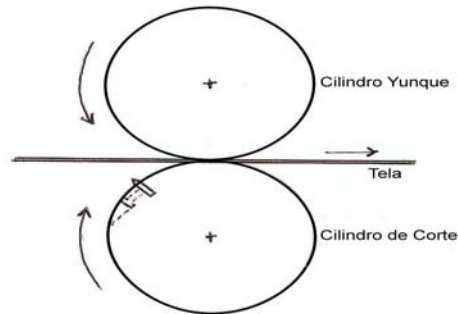


Fig. 3.8 Corte por rodillos y cuchilla

3. Corte por brazos oscilantes: Este es un sistema automatizado que inicialmente se encuentra estático y al recibir una señal acciona el brazo perpendicular a la tela para desplazarse a la velocidad de esta, a la vez que la cuchilla montada en el brazo se desplaza de un lado a otro realizando el corte.

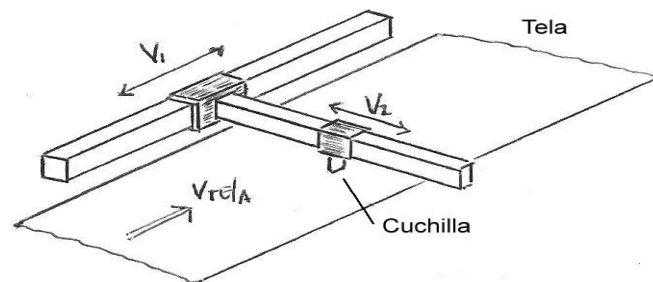


Fig. 3.9 Corte por brazos oscilantes

4. Corte con troquel y parada del sistema: Este troquel posee en su parte anterior y posterior un sistema de agarre que desciende unos segundos antes de bajar el troquel para realizar el corte, de manera que se sujeta la materia prima al mismo

tiempo en que se detiene el sistema. Una vez finalizado este último proceso el sistema de agarre se libera y el sistema continúa avanzando.

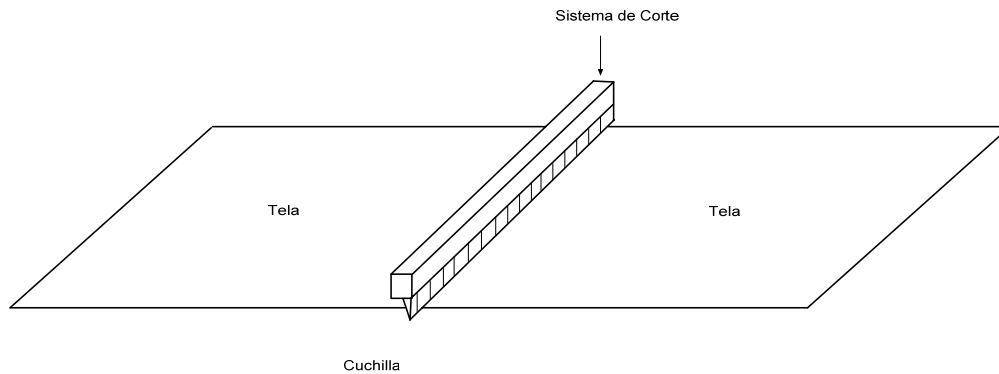


Fig. 3.10 Corte con troquel y parada del sistema

3.1.4 Evaluación

Cada una de las propuestas planteadas debe ser evaluada a fin de determinar cual es la más apropiada para desarrollar el sistema que cumpla con los requerimientos o restricciones iniciales y lograr la producción de sábanas para camillas. Para dicha evaluación, se realiza un análisis de cada idea mediante ciertos parámetros y/ o características, que son seleccionados por considerarse los aspectos más importantes que debe poseer el modelo final.

3.1.4.1 Parámetros de evaluación y selección.

Las ideas mencionadas se someten a evaluación mediante el uso de una matriz de selección donde se consideran ciertos criterios importantes como son:

1. **Funcionalidad:** Se trata de todas aquellas características que hacen que el diseño sea considerado práctico, factible, operable, utilitario y cómodo en su empleo. Estas particularidades deben estar presentes en cada una de las funciones fundamentales del sistema. Entre ellos están:
 - Montaje y desmontaje de bobinas de materia prima.



- Precisión en el corte.
 - Efectividad y velocidad en el doblado.
 - Manejo del desplazamiento de la materia prima.
 - Mantener la tensión de la tela.
2. **Factibilidad de Fabricación:** Este aspecto está relacionado con los factores relacionados con la viabilidad de la construcción (procesos de fabricación requerido, la cantidad de pasos a realizar, el tiempo, los materiales, el número de piezas, las herramientas a usar para el ensamblaje y otras condiciones que intervengan), de manera que se ejecute de forma simple y que mantenga la calidad en el proceso.
 3. **Costo de construcción:** Este punto contempla el costo de componentes, piezas y mano de obra, así como también de los sistemas mecánicos, eléctricos y neumáticos requeridos en todo el proceso de construcción, ensamblaje e instalación.
 4. **Mantenimiento:** Este aspecto involucra los costos, facilidad y tiempo estimado que requiere el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo.

Se debe contemplar y estimar los costos necesarios para el mantenimiento preventivo en el que se realizan cambios de componentes o piezas para reducir la probabilidad de daños en el sistema, mientras que el costo de mantenimiento correctivo se analiza cuando se ha producido un desperfecto o avería, considerando el número posible de piezas a ser reparadas o sustituidas.

La facilidad del mantenimiento se refiere a la accesibilidad y disposición en el mercado nacional de los distintos elementos y componentes, que estarán bajo supervisión y que requieren ser cambiados cada cierto tiempo.



5. **Confiabilidad:** Básicamente se refiere al ciclo de vida técnico, es decir, está asociado a la capacidad de un producto de realizar su función de la manera en que ha sido diseñado sin imprevistos y bajo las condiciones indicadas. Se considera la uniformidad de desenrollado de la materia prima, la precisión en la toma de medidas y la exactitud en el doblado y corte.
6. **Ergonomía:** Puede definirse como la capacidad del mecanismo de facilitar el proceso de trabajo del hombre. Se desea considerar aspectos como fácil manejo y operación del sistema, accesibilidad a los controles de mando, requerimiento de un operario no especializado, comodidad en la postura del operario y originalidad en la disposición de los elementos.
7. **Dimensiones:** Esto se refiere al tamaño del mecanismo ensamblado y el lugar que ha de ocupar, procurando que se realicen todos los procesos en el menor espacio posible.
8. **Mecanismos:** Relacionado con los instrumentos y las estructuras internas a usar que hacen que la maquinaria funcione. Se busca desarrollar un sistema sencillo que sea diseñado con componentes estándares, que sean fáciles de obtener y disponibles en el mercado venezolano, entre los algunos de los dispositivos a considerar están: tipo de motor a usar según torque y revoluciones requeridas, los controladores de encendido y apagado, sensores, sistemas de transmisión, entre otros.
9. **Seguridad:** En este particular se consideran todos aquellos mecanismos y medidas que deben considerarse para prevenir riesgos, asegurar el buen funcionamiento del sistema y garantizar el resguardo tanto del operario como la máquina.



10. **Repuestos:** Este punto está relacionado con aquellos componentes que podrían requerir ser cambiados cada cierto tiempo, procurando que resulte simple el recambio de las piezas y los elementos sujetos al desgaste, además considerar que estén disponibles en el mercado nacional actual.

11. **Durabilidad:** Este punto esta relacionado con las características que debe tener el equipo como la geometría de la carcaza y la resistencia de los materiales a utilizar de manera tal que el equipo realice sus funciones y se mantenga estable por un período de tiempo considerable.

Una vez determinados los parámetros a evaluar en las propuestas, a cada uno se les asigna una ponderación o valoración, según su nivel de prioridad e importancia en el desarrollo del proyecto, basada en la información de diseños similares y estableciendo contacto con personas cuyo trabajo esté relacionado con el tema, para así contemplar las variables y los detalles primordiales del proyecto a realizar, con el fin de obtener la mejor selección entre las propuestas. Los valores estarán entre 1 y 5, siendo 5 un valor para los aspectos que deban considerarse con mayor trascendencia en la selección a tomar.

3.3.2.2 Análisis y Evaluación de propuestas.

Además de definir los parámetros y priorizarlos, se lleva a cabo una evaluación de cada una de las propuestas en relación a dichos parámetros, mediante un criterio de análisis basado en el conocimiento básico de los detalles que caracterizan a cada uno de los diseños previos. Esta evaluación se realiza mediante una escala sencilla de características con un valor específico que va del uno (1) al cinco (5), donde 1 significa que resulta inadecuado o ineficaz para la condición evaluada, mientras 5 que es excelente y tiene gran eficacia, los puntos medios representan estimaciones intermedias expresadas en la tabla siguiente:



Tabla 3.1 Escala de Evaluación

ESCALA	CONDICIÓN
1	Inadecuada
2	Deficiente
3	Buena
4	Muy Buena
5	Excelente

La escala de evaluación expuesta, puede utilizarse tanto para las soluciones planteadas para satisfacer cada una de las funciones de la máquina como para las propuestas para la distribución final de la máquina, en caso de ser requerido.

Con cada uno de los valores, tanto el del parámetro en sí como el de la condición de cada propuesta ante el análisis que se esté realizando (Tabla 3.2), se multiplican, y posteriormente se suman todos los productos según parámetros existan, con lo cual se obtiene el valor total que define la mejor evaluación. (Ver figura 3.11)

		PARÁMETROS	Fórmulas	Parámetro 1	Parámetro 2	Suma de Productos de valores
		Evaluación de Parámetros				
FUNCIÓN	Propuesta	A	5	3		
Corte	Propuesta 1	B	5	4	37	
		A*B	25	12		
	Propuesta 2	B	4	4	32	
		A*B	20	12		

Producto de los valores
Valor de la Condición de la propuesta ante el parámetro

Fig. 3.11 Proceso para evaluar cada posible solución



Las opciones o propuestas con mayor número total, se consideran las más apropiadas para satisfacer las funciones del sistema, por lo cual, se conforman con ellas las propuestas para la configuración final.

3.1.5 Especificación y selección

Una vez planteado el método de evaluación, se desarrolla la matriz de selección (Ver Tabla 3.2) con los valores asignados a cada propuesta respecto a cada parámetro para finalmente hallar las opciones definitivas para el diseño.



Tabla 3.2 Matriz de Selección

FUNCIONES	OPCIONES	Escala de evaluación de parámetros												Valores para toma de decisiones	Selección		
		Formulas	Funcionalidad	Facilidad de Fabricación	Costos de Fabricación	Mantenimiento	Contabilidad	Ergonomía	Dimensiones	Mecanismos	Seguridad	Repuestos	Durabilidad			Innovación	
Doblado Longitudinal	A	5	3	4	4	3	4	3	2	3	4	3	3	3	3		
	B	3	2	4	4	5	4	4	5	3	5	5	4	4	5		
	A'B	15	6	16	16	15	16	12	10	9	20	15	12	15	16		161
	B	5	5	4	4	3	5	4	3	3	4	4	4	4	4		
	A'B	25	15	16	16	9	20	12	6	9	16	12	12	12	12		164
	B	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	4	3		125
Doblado Transversal	A'B	20	9	12	12	9	12	9	6	9	12	6	12	9	9		
	B	4	4	4	4	3	4	4	3	2	3	4	4	3			
	A'B	20	12	16	16	9	16	12	6	6	12	12	12	9		142	
	B	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	3			
	A'B	15	9	16	16	9	12	12	8	9	16	12	9	12		139	
	B	4	3	2	2	2	4	4	3	3	4	3	3	4			
Sistema de corte	A'B	20	9	8	8	6	16	12	6	9	16	9	9	12		132	
	B	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	3	4	3			
	A'B	15	12	12	12	9	12	9	6	9	8	9	12	9		122	
	B	4	4	3	3	4	4	4	3	3	4	3	4	3			
	A'B	20	12	12	12	12	16	12	6	9	16	9	12	9		145	
	B	4	2	2	2	3	4	4	4	4	4	3	3	4			
Sistema de corte	A'B	20	6	8	8	9	16	12	8	9	16	9	9	12		134	
	B	4	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4				
	A'B	20	9	12	12	9	16	9	8	9	16	9	9	12		138	
	B	4	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4			
	A'B	20	9	12	12	9	16	9	8	9	16	9	9	12		138	

Legenda

Valor de importancia asignado a cada parámetro para evaluar los beneficios de cada una de las opciones establecidas para la fabricación.

A Valor de contribución de los beneficios que aportan las opciones identificadas.

B Valor ponderado de los beneficios aportados por cada una de las opciones.

A'B



Se expresan los resultados en las siguientes gráficas:

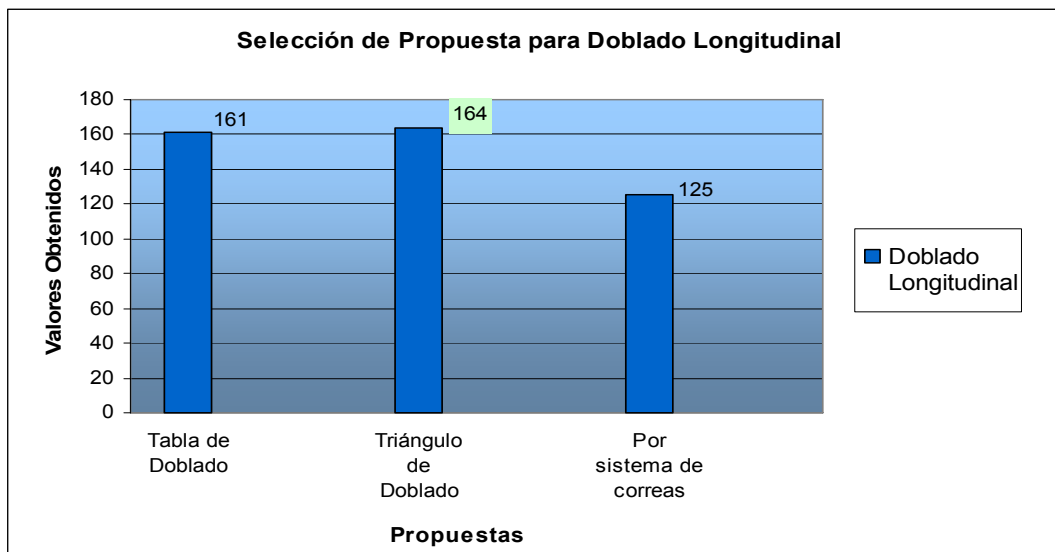


Grafico 3.1 Selección de la mejor Propuesta para doblado longitudinal.

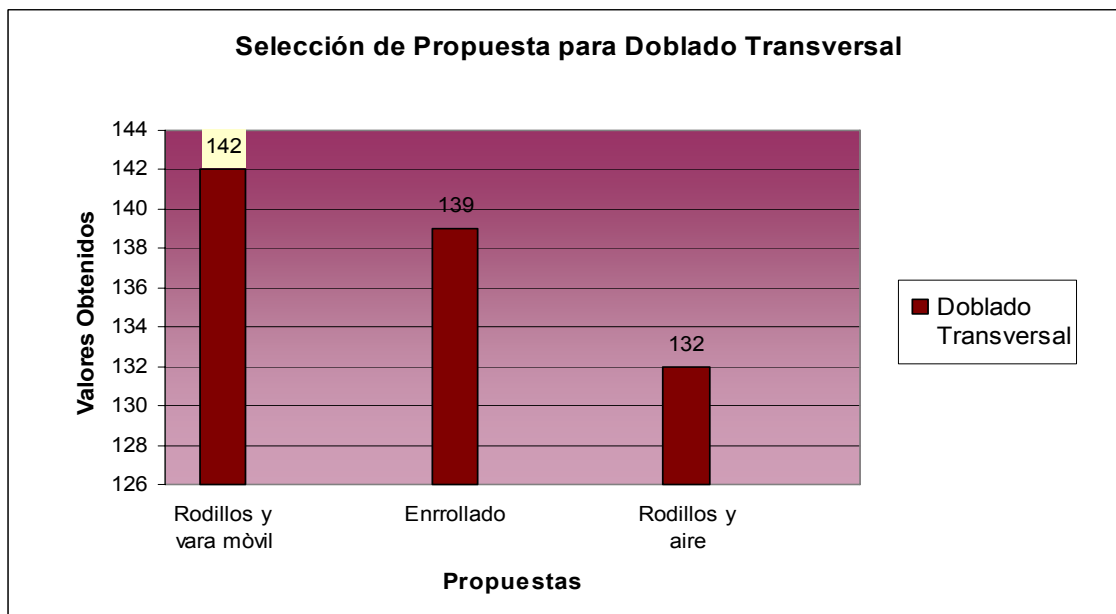


Grafico 3.2 Selección de la mejor Propuesta para doblado transversal

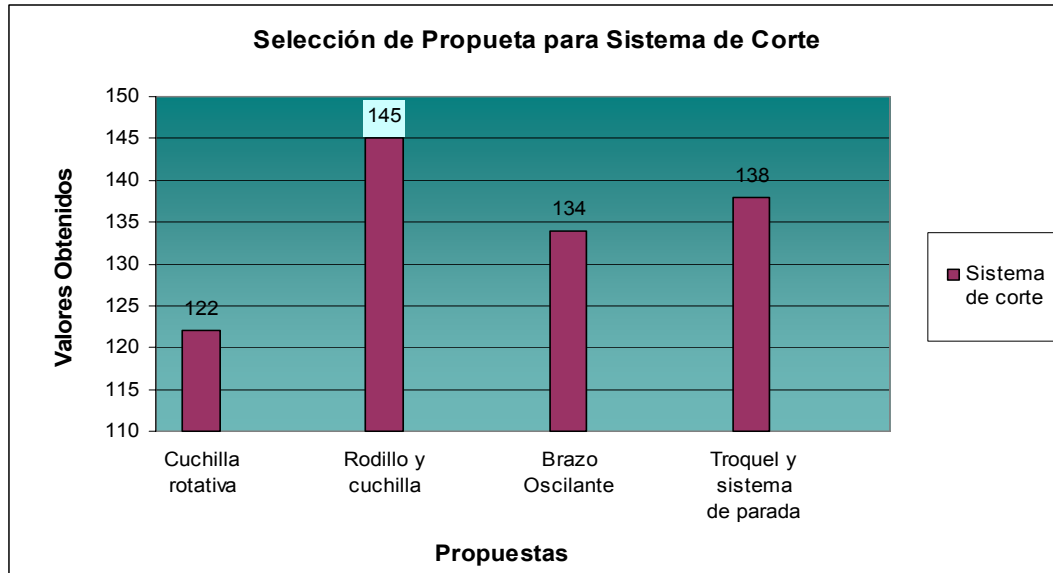


Grafico 3.3 Selección de la mejor Propuesta para corte.

3.1.5.1 Organización y análisis de ideas para la distribución final

Una vez seleccionadas las mejores propuestas se organizan las ideas para buscar el diseño de la configuración final, ya sea mediante una técnica de combinación de las mejores alternativas o por la selección libre realizada por el reconocimiento de una secuencia deductiva o coherente que deba seguir el proceso para ejecutar las funciones durante la producción de las sábanas para camillas.

Para escoger la configuración final se establecen combinaciones de las propuestas que resultan más apropiadas según la evaluación de las ideas preliminares. Estas combinaciones, son analizadas mediante un proceso de toma de decisiones según ciertos criterios, para finalmente establecer cual resulta la mejor distribución para nuestro modelo final.



Resulta apropiado utilizar una estrategia sencilla de toma de decisiones, ya que contamos con varias alternativas conocidas, por ello nos basamos en un proceso *racional de toma de decisiones*.

Dicho método permite lograr una elección basada en la racionalidad que requiere: poseer una comprensión clara de la situación y de lo que se desea alcanzar; capacidad de analizar y evaluar las alternativas e información en términos del objetivo a lograr; y considerar los factores importantes con la idea de encontrar soluciones razonables.

De los procesos existentes para la toma de decisiones, este es catalogado como "el proceso ideal". En su desarrollo, se debe:

1.- Determinar la necesidad de una decisión o Propósito.

El proceso de toma de decisiones comienza con el reconocimiento de que se necesita tomar una decisión, el cual es generado por la existencia de un problema o una discrepancia entre lo que se desea y la condición real del momento.

El objetivo sería el establecido inicialmente en el planteamiento del problema, el cual es elaborar sábanas para camillas mediante un mecanismo que corte y doble la tela de manera rápida y fácil, con un costo de construcción bajo y con componentes disponibles en el mercado nacional.

2.- Identificar los criterios de decisión.

Se deben identificar los criterios para tomar la alternativa más apropiada. Estos criterios reflejan lo que se considera más importante que debe poseer el equipo para llevar a cabo la producción.



En este caso es importante que la alternativa permita: tiempo de producción corto, enlace apropiado entre las diferentes ejecuciones lo que permita pasos coherentes durante el proceso, la menor cantidad de componentes extra, adecuada disposición de los elementos, un proceso continuo; además de confiabilidad, ergonomía y seguridad.

3.- Asignar peso a los criterios.

Los criterios identificados no poseen igual importancia. Es necesario ponderar cada uno de ellos y priorizar su importancia en la decisión.

Los criterios fundamentales que requerimos presentan la siguiente secuencia:

- 1- Proceso continuo.
- 2- El tiempo de producción sea corto.
- 3- Que ocupe el menor espacio posible.
- 4- Pocos componentes de sujeción y de sencilla construcción.
- 5- Exista una secuencia coherente en los pasos de la producción.
- 6- Construcción a bajo costo.

4.- Desarrollar todas las alternativas.

Se requiere el despliegue de una serie de opciones, elaborando una lista de todas las alternativas disponibles para la solución del problema determinado.

Serían seis posibles combinaciones de las propuestas ganadoras como mejor solución para cada función, como alternativas para la distribución final, las cuales son:

1. Doble por rodillos y vara móvil- Triángulo de doblado- Corte por rodillos y cuchilla.



2. Doblez por rodillos y vara móvil- Corte por rodillos y cuchilla- Triángulo de doblado.
3. Corte por rodillos y cuchilla- Doblez por rodillos y vara móvil- Triángulo de doblado.
4. Corte por rodillos y cuchilla- Triángulo de doblado- Doblez por rodillos y vara móvil.
5. Triángulo de doblado- Doblez por rodillos y vara móvil- Corte por rodillos y cuchilla.
6. Triángulo de doblado- Corte por rodillos y cuchilla- Doblez por rodillos y vara móvil.

5.- Evaluar las alternativas.

Una vez identificadas las alternativas se deben evaluar de manera crítica cada una de ellas, lo cual se hace analizándolas respecto al criterio ponderado. Las ventajas y desventajas de cada alternativa resultan evidentes cuando son comparadas.

- Evaluando todas las alternativas se encuentra que cumplen con el primer criterio, ya que todas nos permiten mantener un proceso continuo.

- Al evaluar las alternativas que inician con el doblado por rodillos y vara móvil para doblar la tela transversalmente se observa que se requeriría una mesa grande para 1m de tela, ocupando un gran espacio; por otra parte, no tendría sentido doblar sin haber cortado, pues la idea de este método es que se doble por etapas para lograr los 25cm totales que se desean.

Para permitir que el proceso se ejecute en menor tiempo, resulta apropiado que mientras un trozo de la tela pasa a la segunda etapa de esta función (segundo dobléz), otro trozo de tela este pasando por la primera (primer dobléz). En conclusión, se pueden descartar las opciones que inicien con este proceso.



• Considerando las alternativas donde se inicia con el proceso de corte, tendría que cortar 1m de tela, lo que complica la construcción, requiere gran espacio y eleva los costos, a demás, en función de la cantidad de componentes de sujeción nos damos cuenta que se necesitarían mas elementos para sujetar la tela y mantenerla tensa durante su recorrido posterior para poder doblarla, en este sentido, se pueden descartar las alternativas que inician con corte.

• Tomando en cuenta las alternativas donde se inicia con el proceso de triángulo de doblado, se observa que la tela se mantendría tensa gracias a la fuerza que ejerce el rodillo donde está enrollada la tela, con esto se reducirían las dimensiones del trozo de tela, requiriendo cortar y doblar transversalmente una menor distancia. Además, permite una ejecución de todos los procesos en menor tiempo, buena disposición de elementos requiriendo menor espacio, menor cantidad de componentes de sujeción a utilizar, por lo que se reducen los costos. Entonces nos quedan las opciones 5 y 6.

6.- Seleccionar la mejor alternativa.

Una vez evaluadas todas las alternativas, se procede a elegir la mejor y así se llega al final del proceso de toma de decisiones. En el proceso racional, esta selección es simple ya que se escoge la alternativa más aceptable de las que resultaron viables durante la evaluación.

Al analizar la parte de doblado por rodillo y vara móvil, se observó la necesidad de que se realice el corte previo a esta fase, por lo cual nos queda la alternativa 6 como definitiva para la configuración final, quedando entonces nuestro sistema de la siguiente manera:

Doblez longitudinal con triángulo de doblado – Sistema de corte por rodillos y cuchilla – Doblez transversal con rodillos y vara móvil.



CAPÍTULO IV

CÁLCULOS Y DISEÑOS

4.1 Descripción del Proceso

4.1.1 Etapas del proceso

El proceso se inicia con el desenrollado de la tela que se encuentra devanada sobre el eje o carrete, luego se procede a realizar un primer doblado a lo largo de la tela denominado doblado longitudinal; posteriormente se efectúa el corte de la tela y finalmente se lleva a cabo el doblado transversal del pliegue cortado.

Según el orden de los pasos requeridos para llevar a cabo el proceso, se analiza el desarrollo de cada etapa y cuales son los parámetros y variables que intervienen en cada una de ellas, para llevar a cabo el diseño y los cálculos de los diferentes componentes y piezas del sistema.

Específicamente, el funcionamiento del sistema se divide en tres fases básicas, las cuales se mencionan y detallan a continuación:

Ira Fase: Se lleva a cabo el inicio del proceso, en donde se realiza la inserción de la tela a través de los rodillos y, en caso de estar realizando el encendido de la máquina, se fijan y verifican los parámetros de funcionamiento del sistema.

Primero se coloca la bobina de la materia prima en el eje principal. Se lleva la tela a través de rodillos guías, luego se inserta a través de los ejes motores (están acoplados al motor) y, de allí, pasando por diferentes elementos guías, se dirige hacia el área de corte, alineándola hasta llevarla a un sistema de correa transportadora. En esta última parte se impulsan unos rodillos, cuando la máquina está en marcha,



induciendo el movimiento de la correa donde se desplaza la tela y se procede al doblado transversal mediante unas varas, luego que la tela ya ha sido cortada.

Luego se ajusta la tensión de la tela hasta la tensión recomendada, y se procede a la puesta en marcha a cierta velocidad, considerando la potencia de frenado. Se requiere una tensión adecuada ya que de este aspecto depende evitar ciertas condiciones indeseables como lo son la ruptura, estiramiento de la tela o sobrecarga del sistema, de ser la tensión muy elevada; o trabamientos o arrugas, de ser baja la tensión.

Una vez ajustada la tela, se activa el sistema de freno que consiste en colocar sobre la bobina una lona de cuero sujeta en un extremo y con una fuerza aplicada (peso) en el otro, de manera que el contacto produzca un roce que funcione como proceso de frenado.

Si se está realizando el encendido de la máquina e iniciando la jornada de producción, una vez culminada la fase de inserción de la tela, se ajustan los todos parámetros indispensables para sincronizar los diversos procesos y se verifica la adecuada disposición de los mecanismos de cada etapa.

2da Fase: Esta parte se refiere a la puesta en marcha de la máquina a la velocidad adecuada, especificada mediante los cálculos realizados, permitiendo el desarrollo de sus funciones e iniciar la producción.

Durante esta etapa se realiza el doblado y cortado de la tela, cumpliendo con los parámetros fijados previamente, para producir las llamadas sábanas para camilla, originando cada una en un tiempo total estipulado alrededor de 5s, y considerando un sistema que detecte cualquier inconveniente o traba que se presente durante el proceso.



Concretamente, el proceso de producción la dividimos en tres grandes etapas para facilitar su estudio detallado:

Etapa I: Doble longitudinal.

Etapa II: Corte.

Etapa III: Doble transversal.

3ra Fase: En esta parte final, se acciona un sensor que detecta cuando se ha dejado de suministrar materia prima, envía una señal que interrumpe el proceso de manera automática, permitiendo un frenado de la bobina y detención de los procesos, sin que se apague la máquina, para instalar otra nueva bobina con materia prima.

4.1.2 Componentes y elementos

4.1.2.1 Estructura de soporte

La estructura de soporte está conformada por un conjunto de tubos estructurales con un diseño acorde para instalar y fijar todos los elementos ó componentes restantes que conforman el sistema y permiten la producción, sirviendo como armazón o cuerpo de la máquina.

Lo ideal es desarrollar diseños que permitan mejorar la eficacia, el ambiente y la calidad del trabajo, ofreciendo comodidad y bienestar a los trabajadores.

4.1.2.2 Sistema motor

Para llevar a cabo el proceso se requiere una fuente de potencia que transmita la energía necesaria para producir el movimiento requerido, este sistema transmisor se llama motor.



4.1.2.3 Sistema de sujeción y rotación de la Bobina

En este sistema se coloca la Bobina de tela de la cual se extrae la materia prima necesaria para el proceso de rebobinado de rollos de etiquetas y papel.

Son tres los componentes que conforman este sistema:

1. Eje Principal
2. Sujetador de Core.
3. Collarín.

4.1.2.4 Triángulos de dobléz

Consisten en unas láminas de acero inoxidable en forma de triángulos a través de los cuales se desplaza la tela con el fin de unir las puntas permitiendo así, el dobléz longitudinal.

4.1.2.5 Sistemas de arrastre de tela mediante ejes motorizados (Ejes de arrastre)

Estos son dos sistemas, ubicados luego de cada triangulo de dobléz. Cada uno de estos sistemas se conforman por un rodillo guía o “loco” y un rodillo acoplado al motor los cuales, al tener movimientos opuestos, permiten el arrastre o transporte de la tela, es decir, ambos rodillos dan paso al dobléz a lo largo de la tela cuando esta pasa a través de ellos.

Como su nombre lo indica, este sistema recibe y transmite potencia del motor para que por efecto de su propia rotación se desenrolle la tela de la bobina y al mismo tiempo se efectúe la primera etapa de la producción (doblez longitudinal).



4.1.2.6 Sistema de Corte

Esta parte cuenta con una especie de tambor que presenta una cuchilla en un extremo a lo largo de su altura, de manera que al rotar, la tela pueda ser cortada justo cuando ha desplazado 2 m.

4.1.2.7 Sistemas de correas transportadoras (Ejes de correas)

Estos sistemas consisten en unas correas que se desplazan de forma lineal por el efecto de la rotación de unos ejes que se ubiquen de tal manera que permitan que las bandas circulen y permitan el desplazamiento la tela.

4.1.2.8 Sistemas de transmisión

Están formados por mecanismos y elementos que permiten transmitir la potencia del motor a cada uno de los elementos del sistema para ponerlos en funcionamiento.

4.2 Estudio de la Cinemática

4.2.1 Consideraciones previas de funcionamiento

Existen diversos factores de la cinemática que hay que considerar en el desarrollo del proceso:

1. Se debe tomar en cuenta que el diámetro de la bobina que suministra la materia prima varía cada segundo, ocasionando que la velocidad angular del eje de la bobina sea variable en todo momento, debido a que se va acelerando.
2. Por otro lado, la velocidad lineal de la tela a la salida de la bobina, en cada instante de tiempo, es igual a la entrada de los rodillos que están acoplados al motor, esto se debe a la condición de inextensible con la que se considera la tela.



3. Al igual que el punto anterior, el valor de la velocidad de la tela a la salida de los rodillos motorizados se mantiene igual en el punto donde ocurre el corte.

Tomando en cuenta los parámetros fundamentales que son base en el análisis de la cinemática del sistema, se procede a realizar un estudio cuantitativo mediante una simulación del proceso en una hoja de cálculos, utilizando Microsoft Office Excel 2003, con el fin de obtener el comportamiento de cada etapa a lo largo del tiempo y de cómo influyen e interactúan los factores fundamentales en el trabajo ejercido por la maquinaria.

4.2.2 Análisis de la Cinemática

Es necesario llevar a cabo un análisis cinemático detallado y específico del sistema cumpliendo con las leyes cinemáticas, con el fin de generar las ecuaciones que describen el movimiento y comportamiento de este.

En primer lugar, se desarrolla un esquema donde se representen los cuerpos y las variables básicas requeridas para el estudio de la cinemática. Dicha configuración se muestra en la Fig. 4.1

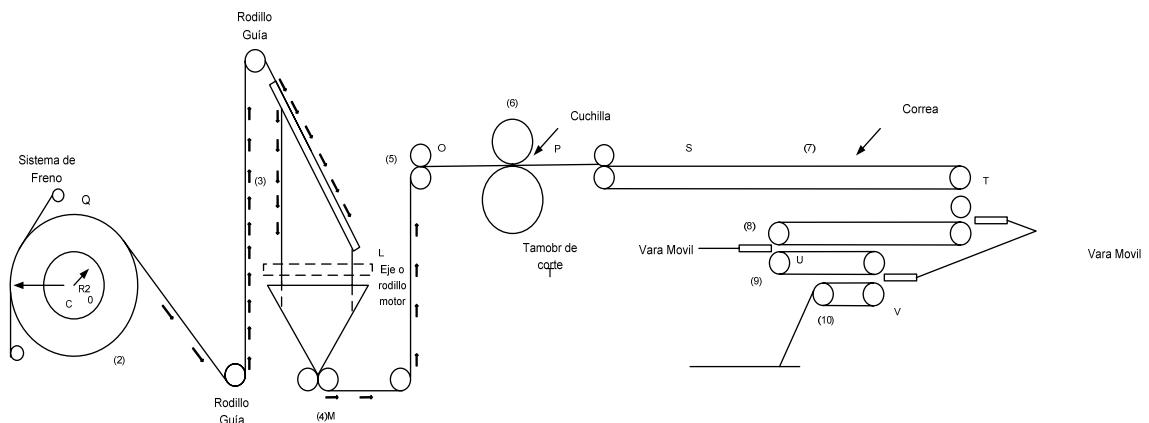


Fig. 4.1 Configuración y Disposición de Elementos del Sistema



Una vez teniendo el esquema, se observa de forma general como se lleva a cabo el proceso para, luego, evaluar con detalle las relaciones existentes entre los diversos cuerpos y como interactúan entre si.

Se puede establecer relación de velocidades mediante la 1ra ecuación universal de la cinemática [4], por lo que se pueden relacionar los puntos Q_2 y C_2 considerando la velocidad angular de la bobina (eje 2) respecto a tierra ($\overline{\omega_{21}}$) y la distancia entre los dos puntos ($\overline{C_2Q}$), siendo entonces:

$$\overline{V_1^{Q2}} = \overline{V_1^{C2}} + \overline{\omega_{21}} \times \overline{C_2Q} \quad \text{[Ec. 1]}$$

Sabiendo que en el punto C_2 por ser un eje fijo $\overline{V_1^{C2}} = 0$, que la distancia $C_2Q = R_2$ y conociendo las respectivas direcciones de cada uno de los vectores, se tiene que:

$$\overline{V_1^{Q2}} = -\omega_{21} \hat{k} \times R_2 \hat{p}$$

Considerando que por producto vectorial $\hat{p} \times \hat{q} = \hat{k}$, quedaría que

$$\overline{V_1^{Q2}} = -\omega_{21} R_2 \hat{q}$$

Obteniendo que:

$$\boxed{|\overline{V_1^{Q2}}| = \omega_{21} R_2} \quad \text{[Ec. 2]}$$

Utilizando el mismo procedimiento se consigue la ecuación similar para el punto L, quedando:

$$\boxed{|\overline{V_1^{L3}}| = \omega_{31} R_3} \quad \text{[Ec. 3]}$$

Por mantenerse la primera parte del sistema a una velocidad constante se tiene que:

$$\boxed{|\overline{V_1^{Q2}}| = |\overline{V_1^{L3}}|} \quad \text{[Ec. 4]}$$



Se sustituye las ecuaciones Ec.2 y Ec.3 en la Ec.4 para obtener:

$$\boxed{\omega_{21}R_2 = \omega_{31}R_3} \quad [\text{Ec. 5}]$$

Se establece lo mismo para el resto de los puntos a lo largo del sistema, antes de las correas que poseen una velocidad mayor.

$$\boxed{|V_1^{M4}| = \omega_{41}R_4} \quad [\text{Ec. 6}]$$

$$\overline{|V_1^{M4}|} = \overline{|V_1^{O5}|} = \overline{|V_1^{P6}|} = \overline{|V_1^{S4}|}$$

Ahora, se tiene que la velocidad para las correas transportadoras a través de las que se realizan los dobleces transversales, será mayor que para el resto del sistema.

$$\boxed{\overline{|V_1^{U8}|} > \overline{|V_1^{S7}|}} \quad [\text{Ec. 7}]$$

Siendo:

$$\boxed{\overline{|V_1^{U8}|} = \omega_{81}R_8} \quad [\text{Ec. 8}]$$

Teniendo entonces que:

$$\overline{|V_1^8|} = \overline{|V_1^9|} = \overline{|V_1^{10}|}$$

4.2.3 Cálculo de la inercia

Una vez obtenidas las velocidades, se requiere conocer la inercia que posee el eje de la bobina de la materia prima (varía con el tiempo) y las de los rodillos de arrastre, del tambor de corte y la del sistema de doblez transversal (se mantienen constantes), ya que en ellos ocurre cierta aceleración angular durante el funcionamiento de la máquina según la velocidad angular a la que están aplicados.



La inercia de la bobina está dada por la de un cilindro hueco, la cual se calcula mediante la relación de masa y radios del cuerpo, de la siguiente manera [1]:

$$I_{\text{CilindroHueco}} = \frac{1}{2} m (R_{\text{ext}}^2 + R_{\text{int}}^2)$$

Aplicada a nuestro caso:

$$I_{\text{Bobina}} = \frac{1}{2} m (R_2^2 + R_{02}^2) \quad [\text{Ec. 9}]$$

A medida que el proceso avanza la masa del cuerpo disminuye, es decir, la masa total de la bobina de tela (m_2) es función del tiempo debido a que se va desenrollando la tela, lo que también incide en la reducción del radio externo de dicho eje.

Ya que ambas variables, tanto el radio externo como la masa, son funciones del tiempo, se busca una forma de relacionarlas directamente entre sí, esto se puede establecer mediante la densidad superficial (ρ_s) de la bobina en función del área de la cara superior de la bobina, debido a que el ancho es constante.

La densidad superficial se halla mediante la relación siguiente [2]:

$$\rho_s = \frac{m_2}{S} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Se calcula la superficie de la cara superior en función del radio externo (R_2) y del radio interno (R_{02}) de la bobina mediante:

$$S = A_{\text{Mayor}} - A_{\text{menor}} \quad \text{ó} \quad S = \pi R_2^2 - \pi R_{02}^2$$

Finalmente se tiene para el cilindro hueco:

$$S = \pi (R_2^2 - R_{02}^2) \quad [\text{Ec. 11}]$$



Conociendo la densidad superficial y el área, se puede enunciar la masa en función del radio al despejar de la Ec.6, encontrando que :

$$m_2 = \rho_s \cdot S \quad [\text{Ec. 12}]$$

Se sustituye la Ec.7 y queda:

$$m_2 = \rho_s \cdot \pi (R_2^2 - R_{02}^2) \quad [\text{Ec. 13}]$$

Como se desea la inercia de la bobina respecto a C_2 y se tiene la masa respecto a los radios, se tiene que:

$$I_{zz}^{C2} = \frac{1}{2} \rho_s \cdot \pi (R_2^2 - R_{02}^2) (R_2^2 + R_{02}^2)$$

Finalmente, para la bobina de la tela, se tiene:

$$I_{zz}^{C2} = \frac{1}{2} \rho_s \cdot \pi (R_2^4 - R_{02}^4) \quad [\text{Ec. 14}]$$

Sin embargo, la inercia considerada en la Ec. 14 no considera ciertos elementos como el eje, el sujetador de core y el freno, por ende, este valor debe corregirse sumándole el valor de la inercia de cada uno de los otros componentes, estos valores se conocen una vez se determine su diseño.

Se puede considerar a I_w como la suma de dichas inercias, es decir:

$$I_w = \sum \text{Inercias} \quad [\text{Ec. 15}]$$

El valor de inercia corregido se determina entonces por:

$$I_{zz}^{C2'} = \frac{1}{2} \rho_s \cdot \pi (R_2^4 - R_{02}^4) + I_w \quad [\text{Ec. 16}]$$

Ahora bien, para hallar la densidad superficial, se sabe que la masa de la bobina se relaciona con el gramaje total de la bobina de tela (G_T), la longitud (l) y el



ancho de la banda de tela (a), datos suministrados por el proveedor y que se muestran en la tabla 4.1

La masa de la bobina está dada por [2]:

$$m_2 = G_T(l \cdot a) \quad [\text{Ec. 17}]$$

Al sustituir la Ec.7 y la Ec. 9 en la Ec. 6, se obtiene:

$$\rho_s = \frac{G_T(l \cdot a)}{\pi(R_2^2 - R_{02}^2)} \quad [\text{Ec. 18}]$$

El cálculo de la inercia de los rodillos sencillos se utiliza la inercia de un cilindro que viene dada por:

$$I_{Cilindro} = \frac{1}{8}m(d^2) \quad [\text{Ec. 19}]$$

Tabla 4.1 Condiciones iniciales de la bobina de tela

Parámetros (Unidades)	Datos
Gramaje Total (g/m2)	25
Longitud (m)	2000
Ancho (m)	1
Espesor tela (m)	0,0002
R2 Inicial (m)	0,255
R02 (m)	0,03825

Para las inercias del resto de los elementos que poseen formas compuestas o que están conformados por varias piezas se determinan mediante el programa de diseño a utilizar, con el fin de hallar los valores de manera precisa.



4.2.4 Estudio Cuantitativo del Proceso

Considerando los parámetros evaluados en el análisis de la cinemática del sistema, se realiza un estudio del proceso mediante una simulación en una hoja de cálculo con el propósito de evaluar como se desarrolla la producción en sus diferentes etapas al transcurrir el tiempo.

Para realizar el estudio cuantitativo y estructurar la simulación, se requiere establecer la lógica del sistema y los cambios que ocurren, se tienen ciertos principios como:

- 1) A medida que pasa el tiempo, el radio de la bobina de la materia prima va disminuyendo, ya que se va desenrollando la tela.
- 2) La cantidad de tela total enrollada en cada bobina completa determina su diámetro mayor, es decir, el diámetro externo de la bobina está relacionado con el número de vueltas o espiras de tela contenidas en esta.
- 3) Cada espira de tela está asociada con una longitud variable, ya que a medida que el diámetro disminuye, la longitud también disminuye.

Según lo establecido anteriormente, se tiene que no se puede relacionar directamente la longitud de tela de cada espira con el número total de espiras que se despliegan en un determinado momento debido a las vueltas que da la bobina, por lo que se requiere calcular el diámetro externo instantáneo de la bobina.

Para hallar el diámetro instantáneo, se puede relacionar un diámetro inicial con el espesor de espira angular (e_a), el cual es función del ángulo total que gira el eje en un momento dado, para así poder disminuir el diámetro de forma continua.

El espesor de espira angular viene dado por el espesor de la tela (e) dividido entre una vuelta completa, lo que estaría expresado como:



$$e_{\alpha} = \frac{e}{2\pi}$$

[Ec. 20]

El valor del espesor de la tela está entre los valores suministrados por el proveedor, ubicado en la tabla 4.1, siendo de 200 μ m (0,0002m).

Sabiendo que la velocidad angular de la bobina no es constante, considerando que su diámetro varía a lo largo del tiempo, necesitamos determinarla respecto a un radio inicial, anterior al que se desea determinar, y a los ejes de tracción.

Tomamos la Ec.5 y despejamos ω_{21} , se obtiene que:

$$\omega_{21} = \frac{\omega_{31}R_3}{R_2}$$

Y para nuestro sistema, por la variación que ocurre en el tiempo, tendremos:

$$\omega_{21i} = \frac{\omega_{31}R_3}{R_{2i-1}}$$

[Ec. 21]

Donde ω_{21i} es la velocidad angular instantánea del eje dos, para un instante “i”, y R_{2i-1} el radio del mismo eje durante un instante de tiempo anterior “i-1”.

Ahora, como se necesita hallar el cambio de radio en la bobina a medida que pasa el tiempo, calculamos el ángulo de giro (θ) que viene dado por la velocidad angular y por Δt , que representa un intervalo de tiempo, teniendo entonces :

$$\theta = \omega \Delta t$$

En nuestro caso se determina θ_{2i} , que es el ángulo de giro para la bobina, con un tiempo t_i como un instante de tiempo dado y un tiempo t_{i-1} como un instante de tiempo anterior. Debe considerarse que para un instante de tiempo i se desconoce ω_{21} , utilizamos el valor de un instante de tiempo anterior, es decir, ω_{21i-1}



Ahora queda:

$$\theta_{2i} = \omega_{2i-1} (t_i - t_{i-1}) \quad [\text{Ec. 22}]$$

Podemos, con lo obtenido, deducir como hallar el radio instantáneo (R_i), considerando el radio de un momento anterior de tiempo (R_{2i-1}), se obtiene entonces:

$$R_{2i} = R_{2i-1} - e_\alpha \theta_{2i} \quad [\text{Ec. 23}]$$

Y sustituyendo la Ec.17 en la Ec.18 se tiene que:

$$R_{2i} = R_{2i-1} - e_\alpha \omega_{2i-1} (t_i - t_{i-1}) \quad [\text{Ec. 24}]$$

Una vez en este punto, puede determinarse la inercia instantánea con el radio instantáneo del eje 2.

$$I_{zz}^{c2} = \frac{1}{2} \rho_s \cdot \pi (R_{2i}^4 - R_{02}^4) + I_w \quad [\text{Ec. 25}]$$

Finalmente, se calcula la aceleración angular de la bobina respecto a tierra α_{21} mediante una relación de velocidades angulares y del tiempo con:

$$\alpha_{21} = \frac{\omega_{21i} - \omega_{21i-1}}{(t_i - t_{i-1})} \quad [\text{Ec. 26}]$$

Todos estos valores son evaluados en intervalos de tiempo hasta que se ejecuta el desenrollado completo del rollo o bobina de tela y deba colocarse uno nuevo para continuar la producción. Estos valores pueden hallarse en la simulación numérica ubicada como anexo 1.

Para las inercias del resto de los elementos que poseen formas compuestas o que están conformados por varias piezas se determinan mediante el programa de diseño a utilizar, con el fin de hallar los valores de manera precisa.



4.3 Cálculo Del Freno

El freno seleccionado para utilizarse en el sistema, con la intención de controlar la velocidad con la que se desenrolla la tela de la bobina, presenta un funcionamiento con el mismo principio del conocido *freno de cinta* representado en la Fig 4.2, la diferencia es que el freno seleccionado aplica una fuerza constante en el extremo libre de una lona que se apoya directamente sobre el rollo y no en un tambor como en un freno de cinta.

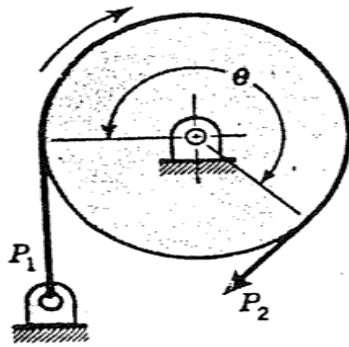


Fig. 4.2 Freno de Cinta

Fuente: *Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley (4ta ed.)*

En este tipo de freno, el peso constante en el extremo genera una fuerza normal entre la cinta (lona de cuero en este caso) y el rollo (en lugar del tambor), permitiendo que al efectuarse un giro se produzca una fuerza de fricción que da como resultado la aparición de un momento de frenado.

4.3.1 Relaciones de Fricción

Para conocer como actúa el freno sobre el sistema, es indispensable conocer la relación de fricción existente entre los materiales que estarán en contacto durante el frenado, el cual viene dado por un coeficiente de roce (μ), y que en el presente caso,

entre el cuero y la tela SMS, es desconocido, debido a que no es un valor calculado previamente, según la investigación realizada.

El valor de coeficiente de fricción se puede determinar mediante un ensayo muy sencillo, que consiste en colocar un objeto forrado con uno de los materiales sobre una tabla forrada con el otro. Luego se inclina la tabla hasta llegar a un ángulo donde el objeto inicie movimiento, que es la posición donde se vence el coeficiente de fricción estático (Fig. 4.5). Por último, se determinan las medidas pertinentes de dicha posición, con las cuales se desarrollan los cálculos apropiados para hallar el coeficiente de fricción.

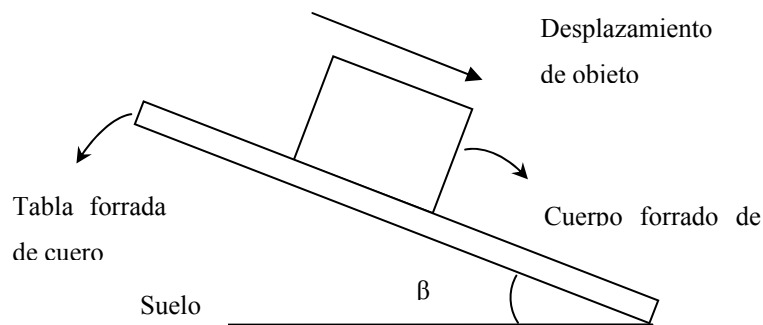


Fig. 4.3 Representación de ensayo para hallar coeficiente de roce dinámico

Durante el ensayo, se realizaron siete pruebas con una masa de 40 g (0,04Kg) y una tabla de 43,1 cm de longitud. En cada prueba, se encuentra el valor de la altura desde el borde de la tabla hasta el suelo (tabla 4.2), justo al iniciarse el movimiento del cuerpo, para hallar una media con la cual se determina el ángulo de inclinación promedio (β) donde se comienza a mover el objeto (Fig 4.6).

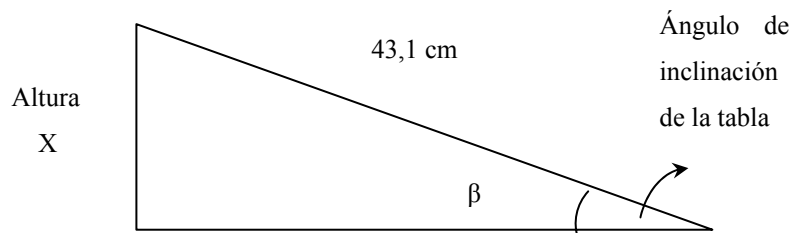


Fig. 4.4 Determinación de ángulo de inclinación mediante relaciones triangulares



El ángulo de inclinación de la tabla respecto al piso, justo al momento que se inicia el desplazamiento, es 19,74°.

Tabla 4.2 Alturas para determinar ángulo de inclinación de la tabla

Nº Prueba	Altura X (cm)	Ángulo β (°)
1	13,9	25
2	14,4	1500
3	14	1
4	14,4	0,0002
5	15,1	0,255
6	14,8	0,3825
Promedio	14.56	19,74

Se realiza un diagrama de cuerpo libre del cuerpo a desplazar observado en la Fig. 4.5, para determinar la fuerza de roce ejercida y el coeficiente de fricción dinámico mediante suma de fuerzas.

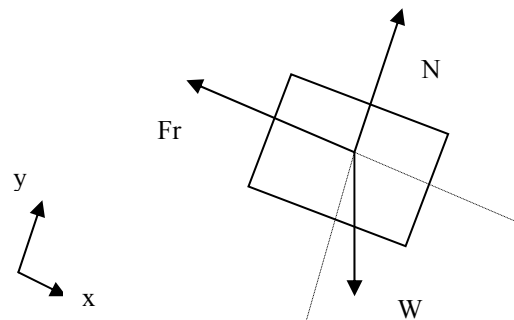


Fig. 4.5 Representación de ensayo para hallar coeficiente de roce dinámico

Se tiene en el eje y:

$$\sum F_y : N - W \cos \beta = 0$$



Despejando se tiene que:

$$N = W \cos \beta \quad [\text{Ec. 27}]$$

Para el eje x:

$$\sum F_x: W \text{sen} \beta - Fr = 0$$

Despejando se tiene que

$$Fr = W \text{sen} \beta \quad [\text{Ec. 28}]$$

Se sabe que:

$$Fr = N \cdot \mu \quad [\text{Ec. 29}]$$

Sustituyendo la Ec. 23 en la Ec. 22 se obtiene:

$$N \cdot \mu = W \text{sen} \beta$$

Se despeja N y se sustituye en la Ec. 21, quedando:

$$\frac{W \text{sen} \beta}{\mu} = W \cos \beta$$

Finalmente, se tiene que:

$$\mu = \frac{\text{sen} \beta}{\cos \beta} \quad [\text{Ec. 30}]$$

4.3.2 Análisis del Proceso de Frenado

En el freno a utilizar, se presentan dos fuerzas de tensión en los extremos de la lona (P1 y P2). En este caso P2 representa la fuerza aplicada en el extremo libre de la lona debido a un peso colocado en dicho extremo, mientras que P1 es la fuerza aplicada en el otro extremo donde la cinta se encuentra fija. Estas fuerzas se relacionan mediante la siguiente expresión [5, p. 775]:



$$\frac{P_1}{P_2} = e^{\mu\varphi}$$

Siendo μ el coeficiente de fricción que existe entre la lona y la tela sms, y φ el ángulo de contacto entre los mismos.

Despejando P_1 de lo anterior se obtiene:

$$\boxed{P_1 = P_2 \cdot e^{\mu\varphi}} \quad [\text{Ec. 31}]$$

También se ejerce una presión que ocurre en la punta, viene dada por:

$$P_a = \frac{2P_1}{bD_T}$$

Donde D_T es el diámetro del tambor, que para nuestros cálculos está dado por el diámetro de la bobina, es decir, el diámetro instantáneo; y b es el ancho del tambor, en nuestro caso sería la longitud que se extiende la lona sobre la tela, es decir, el valor a que en nuestro caso es 0,8m. Se tiene que:

$$\boxed{P_a = \frac{2P_1}{a \times 2R_{2i}}} \quad [\text{Ec. 32}]$$

Cuando la bobina está en movimiento, se genera un momento de frenado (T_f), el cual depende de las fuerzas de tensión y del diámetro del rollo (D_R), determinándose de la siguiente manera:

$$\boxed{T_F = \frac{D_T}{2}(P_1 - P_2)} \quad [\text{Ec. 33}]$$

Se debe considerar que el diámetro del rollo varía en cada instante de tiempo por consiguiente, tanto el momento de frenado como el ángulo de contacto son afectados por la modificación de este valor. Los parámetros iniciales para el cálculo del freno se muestran en la tabla 4.3



Tabla 4.3 Parámetros para cálculos del freno

Parámetros del Freno	Valores
Diámetro inicial ($D_{T\text{inicial}}=D_{R\text{inicial}}$)	0,51 m
Ancho del tambor (a)	0,8 m
Ángulo de contacto inicial (φ_0)	52,633°

Tabla 4.4 Variación del ángulo de contacto respecto al Diámetro

Diámetro D_R	Ángulo de Contacto φ
50 m	52,15°
40 m	46,31°
30 m	41,418°
20 m	36,17°
9 m	30,75°

Para conocer la variación del ángulo de contacto entre la lona y el rollo, primero debe establecerse un diseño preliminar, ya que la apertura dependerá de la disposición de la lona sobre el rollo. Posteriormente, con dicho diseño, debe desarrollarse una simulación de la ubicación de la tela en diferentes posiciones a medida que la bobina se va desenrollando, con el fin de hallar una variación de ángulos con la que se determine una ecuación con la que se determine este valor cada instante de tiempo y en función del diámetro instantáneo del rollo.

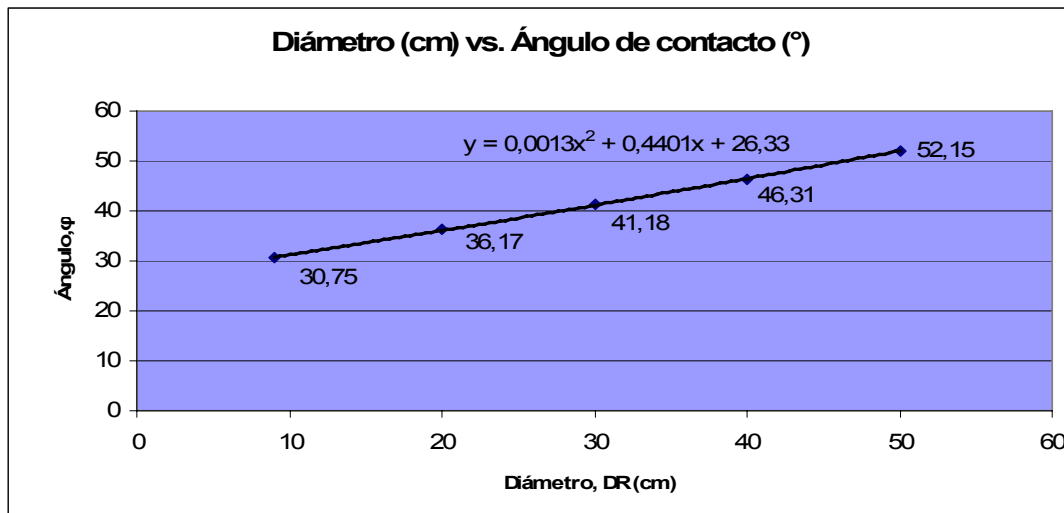


Grafico 4.1 Relación diámetro vs. Ángulo de contacto

Además de lo establecido anteriormente, se requiere conocer la relación de desgaste existente en el área donde exista fricción (A_F). Esto se conoce mediante la relación:

$$RD = \frac{Pot_F}{A_F} \quad [\text{Ec. 34}]$$

Donde A_F es el área de frenado y Pot_F es la potencia de frenado. Estas se determinan de la siguiente manera:

$$Pot_F = T_F \cdot w_{21} \quad [\text{Ec. 35}]$$

$$A_F = \frac{D_T}{2} \cdot \varphi \cdot a \quad [\text{Ec. 36}]$$

Para la relación de desgaste se tienen los siguientes valores de referencia [3]:

$$RD = 65 \frac{hp}{m^2} \quad \text{Para aplicaciones frecuentes, especificación conservadora}$$

$$RD = 115 \frac{hp}{m^2} \quad \text{Para servicio promedio}$$



$RD = 460 \frac{hp}{m^2}$ Para frenos que suelen usarse poco, permitiendo que se enfríen entre aplicaciones.

4.4 Estudio Dinámico

4.4.1 Estudio Dinámico Sin Freno

Se requiere conocer el torque que se debe aplicar al eje para vencer la inercia de la bobina, lo cual produce una fuerza de tensión en la tela.

Por fundamentos dinámicos, se puede determinar el valor del momento en un punto determinado, mediante relaciones de la inercia, aceleración y distancias, de la siguiente manera:

$$\sum \overline{M}^{Pi} = I_{zz}^{Pi} (-\overline{\alpha}_{ij}) \hat{k} + m_i (\overline{PO} \times \alpha_{ij}^{Pi})$$

Donde P es un punto determinado de un cuerpo circular y O el centro.

Para nuestro caso, como se desea saber el momento en el punto C₂, que es el mismo centro entonces:

$$\sum \overline{M}^{C2} = -I_{zz}^{C2} \overline{\alpha}_{21} \hat{k}$$

Para obtener finalmente:

$$\boxed{M^{C2} = I_{zz}^{C2} \alpha_{21}}$$

[Ec. 37]

Ahora, mediante un diagrama de cuerpo libre del eje 2, expresado en la Fig. 4.6, se define el momento para el punto C₂ debido a la fuerza en Q, quedando:

$$\sum \overline{M}^{C2} = -\overline{F}_T \hat{q} \times (-\overline{QC}_2) \hat{p}$$



Donde F_T es la fuerza que se ejerce al tensar la tela y $\overline{QC_2}$ es la distancia entre los puntos Q y C_2 , que es equivalente al radio, por tanto:

$$\Sigma \overline{M}^{C_2} = -\overline{F_T} R_2 \hat{k}$$

$$\boxed{M^{C_2} = M_2 = F_T R_2}$$

[Ec. 38]

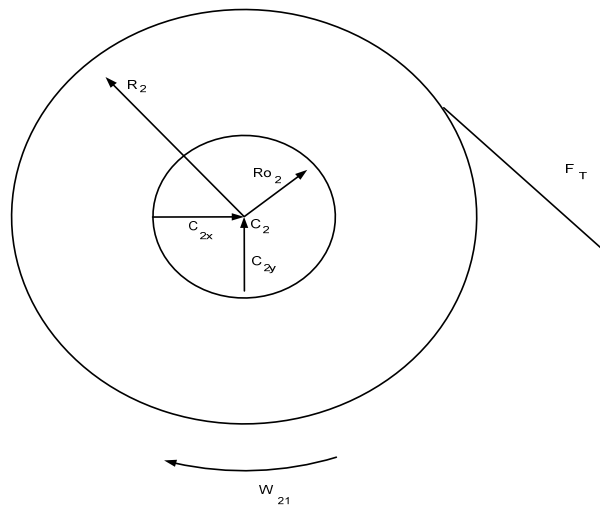


Fig. 4.6 Diagrama de cuerpo libre del eje 2 (bobina).

Igualando Ec.23 y Ec.24 se tiene que:

$$F_T R_2 = I_{zz}^{C_2'} \alpha_{21}$$

Y despejando la fuerza tensora

$$\boxed{F_T = \frac{I_{zz}^{C_2'} \alpha_{21}}{R_2}}$$

[Ec. 39]

El momento del primer rodillo de arrastre (cuerpo 3) se obtiene tomando la misma fuerza y relacionándola con su diámetro. Se tendrá entonces:

$$\boxed{M_3 = F_T R_3}$$

[Ec. 40]



Existe otro rodillo, el cual se mueve por la acción del rodillo acoplado o conectado con el motor, posee la misma fuerza y momento torsor pero con sentidos opuestos al ejercido en el eje de tracción.

Para calcular la potencia se relacionan el momento y la velocidad angular. Para el proceso se determina de la siguiente manera:

$$\boxed{Pot_3 = M_3 w_{31}} \quad \text{[Ec. 41]}$$

Los rodillos de arrastre poseen una velocidad angular constante, sin embargo, el sistema tiene una etapa de arranque donde ocurre una aceleración, con la cual se vence la inercia del sistema, es decir, existe un momento mayor cuando se produce dicho arranque, por lo que se debe encontrar una constante de aceleración inercial que llamaremos A_i , siendo este un valor que modificará el momento del eje justo en esta etapa.

En el caso del primer rodillo de arrastre, la aceleración inercial depende de las inercias, tanto del eje en si como de los rodillos guías que lo anteceden, por tanto será determinada una vez se definan las dimensiones y geometrías de cada uno.

La aceleración inercial se determina mediante:

$$\boxed{A_i = \sum M_I} \quad \text{[Ec. 42]}$$

Donde M_I es el momento inercial, que depende de la inercia (I) y de la aceleración angular α_S de la siguiente forma:

$$\boxed{M_I = I\alpha_S} \quad \text{[Ec. 43]}$$

En caso de que algún componente gire a una velocidad diferente al resto de los elementos, debe considerarse una inercia efectiva del componente, mediante:

$$\boxed{I_e = I \left(\frac{n}{n_s} \right)^2} \quad \text{[Ec. 44]}$$



Para la etapa de arranque, el momento corregido viene dado por:

$$M_3' = F_T R_3 + A_i \quad [\text{Ec. 45}]$$

Y la potencia corregida será:

$$Pot_3' = M_3' w_{31} \quad [\text{Ec. 46}]$$

4.4.2 Estudio Dinámico Con Freno

Para el cálculo de todo el sistema, es necesario conocer el valor de la tensión en la tela (F_T), ya que es un factor fundamental para determinar todos los parámetros de funcionamiento debido a que no debe ser superado durante la tracción para no producir desgarrar o ruptura de la tela. Se recurre al proveedor de la materia prima para conocer el valor de tensión máxima del tipo de tela a utilizar. El valor máximo de la fuerza de tracción (F_{Tmax}) es de 84 N para sms de 25g/m y 35N es el valor tope en la región elástica (antes de comenzar a deformarse).

Una vez conocida la tensión que puede soportar la tela, es necesario indagar sobre la fuerza adecuada que debe aplicarse, que esté por debajo de dicho valor, y que asegure la rigidez y uniformidad de la tela en todo el proceso.

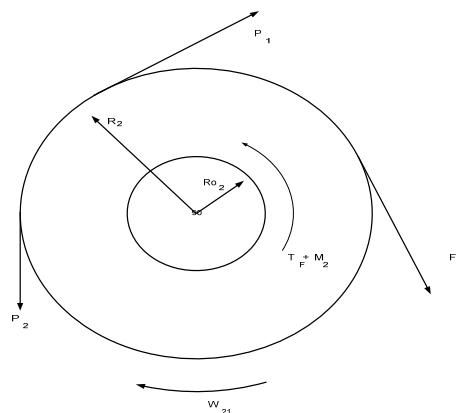


Fig. 4.7 Diagrama de cuerpo libre del eje 2 (bobina) con freno.



Para el estudio dinámico se requiere considerar todos los efectos producidos desde el desenrollado de la bobina, por ello se debe obtener la tensión que se ejerce al variar la fuerza que se aplica en el extremo de la lona o cinta de freno que se coloca sobre la bobina; para esto se realiza un análisis de la manera en que actúa el cuerpo 2 (sistema de eje y bobina) al acoplarse con el freno, considerando el diagrama de la Fig. 4.7.

Se realiza una suma de los momentos aplicados en el punto C2 de la siguiente manera:

$$\overline{M}^{C2} = (-F_{TF} \hat{q} \times -R_2 \hat{p}) + (T_F + M_{2F}) \hat{k} = 0$$

$$-F_{TF} R_2 + (T_F + M_2) = 0$$

$$F_{TF} = \frac{(T_F + M_2)}{R_2}$$

$$10N \leq F_{TF} \leq 35N$$

[Ec. 47]

F_{TF} es la fuerza de tensión que ejerce el freno y M_{2F} es el momento de la bobina.

Se calcula el momento en la bobina, considerando el freno, quedando que:

$$M_{2F} = F_{TF} \cdot R_2$$

[Ec. 48]

Ahora se requiere determinar la potencia del rodillo acoplado al motor del sistema de arrastre de la tela, considerando el freno, el cual se obtiene relacionando el momento con freno y la velocidad angular:

$$Pot_{3F} = M_{3F} \cdot \omega_{31}$$

[Ec. 49]

Siendo el momento durante el proceso:

$$M_{3F} = F_{TF} \cdot R_3$$

[Ec. 50]

Y para la etapa de arranque:

$$M_{3F}' = F_{TF} \cdot R_3 + A_i$$

[Ec. 51]



4.5 Simulación Numérica Del Proceso

Una vez realizados el análisis de la cinemática y dinámica del proceso, y conociendo los parámetros básicos requeridos para realizar la puesta en marcha de la máquina, se procede a implementar una hoja de cálculo, con la cual se estudie el comportamiento de cada una de las variables que intervienen en la producción, desde que se instala el rollo hasta que se desenrolla completamente.

Este desarrollo, se realiza principalmente para poder realizar modificaciones en los datos cuando sea requerido, comprobar cuales son los efectos de dichos cambios, sin necesidad de efectuar cálculos nuevamente de forma manual, y reducir el riesgo de posibles errores, debido a que el programa toma las cifras significativas de cada paso calculado, logrando así, un diseño más confiable y seguro.

Mediante la observación de esta simulación, se logra determinar los puntos críticos del proceso, ya que se pueden evaluar situaciones en diversos momentos y verificar donde ocurre mayor riesgo de esfuerzo y deformación de la materia prima; además, permite comparar el proceso en un punto determinado en diferentes momentos.

También, los resultados obtenidos pueden verificarse, considerando las variables que controlan el sistema, como lo son las velocidades.

4.5.1 División de la Hoja de Cálculo.

Para el desarrollo de la simulación del proceso, se implementa una hoja de cálculo donde se procesan los diferentes datos para realizar los cómputos necesarios y obtener los factores específicos de cada etapa.



La simulación se realiza de manera ordenada considerando tanto los datos que se conocen como los que se quieren hallar, y relacionándolos entre sí aprovechando las ventajas de este método para obtener resultados rápidos y confiables.

En primer lugar se realiza una división de la hoja, según se requiera colocar la información pertinente para conocer como se lleva a cabo el proceso según los pasos a seguir en cada etapa, es decir, llevando el orden utilizado en el desarrollo de las ecuaciones planteadas previamente.

La división se realiza de la siguiente manera:

Parte 1: Diagrama General del Proceso

Esta parte se ubica en la parte superior izquierda de la hoja. Contiene un esquema gráfico sencillo de cómo se lleva a cabo el proceso, mediante una vista lateral del sistema indicando el movimiento manera que realiza según los diseños previos realizados.

Parte 2: Valores Constantes y Variables del Proceso

Se encuentra ubicado en la parte superior izquierda justo debajo del diagrama general del proceso. En esta parte se colocan los valores iniciales, los valores que se mantienen constantes en todo el proceso, las variables de control y la descripción de las variables del sistema.

Todos estos son datos son fundamentales para llevar a cabo los cálculos que se requieren para conocer el funcionamiento del sistema.



Parte 3: Cálculos Cinemáticos

Esta parte ocupa la parte central de la hoja, desde la columna B hasta la J. Allí se desarrollan los cálculos cinemáticos.

La primera columna (B) es la columna del tiempo, la cual se distribuye en intervalos de un segundo, la cual representa una base fundamental para los demás cálculos, ya que el comportamiento del proceso depende de este factor.

De la columna C hasta la J corresponden las variables cinemáticas, tanto del eje de la bobina como de los ejes de tracción.

Parte 4: Cálculos Del Freno

Esta parte ocupa desde la columna K hasta la O y se encuentra a la derecha de la parte 3. En estas columnas se encuentran los cálculos de las variables que describen el funcionamiento del freno según las particularidades que posee.

Los datos obtenidos en esta parte son importantes para realizar posteriormente los cálculos de la dinámica del sistema.

Parte 5: Cálculos Dinámicos

Ocupa desde la columna P hasta la W y se ubica a la derecha de la parte 4. Contiene los cálculos de la dinámica del sistema y está dividido en 2 segmentos: el primero con las *Variables dinámicas sin freno*, que representan los cálculos dinámicos sin tomar en cuenta el efecto del freno (solo efectos inerciales), los cuales corresponden a los factores de M_{T2} , F_{T2} , M_{T3} y Pot_3 ; el segundo con las *Variables dinámicas con freno*, que representan variables similares a las anteriores pero tomando en cuenta el efecto del freno, las cuales son M_{T2f} , F_{Tf} , M_{T3f} y Pot_{3f} .



4.5.2 Análisis de la Simulación

Una vez estructurada la hoja de cálculo y desarrollada la simulación, considerando los parámetros y condiciones previas, se observan los detalles de los resultados obtenidos e identifican las situaciones críticas del proceso para someterlas a un análisis más exhaustivo.

Este proceso de evaluación se realiza de manera continua para controlar las variables involucradas y sus efectos, permitiendo depurar la simulación mediante la introducción de nuevos datos, de ser requerido, que se adecuen a las condiciones reales del proceso, con lo que se garantice un sistema eficiente y seguro en cada paso.

En la simulación se puede determinar el comportamiento de la bobina desde que se inicia con toda la materia prima hasta que se ha desenrollado completamente, partiendo de una bobina de 0,51m de diámetro, y considerando la etapa de aceleración inicial y la velocidad de funcionamiento de los ejes motores.

Se requiere verificar los resultados como los de momento torsor de cada eje, la potencia máxima necesaria, la velocidad angular y la aceleración angular de la bobina, ω_{21} y α_{21} respectivamente. Además, es importante revisar que ciertos parámetros se mantengan dentro del rango permitido como lo es la tensión de la tela para ajustar los valores de P_1 , P_2 y P_a , los cuales determinan que la tela se conserve rígida sin que se produzcan deformaciones o alargamientos.

4.5.2.1 Resultados de la Cinemática de la primera etapa

Se estudian los resultados cinemáticos arrojados en la hoja de cálculo, relacionados con el comportamiento del eje 2 como lo son: velocidad angular (ω_{21}), aceleración angular (α_{21}) e inercia (I_{zz2}).



En primer lugar, se determina que el tiempo de desenrollado total de una bobina es de 3207s (53,45 min.). Esto ocurre cuando el radio externo se hace igual al radio interno de la bobina, es decir, $R_2 = R_{02}$.

Velocidad Angular del Eje 2

Para hallar la velocidad angular se requiere el radio instantáneo de la bobina, para el cual se considera un radio inicial o anterior, un espesor de espira angular y un ángulo de giro, el cual también depende del tiempo.

El espesor de espira angular se determina quedando:

$$e_a = 2,3477 \times 10^{-5} \text{ m/rad}$$

El comportamiento del eje 2 en cuanto a la variación de la velocidad angular a medida que pasa el tiempo se observa en la figura 4.10, evidenciándose que aumenta lentamente de manera progresiva, lo que significa que el cuerpo está constantemente acelerado.

El aumento de velocidad a lo largo del tiempo se produce mientras que se reduce el diámetro de la bobina, por tal motivo, se precisa ajustar la velocidad de operación por debajo de un límite máximo, lo que se logra controlando la velocidad del eje motriz o eje 3; esta velocidad w_3 se restringe entonces a 13,195rad/s o 126,026 r.p.m.

La velocidad angular del eje 2 alcanza un valor máximo de 9,2534 rad/s (88,37 r.p.m.), justo cuando se termina el rollo de tela, es decir, cuando se ha dejado de suministrar materia prima y se requiere cambiar de bobina para iniciar el proceso.

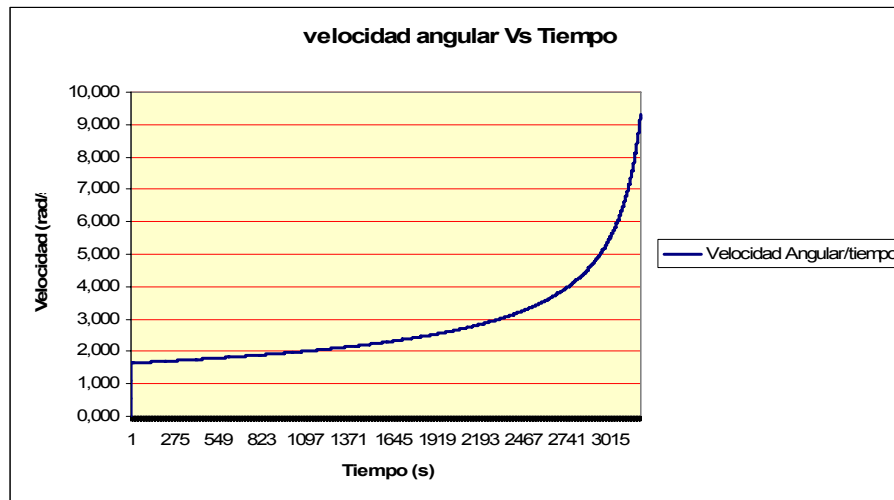


Grafico 4.2 Velocidad angular del eje 2 (w_{21}) Vs. Tiempo (t)

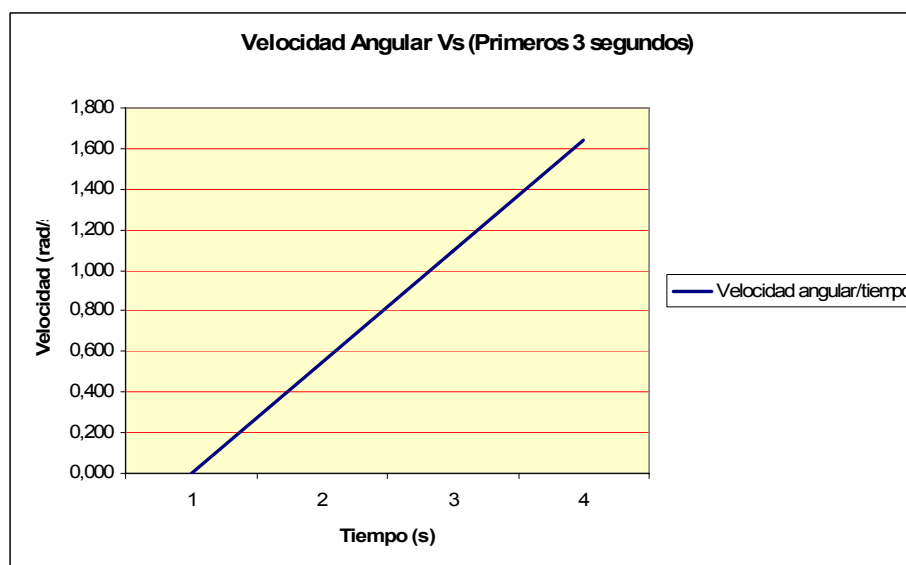


Grafico 4.3 Velocidad angular del eje 2 (w_{21}) Vs. Tiempo (t) de la aceleración (3s.)

Aceleración Angular del Eje 2

El Proceso de aceleración angular se divide en dos períodos: uno de aceleración como tal y otro de desarrollo.

En la simulación numérica se observa que se produce cierta aceleración durante el primer segundo, aumenta durante 3s, que es el tiempo estipulado para el



período de aceleración, y luego se produce un salto en el que se reduce considerablemente respecto a los valores iniciales.

Durante el período de desarrollo, se observa una tendencia a aumentar constantemente, con valores muy cercanos a lo largo del tiempo, hasta que se produce el desenrollado completo de la bobina.

Considerando los valores apreciados en la tabla, se evidencia la importancia de contar con una disminución en la velocidad de operación

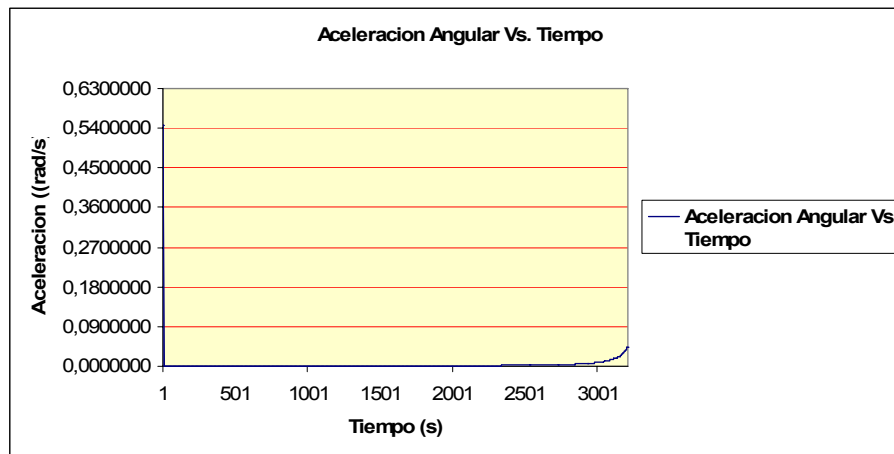


Gráfico 4.4 Aceleración angular del eje 2 (α_{21}) Vs. Tiempo (t)

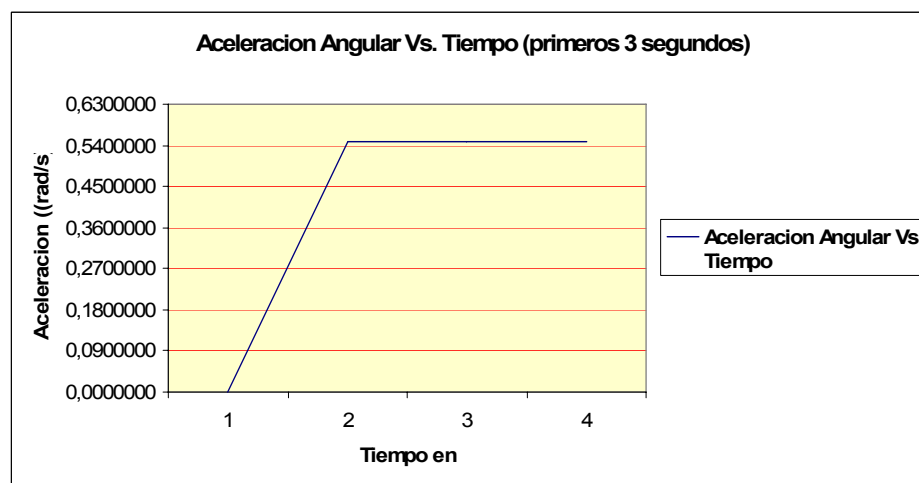


Gráfico 4.5 Aceleración angular del eje 2 (α_{21}) Vs. Tiempo (t) de la aceleración (3s.)



Inercia del Eje 2 ($I_{zz}^{C2'}$)

Mediante la hoja de simulación del proceso, también se determina la inercia de la bobina para cada segundo, siendo una función directa del diámetro instantáneo, por lo que disminuye al igual que este, y de la densidad superficial.

Tomando los valores de las condiciones iniciales, se consigue el valor de la densidad superficial con la Ec. 14, de la siguiente manera:

$$\rho_s = \frac{25 \text{ g / m}^2 (2000 \text{ m} \cdot 1 \text{ m})}{\pi [(0,255 \text{ m})^2 - (0,03825 \text{ m})^2]}$$

Obteniendo: $\rho_s = 250393,4734 \text{ g / m}^2$

Como se menciona anteriormente, en la sección dedicada a la determinación de los cálculos de la cinemática, se debe corregir el valor de la inercia del sistema de suministro de materia prima, ya que en principio se considera únicamente la bobina, y deben considerarse los otros elementos.

La inercia de la bobina (I_{Bobina}) es variable debido a la variación de masa, producto de la reducción del radio por el desenrollado de tela, mientras que la inercia de los otros elementos (I_W) se mantiene constante en todo momento.

El valor de I_W se determina mediante la suma de las inercias del eje, el sujetador de core y el freno, las cuales se obtienen una vez se elabora el diseño de dichos elementos, mediante el programa para diseño mecánico Inventor 2007.

Las inercias se encuentran expresadas en la tabla 4.5.



Tabla 4.5 Inercia de elementos del sistema de montaje de la bobina de tela

Elementos	Elemento (Kg*m ²)	Cantidad	I _{total} (Kg*m ²)
Barra o Eje	0,001188051	1	0,0011881
Sujeta Core	0,000916493	2	0,0018330
Collarín	0,000658	3	0,0019740
		I _w	0,0049950

Entonces se tiene que la suma de inercias es:

$$I_w = 0,00995 \text{ Kg*m}^2$$

4.5.2.2 Resultados de Freno

Fuerzas aplicadas (P_1 y P_2) y Presión máxima de la cinta (P_a)

Una vez encontrada relación de fricción, en el proceso del desenrollado debe ajustarse el freno para que la tensión en la tela no sea excesiva y no llegue a los límites de la presión en la cinta.

Se determina la fuerza adecuada que debe aplicarse en el extremo libre del freno (P_2), ya que dicha fuerza, al ser constante, determina la acción de la fuerza aplicada en el otro extremo (P_1), y por ende, se controla el momento de frenado, el cual estipula a su vez, la potencia requerida.

Se puede evidenciar, además, que a mayor fuerza en el extremo (P_2) mayor es la presión máxima de la cinta (P_a), por lo tanto, la fuerza P_2 debe ajustarse limitada tanto por el rango de tensión de la tela (F_{Tf}) como por el de P_a .

En los valores obtenidos, se muestra P_1 como un valor que se reduce a lo largo del tiempo, mientras que P_a aumenta.



Relación de Desgaste (RD)

Para el adecuado funcionamiento del freno se considera importante la relación de desgaste (*RD*), valor que depende tanto de la potencia como del área de frenado. (Ver Ec. 35).

En la simulación, la relación de desgaste se mantiene relativamente baja durante la mayor parte del proceso de frenado al efectuarse el desenrollado de la bobina, demostrando que en la primera parte ocurre el menor desgaste, lo que se define como una condición de operaciones frecuentes.

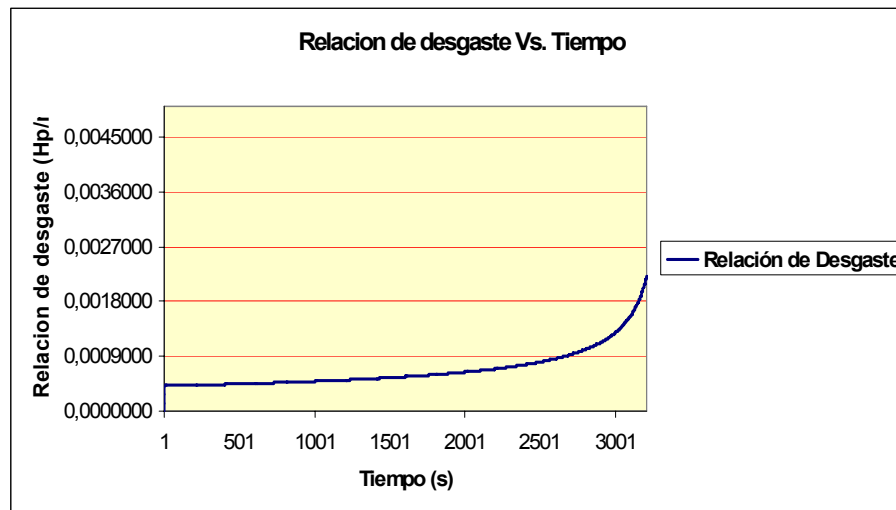


Grafico 4.6 Relación de desgaste (RD) Vs. Tiempo (t)

Potencia de Frenado (Pot_f)

La potencia de frenado, que es producto de la velocidad angular (w_{2l}) y del momento del freno (T_F), posee un pequeño aumento únicamente durante la etapa de aceleración o arranque, en el resto del proceso, se reduce, esto es, porque pese a que la velocidad angular de la bobina va en aumento, el momento de frenado, producto



de una relación de las fuerzas y del radio instantáneo de la bobina, disminuye en una proporción mayor.

4.5.2.3 Resultados Dinámicos

Una vez determinadas las condiciones de funcionamiento del freno de banda con la lona de cuero, se analizan los momentos en los ejes 2 y 3 considerando, M_{2f} y M_{3f} respectivamente, así como la fuerza de tensión ejercida por el freno sobre la tela y la potencia requerida.

Momento en la Bobina o Eje 2 (M_{2F})

El momento de la bobina presenta su valor máximo durante la etapa de arranque, es decir, al iniciar la operación de la máquina, y mantiene una tendencia a disminuir durante todo el desenrollado de la bobina. El conocimiento del momento máximo al que se somete el eje de soporte de la bobina, es una condición fundamental en el diseño de este elemento y de los elementos apoyados en el.

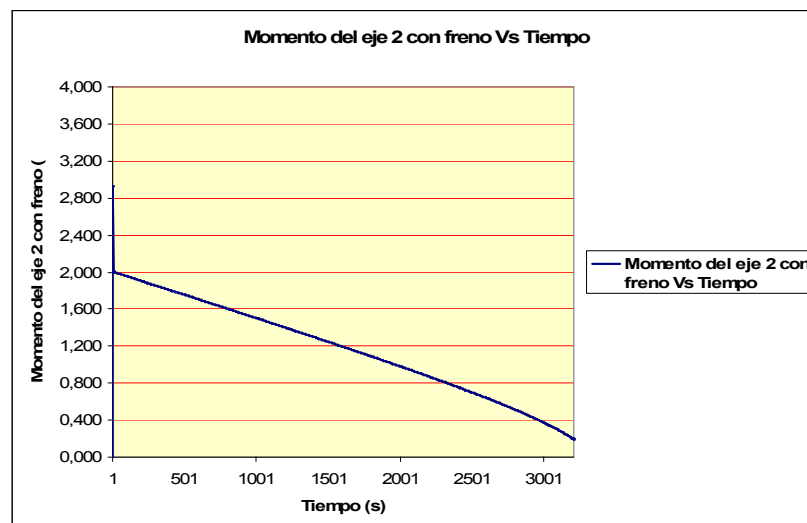


Grafico 4.7 Momento en el eje 2 (M_{2F}) Vs. Tiempo (t)

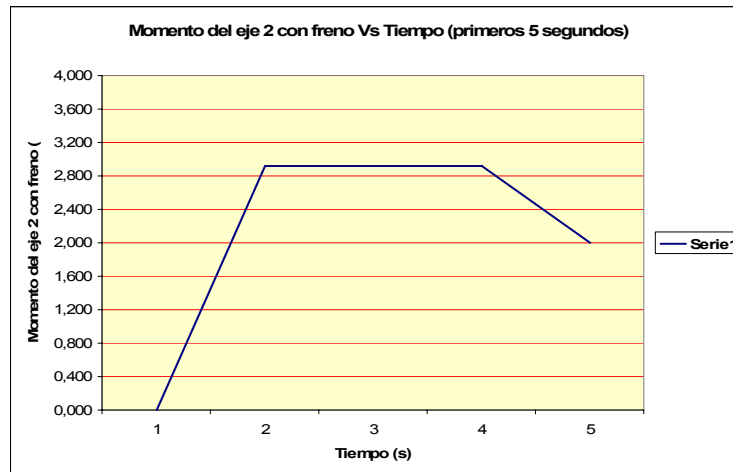


Grafico 4.8 Momento en el eje 2 (M_{2F}) Vs. Tiempo (t) de aceleración (3s.)

Momento en el Eje de arrastre 1 (M_{3F})

Al igual que el M_{2f} , el momento del eje 3 presenta su máximo valor durante la etapa de aceleración o arranque de la producción, en la cual, como se mencionó previamente, se debe tomar en cuenta los efectos inerciales del eje, los elementos que se instalan junto al eje y los rodillos guías por los que pasa la tela previos al rodillo motor o eje 3, por ello consigue el valor para ajustar el momento en esta etapa.

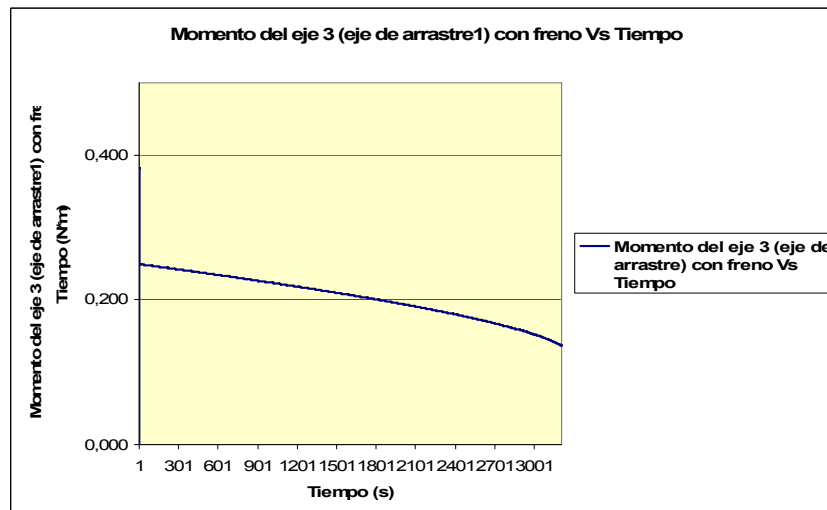


Grafico 4.9 Momento en el eje 3 (M_{3F}) Vs. Tiempo (t)

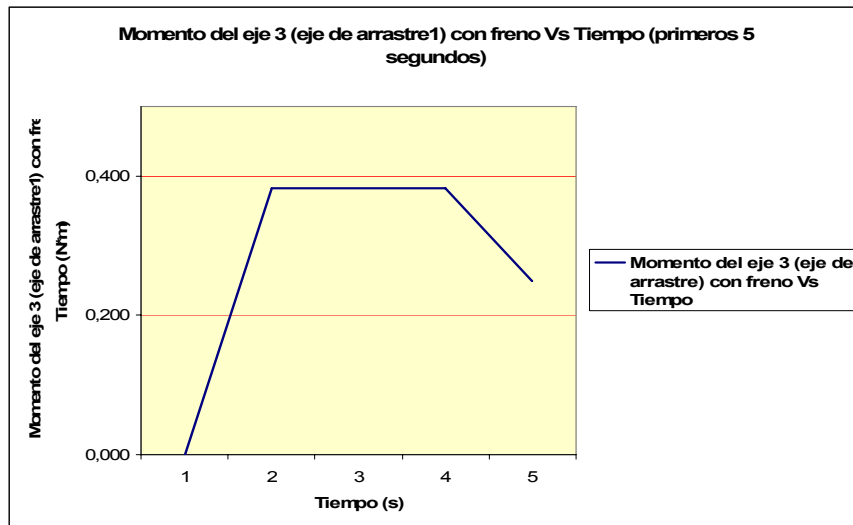


Grafico 4.10 Momento en el eje 3 (M_{3F}) Vs. Tiempo (t) de la aceleración (3s.)

Para encontrar el valor de A_i , el valor con el que se corrige el momento en la etapa de arranque, se determina con las Ec. 43, Ec. 44 y Ec. 45, con los valores plasmados en la tabla 4.5, tomando como velocidad del sistema de los rodillos de arrastre 126,003 r.p.m. y la aceleración angular inicial $4,398 \text{ rad/s}^2$.

Con lo anterior se construye la siguiente tabla:

Tabla 4.6 Inercia de elementos del sistema de montaje de la bobina de tela

Elementos	Cantidad	I (Kg*m ²)	I _{total} (Kg*m ²)	I _e (Kg*m ²)	N (Rpm)	α_{31} (rad/s ²)	MI (N*m)
Eje	1	0,001188	0,001188	0,001188	26,003	4,3983	0,005225
Rodillos Guías	4	0,007162	0,028646	0,178956	314,936	4,3983	0,787108
						A_i	0,792334

$$A_i = 0,809078 \text{ N*m}$$

Sin embargo, el momento presenta un comportamiento casi constante con tendencia a reducirse lentamente durante todo el desenrollado de la bobina. Algo que se evidencia en la siguiente gráfica.



La determinación de esta condición del eje 3 depende de la tensión a la que se puede someter la tela, además, es esencial para realizar el diseño de este elemento, y para determinar la potencia máxima a la cual puede someterse el sistema, con la cual se elige el motor adecuado.

Potencia en el Eje 3 (Pot_{3f})

La potencia en el eje 3, muestra una tendencia similar al momento, ya que se reduce a medida que disminuye la cantidad de tela en la bobina, a su vez, que presenta el nivel más alto en la fase de aceleración inicial, cuando se realiza el arranque de la máquina.

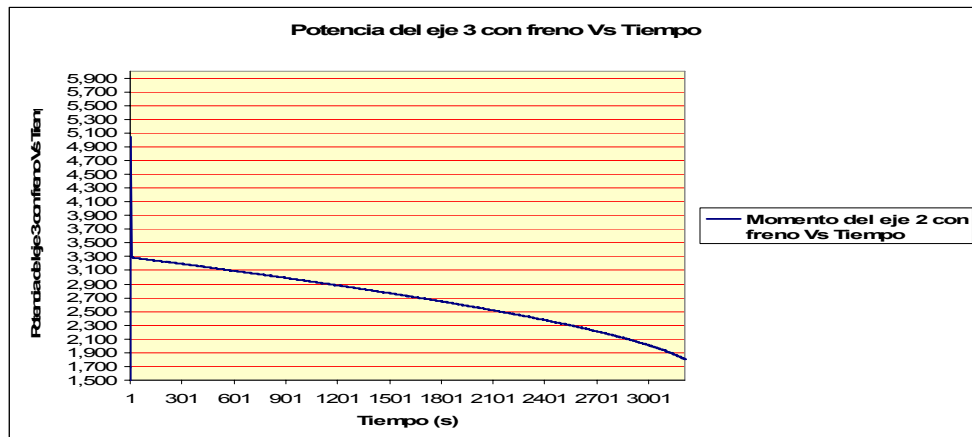


Grafico 4.11 Potencia en el eje 3 (Pot_{3F}) Vs. Tiempo (t)

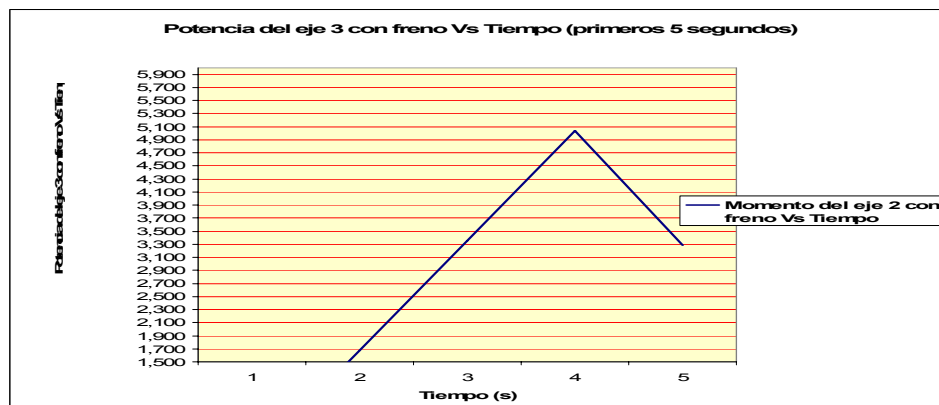


Grafico 4.12 Potencia en el eje 3 (Pot_{3F}) Vs. Tiempo (t) en el tiempo de aceleración (3s)



4.5.2.4 Resultados en los distintos elementos del sistema

También se determina los valores para los distintos sistemas acoplados al motor en cuanto a su inercia y momento torsor.

Tabla 4.7 Datos dinámicos de los ejes de arrastre

Cant.	Elementos	I (Kg*m ²)
1	Eje del rollo	0,0012928
1	Rollo	1,6812
2	Sujeta core	0,0006947
1	Collarín	0,00012
1	Rodillo de arrastre 1	0,00202
1	Rodillo de arrastre 2	0,00123
1	Rodillo de arrastre 3	0,00117
1	Rodillo de arrastre 4	0,0041
1	Tambor de corte	1,7233
1	Rodillo de Doblado	0,052
4	Rodillos tensores	0,000335
1	Rodillo vulcanizado 1	0,001266
1	Rodillo vulcanizado 2	0,000693
1	Rodillo vulcanizado 3	0,00065
1	Rodillo vulcanizado 4	0,000271

4.6 Sistema de Motor

4.6.1 Requerimientos del sistema

Al tener mayor posibilidad de contar con corriente eléctrica en cualquier local se selecciona un sistema motor que permita accionar cualquier tipo de carga mecánica al transformar la energía recibida de la red eléctrica denominado *motor eléctrico*.

Se prefiere un motor de corriente alterna por ser uno de los más utilizados en la industria debido a su menor costo y el bajo mantenimiento que requiere.



Según el número de fases de su alimentación, se decide por un motor trifásico de inducción ya que puede utilizarse prácticamente para cualquier aplicación industrial, especialmente el de tipo ardilla debido a varias razones como son: bajo costo, bajo mantenimiento, gran disponibilidad, pocos componentes, alto grado de protección, robusto, puede instalarse en ambiente de alto riesgo por carecer de chispas internas.

El motor de jaula de ardilla también es hoy día el motor más práctico para realizar aplicaciones en donde se requiere variación de velocidad, llegando incluso a desplazar el motor de corriente continua, esto debido al avance de la electrónica de potencia.

También debe considerarse un rango de velocidad de operación que debe ser cercano a la velocidad nominal para lograr una condición de operación óptima del motor y evitar recalentamientos, según las recomendaciones del fabricante.

4.6.2 Selección del tipo de motor

De los resultados obtenidos en los cálculos realizados mediante la simulación y las inercias de cada elemento se obtienen los valores a considerar para la selección de la planta motriz tomando en cuenta los puntos críticos del sistema. Se selecciona entonces, según los estudios realizados:

Motoreductor Trifásico de 1750 RPM, 60 Hz.

Reductor de 15:1.

Salida de 116 RPM

Orificio para el eje de 25mm

Disposición de salida 180°

Potencia: 1 Hp



4.7 Estructura de Soporte

La distribución del armazón o cuerpo del sistema debe estar organizado de manera tal que se puedan instalar y ajustar todos los elementos cumpliendo la condición de estabilidad y de seguridad para proteger tanto a los elementos que componen el mecanismo como a los trabajadores que lo operen.

En el desarrollo del diseño se debe considerar una disposición apropiada de las estructuras de soporte para que los procesos puedan ser manejados fácilmente por los operarios, por lo que deben adecuarse las dimensiones, los materiales a utilizar, los elementos de sujeción o de unión, las distancias y la ubicación de los componentes.

La finalidad de la máquina diseñada para la elaboración de las sábanas para camillas es que se realice mediante un proceso automatizado donde se requiere poco tiempo de desempeño por parte del trabajador, de hecho no se considera una labor forzada ya que su actividad está sujeta a cualquier parada del sistema por algún trabamamiento o por requerir el suministro de una nueva bobina de tela (materia prima); pudiendo ser un trabajo que se realiza parado en esos casos donde se exige la intervención del operario y sentado durante el transcurso de la producción.

Según lo establecido en los planteamientos generales de la norma 6385 de la ISO (International Standards Organization) sobre los principios ergonómicos para proyectar sistemas de trabajo: *“La altura de la superficie de trabajo debe adaptarse a las dimensiones (estatura) del cuerpo del operador y a la clase de trabajo realizado”*. [I.10]

También se refiere en esta norma a la disposición de elementos para el control y mando como: manivelas y piezas para maniobra de manos y/o pies; los cuales deben estar ubicados al alcance del individuo por encima de la cintura o debajo de los



hombros. La agrupación y colocación de los mandos se establecen en función a la necesidad de velocidad de respuesta y frecuencia de uso, además, deben estar adaptados a la formas anatómicas del cuerpo.

4.7.1 Esfuerzos y deflexiones de los soportes de la bobina y primer triángulo de doblez.

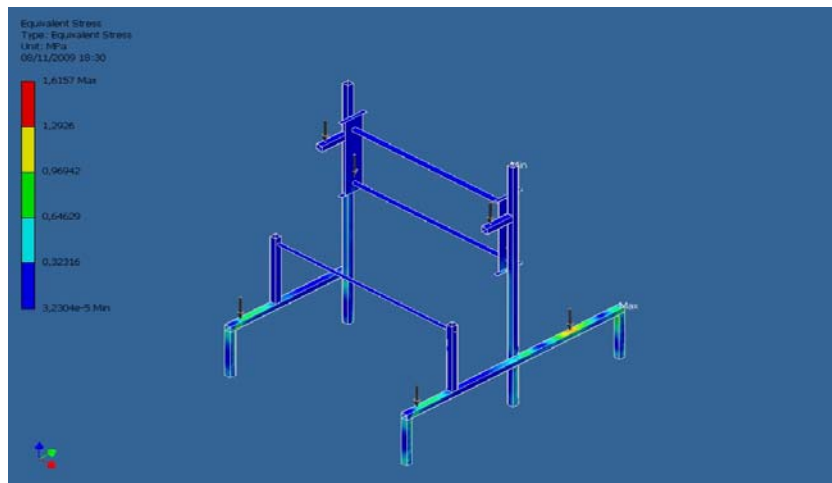


Fig. 4.8 Esfuerzos en la estructura de soporte. 1ra parte etapa I.

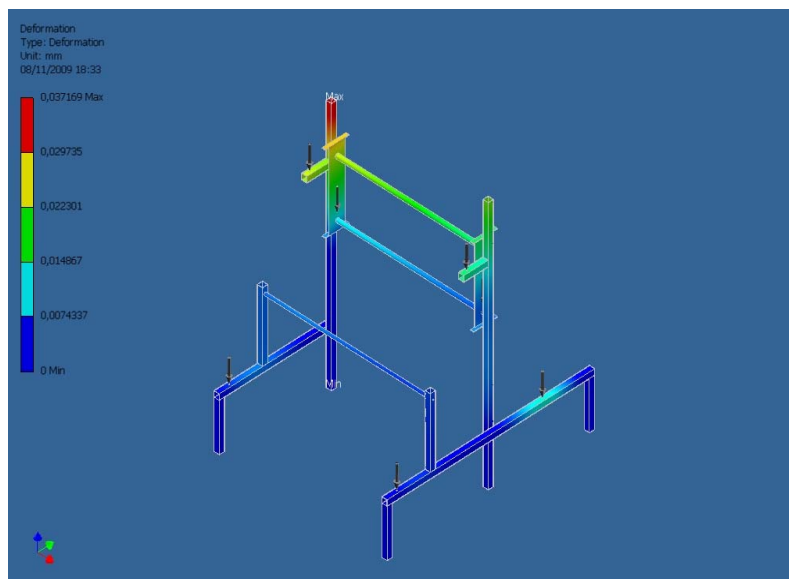


Fig. 4.9 Deformación en la estructura de soporte. 1ra parte etapa I.



4.7.2. Esfuerzos y deflexiones del soporte del 2do triángulo de doblez.

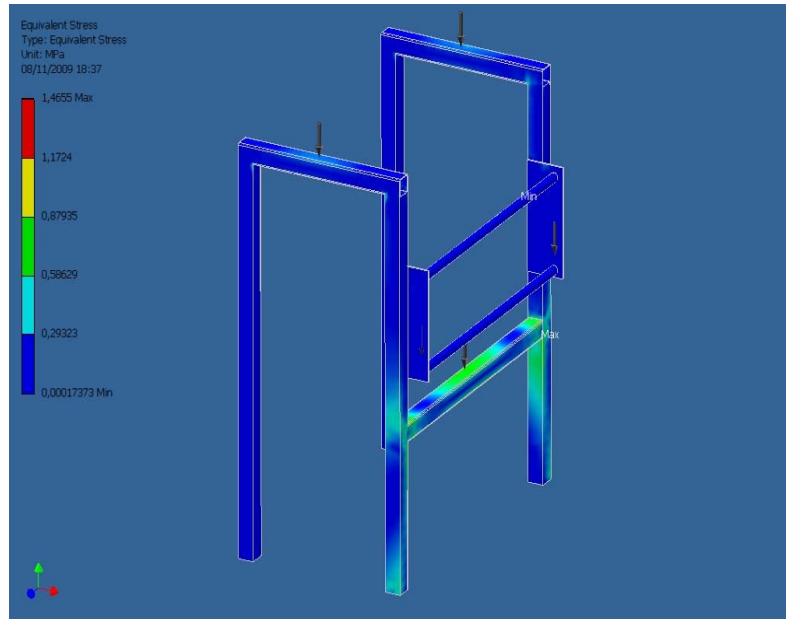


Fig. 4.10 Esfuerzos en la estructura de soporte. 2ra parte etapa I.

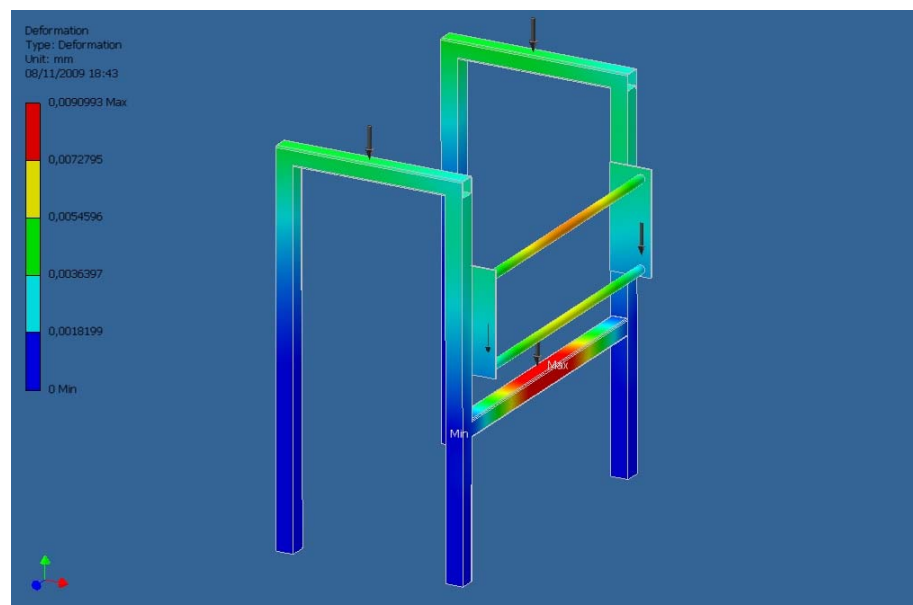


Fig. 4.11 Deformación en la estructura de soporte. 2ra parte etapa I.



4.8 Sistemas de transmisión

El método para transmitir potencia se elige considerando diversos factores como: la potencia, posición de los ejes, relación de transmisión, sincronía, distancia entre ejes y costo.

Debido a que se requiere impulsar varios ejes desde un mismo motor o fuente de potencia y ocurren relaciones constantes entre los sistemas se considera apropiado utilizar como sistema principal de transmisión las cadenas de rodillos.

También se utilizan sistemas de engranes para impulsar los ejes del sistema y cambiar la dirección de transmisión (eje cónico).

Para poder transmitir la potencia requerida a cada uno de los elementos del sistema y evitar colocar cadenas demasiado largas o llevarlas a través de grandes distancias, se utilizan algunos ejes adicionales que denominamos ejes de transmisión, los cuales se conectan al motor (mediante cadenas) siendo impulsados por este, y transmiten a los ejes del sistema (por cadenas y engranes).

4.8.1 Cadenas de rodillos

Los datos siguientes son guía para la selección de una transmisión adecuada, es decir, lo que se requiere al principio:

- Potencia requerida en la máquina conducida (HP).
- Velocidad de la máquina motora (rpm).
- Velocidad de la máquina conducida (rpm).
- Distancia tentativa entre ejes.



La disposición de los elementos del área de transmisión hacia los ejes de las Etapas 1 y 2 se muestra en el esquema de la figura 4.9.

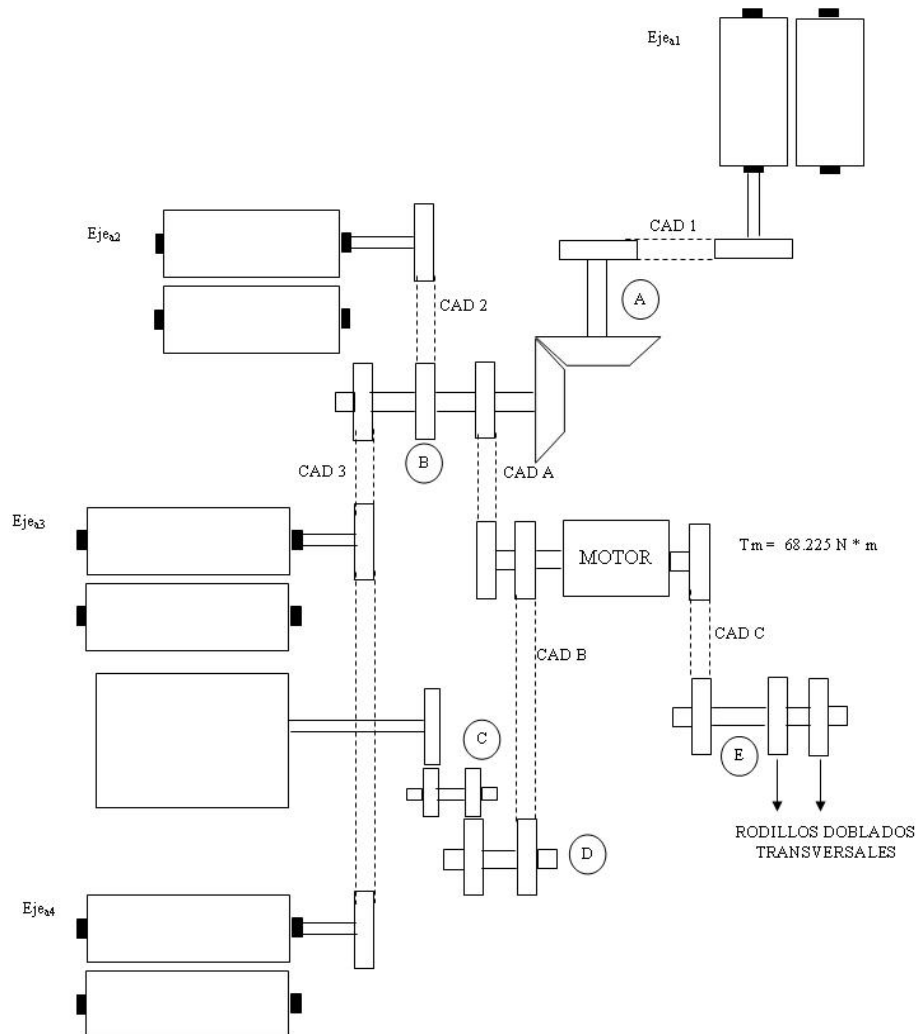


Fig. 4.12 Esquema del sistema de transmisión y conexión de cadenas.

Se sabe que en una transmisión existe una relación de velocidad cumpliéndose que:

$$N_p n_p = N_c n_c \quad [\text{Ec. 52}]$$

Donde N_c es el número de dientes de la corona (eje más lento) y N_p es el número de dientes del piñón (eje más rápido).



El tamaño de una cadena está representado por el paso (P) que está determinado por la separación entre ejes de los rodillos.

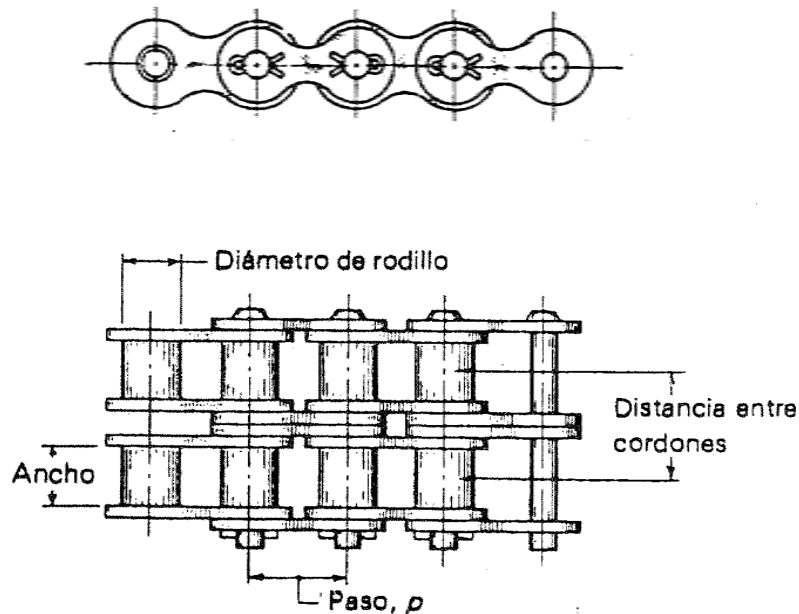


Fig. 4.13 Sección de una cadena de rodillos con doble hilo (dos cordones).

Fuente: *Diseño en ingeniería mecánica*, J. Shigley. 6ta Edición.

Las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento al igual que las máquinas motoras las cuales pueden tener un impulso inicial o un giro a tirones, siendo situaciones que deben considerarse para prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o tirones, por esta razón se toma un factor de servicio (C_1) que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño tomando en cuenta las características de la máquina y el motor utilizado.

En la tabla del anexo 2 se distingue el motor utilizado y se elige la máquina que más se asemeja a la del diseño con lo que se obtiene el factor C_1 , el cual se multiplica por la potencia a transmitir, para obtener la *potencia de diseño*. [I.11]

$$Pot_{Dis} = C_1 \cdot Pot$$

[Ec. 53]



Para el diseño seleccionado para la producción de sábanas para camillas se obtiene un factor de servicio de 1. (Ver anexo 2)

Con el valor de la potencia de diseño y la velocidad del eje rápido (generalmente piñón) se consulta el gráfico del anexo 3, en donde se indica la potencia que puede transmitir una cadena simple, una de doble hilera y una de triple hilera e indican el paso que se recomienda usar para cada tipo.

Los pasos de uso más común según en la serie BS (British Standart) son:

Tabla 4.8 Pasos de cadenas de rodillos comunes en el mercado.

Fuente: Página web en línea disponible en: <http://www2.ing.puc.cl>

Pasos de uso común de cadenas de rodillo	
Pulg	mm
3/8	9,525
1/2	12,7
5/8	15,875
3/4	19,05
1	25,4
1 1/4	31,75
1 1/2	38,1
1 3/4	44,45
2	50,8

El largo de la cadena se expresa en cantidad de pasos, los cuales deben ser una cifra par con objeto de unir los extremos usando un eslabón desmontable llamado "candado".

El largo de la cadena (L) se determina mediante: [I.11]

$$L_p = \frac{(N_p + N_c)}{2} + \frac{(2 * C)}{P} + \frac{PX}{2 * C} + Y \quad \text{[Ec. 54]}$$

Donde C distancia entre centros, Y es un factor para que la longitud sea una cifra entera y X es un factor determinado por la diferencia entre los dientes de la



cadena y los dientes del piñón, este factor se ubica en la tabla del anexo 4 y se obtiene de la siguiente expresión: [5, p. 1093]

$$X = \frac{(N_p + N_c)^2}{2\pi^2}$$

Para la longitud en medidas métricas se multiplica la longitud expresada en cantidad de pasos por el valor del paso de la cadena.

$$L_{Total} = L_p * P \quad \text{[Ec. 55]}$$

Según lo establecido en el diseño, para el caso del eje B del sistema de transmisión, se ubica una cadena que aumentará a las revoluciones deseadas, es decir, de 104,4rpm (la que posee el motor) a 126,003rpm (las del sistema a impulsar)

$$N_c = \frac{23 * 104,4rpm}{126,003rpm}$$

$$N_c = 19$$

Con estos datos y siguiendo el procedimiento explicado se obtienen los valores de cadena siguientes:

Tabla 4.9 Valores para seleccionar la cadena 1.

Factores	Valores
N1	23
N2	19
X	0,82
P	15,875mm
C	395,2mm

Según el paso obtenido, se requiere una cadena cuyo paso sea de 15,875mm (5/8”), esta sería la de N°50 según la designación de la ANSI. (Ver anexo 5)



La longitud es:

$$L_p = \frac{(19 + 23)}{2} + \frac{(2 * 395,2)}{15,875} + \frac{15,875 * 0,82}{2 * 750}$$

$$L_p = 70,805$$

$$L_{Total} = 70,805 * 15,875$$

$$L_{Total} = 1124,04\text{mm}$$

Como se requiere que sea una cifra entera y par se acerca al valor más cercano con tales condiciones.

$$Y = -0,805$$

$$L_p = 70,805 - 0,805$$

$$L_p = 70$$

Ahora bien, como se ajusta el valor de longitud en pasos se debe calcular el nuevo centro según esta nueva cantidad. El nuevo centro vendrá dado por:

$$C = \frac{P}{4} * \left(-s + \left(s^2 - \left(\frac{8 * (N_c - N_p)}{2 * \pi} \right)^{1/2} \right) \right) \quad \text{[Ec. 56]}$$

Donde:

$$s = ((N2 + N1)/2) - L_p$$

Para la cadena estudiada la nueva distancia entre centros de ejes, considerando una longitud de 70 pasos, debe ajustarse a:

$$C = 388,806\text{mm}$$

También se requiere evaluarse si la cadena es apropiada según su potencia nominal, por ello se deben considerar varios factores, como lo son:



- Un factor de corrección de dientes K_1 , debido a que la rueda dentada puede tener más o menos de 17 dientes.
- El factor de hileras múltiples K_2 , ya que la potencia nominal no considera el número de hileras.

La potencia nominal viene dada por la velocidad angular a la que estará sometida la cadena y según el tipo de cadena.

Tabla 4.10 Capacidad nominal (en Hp) de cadenas de rodillos de paso único e hilo sencillo para una catarina de 17 dientes.

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley (4ta ed.)

Velocidad de la rueda rpm	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		

Se consigue entonces una potencia corregida:

$$H_r = K_1 * K_2 * H_{nom}$$

[Ec. 57]



Para hallar K_2 se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 4.11 Factores para cadenas de hileras múltiples.

Fuente: Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley (4ta ed.)

Número de cordones	K_2
1	1
2	1,7
3	2,5
4	3,3

El K_1 viene dado, según el número de dientes, por la siguiente tabla:

Tabla 4.12 Factores de corrección para los dientes..

Fuente: Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley (4ta ed.)

Número de dientes en la rueda dentada impulsora	Factor de corrección K_1 para los dientes	Número de dientes en la rueda dentada impulsora	Factor de corrección K_1 para los dientes
11	0.53	22	1.29
12	0.62	23	1.35
13	0.70	24	1.41
14	0.78	25	1.46
15	0.85	30	1.73
16	0.92	35	1.95
17	1.00	40	2.15
18	1.05	45	2.37
19	1.11	50	2.51
20	1.18	55	2.66
21	1.26	60	2.80

Para la cadena se tiene que:

$$H_{nom} = 1,39104$$

Luego:

$$H_r = 1,35 * 1 * 1,39104$$

$$H_r = 1,8779 \text{hp} = 1402,8 \text{W}$$



Como este valor es mayor que la potencia de diseño resulta una cadena satisfactoria.

Una vez conocidas el número de dientes de las catalinas, el paso y las velocidades angulares se puede determinar la velocidad de la cadena mediante:

[5, p.1091]

$$V = \frac{N \cdot P \cdot n}{60}$$

[Ec. 58]

$$V = \frac{23 \cdot 0,015875 \cdot 104,4}{60}$$

$$V = 0,6353 \text{ m/s}$$

Ahora se debe determinar la fuerza ejercida por la cadena sobre los ejes. Para ello se sabe que en un sistema de cadena, en el que existe un lado tenso y un lado flojo, la fuerza total de flexión sobre en ambos ejes que soportan las ruedas dentadas estará dada por la tensión ejercida en el lado apretado, debido a que el otro lado no ejerce fuerza alguna.

En general, se tendrá que:

$$F_c = \frac{T}{D/2}$$

[Ec. 59]

$$F_c = \frac{T_a}{D_a/2} = \frac{T_b}{D_b/2}$$

Donde T_a es el valor de torque de la rueda dentada impulsora y T_b el torque de la rueda impulsada.



El diámetro se puede hallar a través de:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad [\text{Ec. 60}]$$

También se pueden buscar los diámetros en la tabla del anexo 5 según el paso de la cadena escogida.

Para la cadena que permitirá el movimiento del una parte del sistema (los ejes de arrastre) previa a los ejes de arrastre 1, 2 y 3, se tiene una fuerza denominada $F_{c_{s1}}$ y viene dada por:

$$T_{motor} = \frac{Pot_{motor}}{\omega_{motor}} \quad [\text{Ec. 61}]$$

$$T_{motor} = \frac{746W}{10,93rad / s}$$

$$T_{motor} = 68,34Nm$$

La fuerza aplicada por la primera cadena al eje impulsado es:

$$F_{c_{s1}} = \frac{68,34}{0,11658m / 2}$$

$$F_{c_{s1}} = 1176,088N$$

Para el resto de los sistemas se realiza un estudio similar al anterior para la selección de los modelos de transmisión. Se muestran en la siguiente tabla:



Tabla 4.13 Selección de cadenas.

TABLA SELECCIÓN DE CADENAS				
Etapa	Elemento	Tipo	Nº de Dientes	Paso (mm)
EJE MOTOR	Catarina a Eje B	Simple Tipo B	23	15,88
	Catarina a Eje D	Simple Tipo B	19	15,88
	Catarina a Eje E	Simple Tipo B	21	15,88
ETAPA DE TRANSMISION	Catarina Eje A	Simple Tipo B	15	15,88
	Catarina Entrada Eje B	Simple Tipo B	19	15,88
	Catarina Salida 1 Eje B	Simple Tipo B	15	15,88
	Catarina Salida 2 Eje B	Simple Tipo B	15	15,88
	Catarina Eje D	Simple Tipo B	25	15,88
	Catarina Entrada Eje E	Simple Tipo B	19	15,88
	Catarina Salida 1 Eje E	Simple Tipo B	19	15,88
	Catarina Salida 2 Eje E	Simple Tipo B	19	15,88
ETAPA 1	Rodillo de Arrastre 1	Simple Tipo B	15	15,88
	Rodillo de Arrastre 2	Simple Tipo B	15	15,88
ETAPA 2	Rodillo de Arrastre 3	Simple Tipo B	15	15,88
	Rodillo de Arrastre 4	Simple Tipo B	15	15,88
ETAPA 3	Rodillo de Doblado 1	Simple Tipo B	11	15,88
	Rodillo de Doblado 2	Simple Tipo B	11	15,88
	Rodillo de Doblado 3	Simple Tipo B	11	15,88
	Rodillo Vulcanizado de Doblado	Simple Tipo B	11	15,88

4.8.2 Calculo de Engranés de Talla Recto

Los engranes son ruedas cilíndricas dentadas que se emplean para transmitir movimiento y potencia desde un eje giratorio a otro.

Los engranes de talla recta, los dientes son rectos y paralelos al eje que soporta al engrane.



Cuando se enlazan más de dos engranes, el término *valor del tren* (TV) Se refiere a la relación de la velocidad de entrada (primer tren de engrane) con la velocidad de salida (último tren de engrane).

Por definición el *valor de tren* es el producto de los valores VR para cada par de engranes en el tren.

En nuestro caso tuvimos la necesidad de emplear un tren de engranes, como consecuencia de que nuestro tambor de corte, por su diámetro mucho mayor debe girar mas lento que los de arrastre, de esta manera generaremos un corte por cada vuelta del tambor al mismo tiempo que los rodillos de arrastre giran 10 veces.

Si los rodillos de arrastre giran a 126 rpm, el tambor debe hacerlo a 12,6 rpm. Si las rpm del motor son de 104,4, entonces podemos calcular nuestro TV.

$$TV = \frac{n_{entrada}}{n_{salida}}$$

[Ec.62]

$$TV = \frac{104,4}{12,6}$$

$$TV = 8,29$$

Como el valor del tren es elevado y necesitamos un tren compacto de mínimo 90mm de distancia entre centros, necesitaremos al menos 2 pares de engranes. La ventaja q tenemos es que el ultimo engrane, el tercer eje debe ser colocado a nivel del segundo eje, es decir, uno arriba del otro en la misma línea.

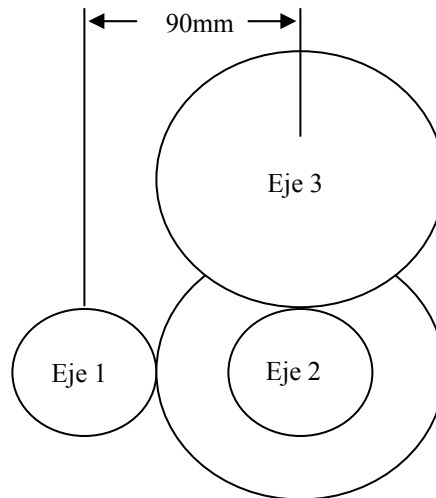


Fig. 4.14 Tren de Engrane para tambor de corte

Para demostrar esto haremos el cálculo con un solo tren. Como queremos algo compacto seleccionamos $N_p = 18$ (numero de dientes del piñon), de esta forma el número de diente del engrane da:

$$\begin{aligned} N_g &= VR \times N_p && \text{[Ec. 63]} \\ N_g &= 8,29 \times 18 \\ N_g &= 149,22 \approx 150 \end{aligned}$$

Utilizando la tabla.. podemos identificar un módulo aceptable para la potencia y rpm que manejaran las ruedas dentadas. Los datos serían:

$$R_{pm} = 104,4$$

$$H_p = 1$$

El resultado encontrado es $m = 4$. Sin embargo debemos recordar que la gráfica corresponde a cargas uniformes y una buena alineación. Por la variación de carga que puede generar el corte y por lo cercano a la zona de $m = 2$, tomaremos como valor este ultimo.

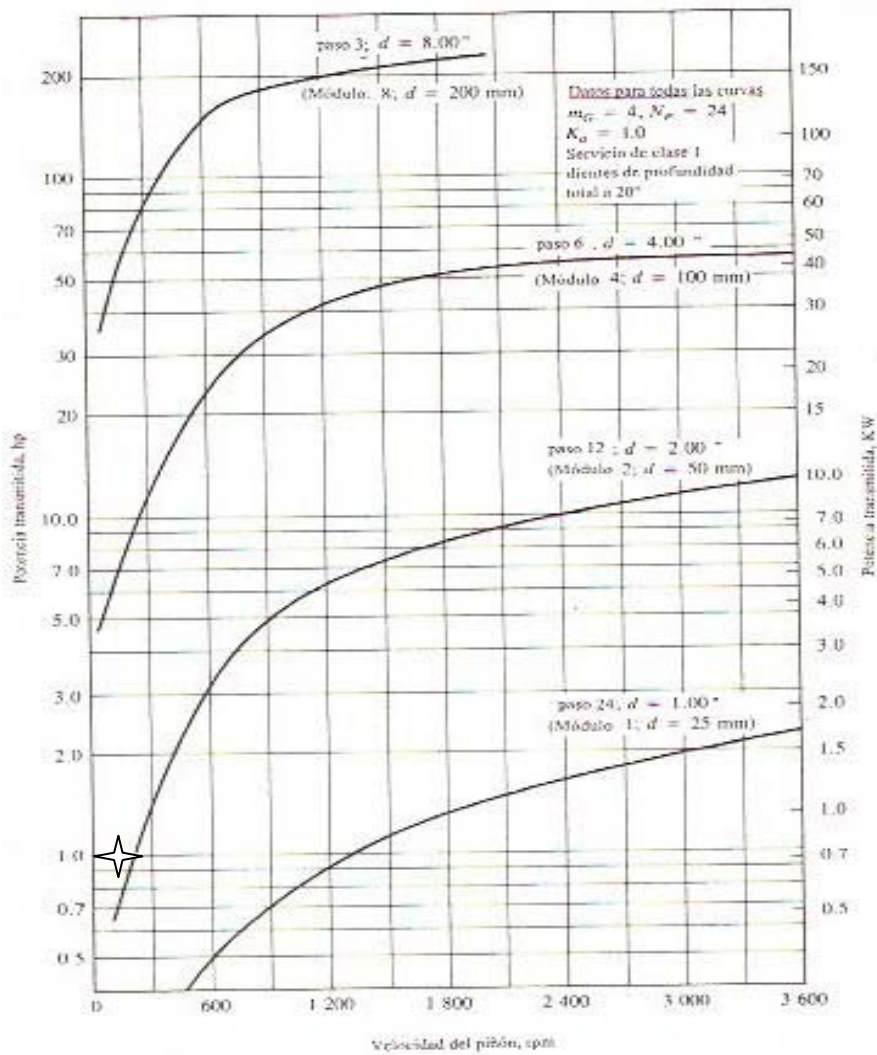


La formula para distancia central es la siguiente:

$$C = (N_p + N_g)m / 2$$

[Ec. 64]

Sustituyendo lo valores tendremos:



Potencia contra velocidad del piñón

$$C = (18 + 150)2 / 2$$

$$C = 168 \text{ mm}$$



Como se puede observar, no se cumple con la premisa de un tren compacto de 90mm de distancia central como máximo.

Buscaremos un tren de dos pares de engranes. Si le damos un valor de relación a uno de los trenes de manera de conseguir la primera distancia entre centros aceptable, podremos conseguir la otra relación y así poder calcular el tren completo.

Teniendo:

$$TV = 8,29$$

$$Vr1 = 2,5$$

Entonces

$$TV = VR1 \cdot VR2 \quad [\text{Ec. 65}]$$

$$VR2 = TV / VR1$$

$$VR2 = 8,29 / 2,5$$

$$VR2 = 3,316$$

Tomando de igual forma $Np = 18$, Ng nos da:

$$Ng_1 = VR \times Np_1 \quad [\text{Ec. 66}]$$

$$Ng_1 = 2,5 \times 18$$

$$Ng_1 = 45$$

Con el primer valor de centro obtenido buscamos la siguiente relación de piñones para alcanzar la relación total y la distancia de centros de este ultimo.

$$Ng_2 = VR \times Np_2$$

$$Ng_2 = 3,316 \times 18$$

$$Ng_2 = 59,69 \approx 60$$

$$C_2 = (18 + 60)2 / 2$$

$$C_2 = 78mm$$



Luego de hallado la geometría que satisface la relación de velocidad que se necesita y los límites de aplicación, nos dedicaremos a encontrar los esfuerzos de tensión por flexión y tensión por contacto para poder seleccionar el material que se ajuste a estos parámetros.

La tensión por flexión viene dada por:

$$\sigma_{tp} = \frac{K_a \cdot W_t \cdot K_s \cdot K_b \cdot K_m}{K_v \cdot F \cdot m \cdot J_p}$$

$$W_t = 1000 \cdot P / v_t$$

$$v_t = \pi \cdot D_p \cdot n_p / 60000$$

$$D_p = N_p \cdot m$$

$$D_p = 18 \cdot 2$$

$$D_p = 36$$

Sustituyendo

$$v_t = \pi \cdot D_p \cdot n_p / 60000$$

$$v_t = \pi \cdot 36 \cdot 104,4 / 60000$$

$$v_t = 0,1968 \text{ m / s}$$

$$W_t = 1000 \cdot P / v_t$$

$$W_t = 1000 \cdot 0,7457 \text{ Kw} / 0,1968$$

$$W_t = 3789,13 \text{ N}$$

Seguiremos hallando los factores. El Ks (factor de tamaño) lo encontramos de la siguiente tabla, tomando en cuenta $q_m = 2$



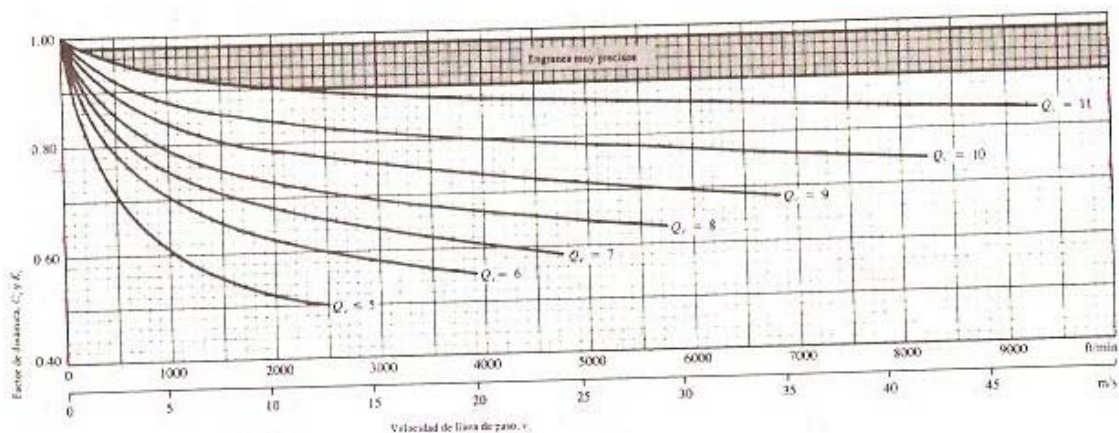
Tabla 4.14 Factores de Tamaño que se sugieren K_s

Paso diametral, P_d	Módulo métrico, m	Factor de tamaño, K_s
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

$$K_s = 1$$

K_b es el factor de espesor de corona. Como el piñón es pequeño, usaremos un disco sólido para fabricar el engrane dando un $K_b = 1$

K_v o factor de dinámica depende de la precisión del perfil del diente, de sus propiedades elásticas y de la velocidad con los dientes que entran en contacto. Aquí entra en juego Q_v , que son los números de calidad AGMA. En esta oportunidad tomaremos $Q_v = 5$, el cual representa a los engranes comunes fabricados fresando o mediante cepillos-limador con herramientas que van de promedio a buenas. Apoyandonos en la figura xx..



Factor de dinámica C_v y K_v



$$K_v = 1$$

K_a o factor de aplicación considera las variaciones de cargas, vibraciones, choques, los cambios de velocidad y otras condiciones particulares.

Tabla 4.15 Factor de aplicaciones sugeridos

Fuente de poder	Máquina que es impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Para este caso tomaremos $K_a = 1,5$

Necesitamos una relación de F/D , donde F es el ancho de cara, el cual viene dado por en el sistema SI como

$$F = 16 \cdot m$$

$$F = 16 \cdot 2$$

$$F = 32 \quad F / D_p = 32 / 36$$

$$F / D_p = 0,889$$

El tipo de unidad de engrane debe ser especificado por el diseñador. Utilizaremos engranes abiertos que se apoyan en el amazon.

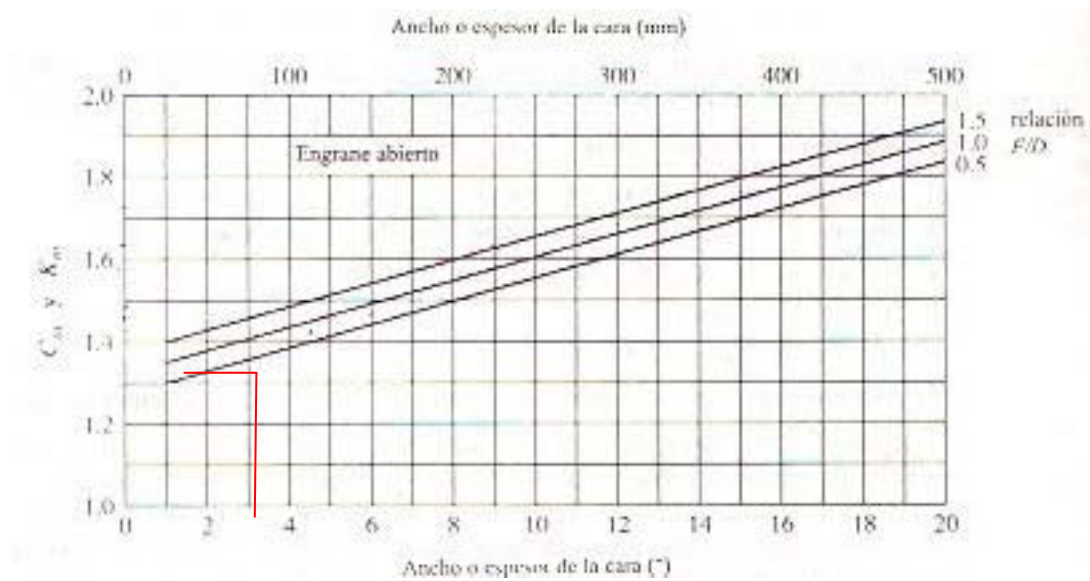


Grafico 4.13 Factor de distribución de carga K_m y C_m

$$K_m = 1,35$$

Por ultimo, como requisito para el calculo del esfuerzo por flexión, necesitamos especificar la forma que se empleará y determinar los factores de geometría J_p y J_g . Elegiremos por dientes envolventes de profundidad total a 20° . Según la figura. Xx estos valores seran:

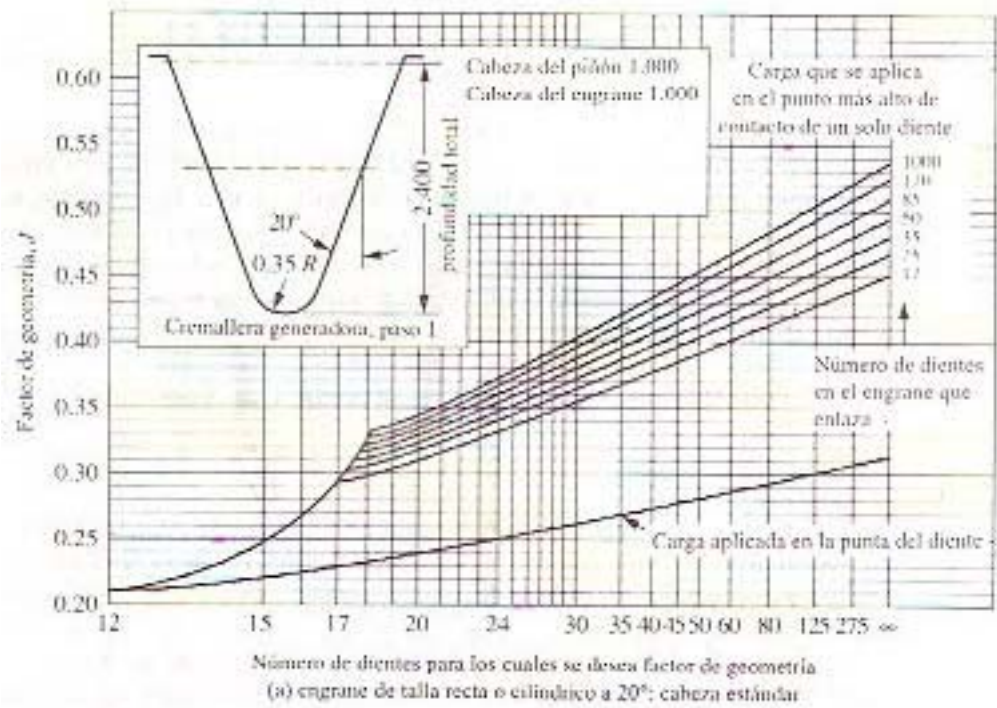


Gráfico 4.14 Factor de geometría J

$$J_p = 0,315$$

$$J_g = 0,39$$

Sustituyendo los factores encontrados tendremos como resultado el esfuerzo del piñon

$$\sigma_{ip} = \frac{1,5 \cdot 3789,13 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,32}{1 \cdot 32 \cdot 2 \cdot 0,315}$$

$$\sigma_{ip} = 372,1 \text{ Mpa}$$

Calculamos la tensión por flexión que se espera en el engrane a partir de:

$$\sigma_{ig} = \sigma_{ip} (J_p / J_g)$$

$$\sigma_{ig} = 496,2 (0,315 / 0,39)$$

$$\sigma_{ig} = 300,6 \text{ Mpa}$$



Continúa el diseño para el desgaste

$$\sigma_c = C_p \cdot \sqrt{\frac{C_a \cdot C_s \cdot C_m \cdot W_t}{C_v \cdot F \cdot D_p \cdot I}}$$

Tomaremos la decisión en cuanto al material que se va a utilizar en general. Este va hacer Acero para ambos, tanto el piñon como el engrane. De esta manera

Tabla 4.16 Coeficiente elástico Cp

Material para fabricar engranes y módulo de elasticidad, E_p, lb/pulg² (MPa)

Material para el piñón	Módulo de elasticidad, E _p , lb/pulg ² (MPa)	Acero 20 × 10 ⁶ (1.7 × 10 ³)	Hierro maleable 25 × 10 ⁶ (1.7 × 10 ³)	Hierro nodular 24 × 10 ⁶ (1.7 × 10 ³)	Hierro fundido 22 × 10 ⁶ (1.5 × 10 ³)	Bronce con aluminio 17.5 × 10 ⁶ (1.2 × 10 ³)	Bronce con estaño 16 × 10 ⁶ (1.1 × 10 ³)
Acero	30 × 10 ⁶ (2.1 × 10 ³)	2 180 (181)	2 160 (179)	2 100 (174)	1 950 (162)	1 900 (158)	
Hierro maleable	(1.7 × 10 ³)	2 180 (181)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 020 (168)	1 900 (158)	
Hierro nodular	(1.7 × 10 ³)	2 160 (179)	2 070 (172)	2 050 (170)	2 000 (166)	1 880 (156)	
Hierro fundido	(1.5 × 10 ³)	2 100 (174)	2 020 (168)	2 000 (166)	1 960 (163)	1 850 (154)	
Bronce con aluminio	(1.2 × 10 ³)	1 900 (158)	1 900 (158)	1 880 (156)	1 850 (154)	1 750 (145)	
Bronce con estaño	(1.1 × 10 ³)	1 900 (158)	1 850 (154)	1 830 (152)	1 800 (149)	1 700 (141)	

CP = 191Mpa

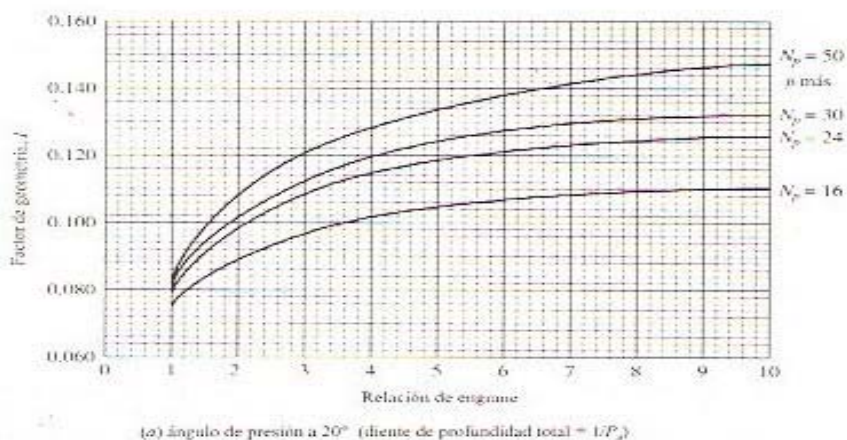


Grafico 4.15 El factor de geometría I



$$I = 0,096$$

En este caso $C_v = K_v$, $C_a = K_a$ y $C_m = K_m$. Y con $C_s = 1$ sustituimos en la ecuación

$$\sigma_c = 191 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot 1 \cdot 1,32 \cdot 3789,13}{1 \cdot 32 \cdot 36 \cdot 0,098}}$$

$$\sigma_c = 1557 \text{ Mpa}$$

Por el calculo de esfuerzo de tensión se puede determinar un material de grado 2 de HB 380 como minimo. Como se puede observar en la siguiente figura

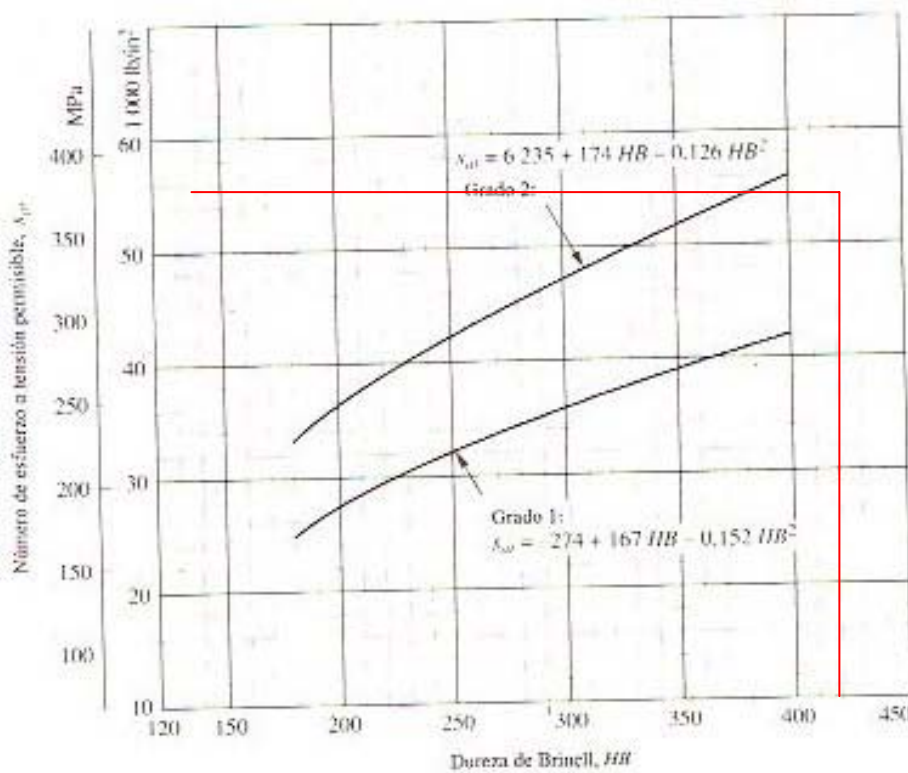


Grafico 4.16 Número de dureza o tensión permisible para engranes de acero



Encontramos la necesidad de un endurecimiento en la superficie mediante carburización HRC 58 como mínimo de grado 2. Y su profundidad viene dada por la figura

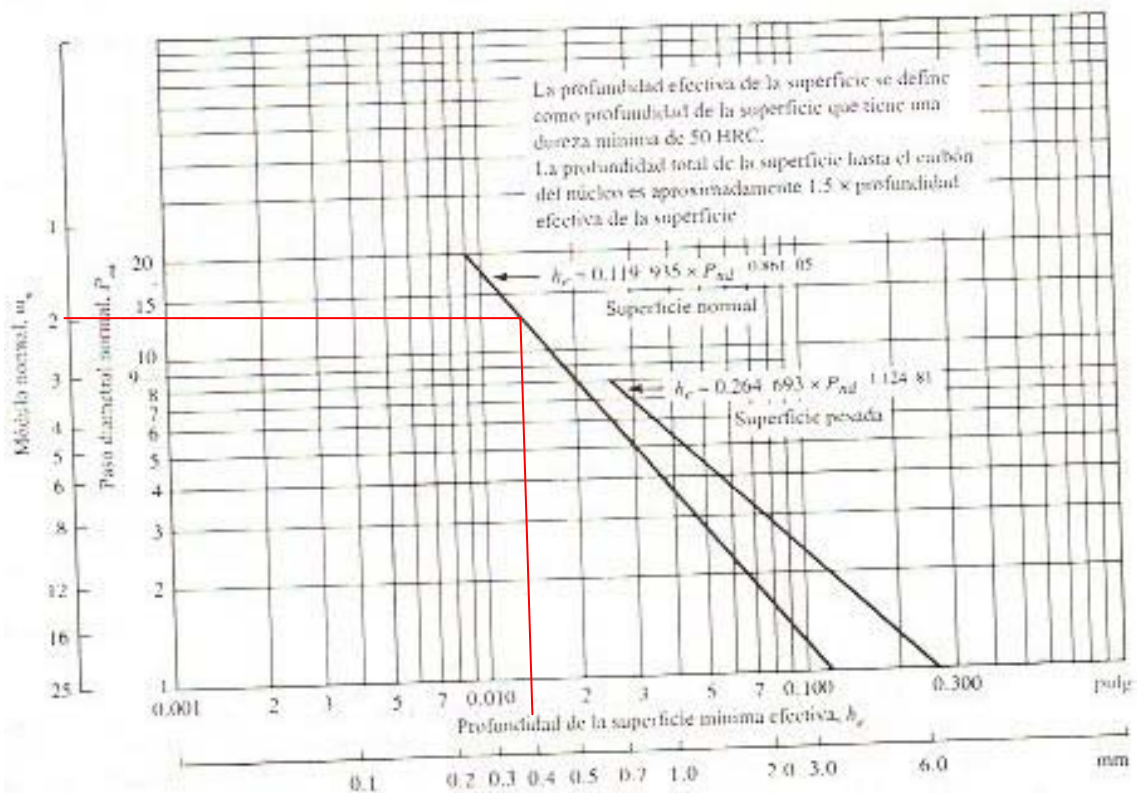


Grafico 4.17 Profundidad efectiva de la superficie para aceros carburizados h_e

$h_e = 0,012\text{mm}$ mínimo

La selección final del material será para el primer par de engranes:

AISI 4340 OQT 600, 477 HB

Ancho de cara de 32 mm

Piñón de 18 dientes

Engrane de 45 dientes

Distancia entre centros de 63mm

Esto mismo análisis se aplico al par faltante dando como resultado el siguiente:



AISI 4340 OQT 600, 477 HB

Ancho de cara de 32 mm

Piñón de 18 dientes

Engrane de 60 dientes

Distancia entre centros de 78

4.8.3 Engrane cónico

Para el engrane cónico se selecciona uno de 48 dientes (N_G) y 30mm ancho de cara.

El paso diametral viene dado por el módulo.

Se sabe que:

$$\boxed{\text{módulo} = \frac{1p \text{lg}}{P_{\text{Diametral}}}} \quad [\text{Ec. 67}]$$

Despejando:

$$P_{\text{Diametral}} = \frac{1p \text{lg}}{\text{módulo}}$$

$$P_{\text{Diametral}} = \frac{25,4\text{mm}}{2,5\text{mm}}$$

$$P_{\text{Diametral}} = 10,16$$

En el estudio del engrane cónico (punto A en el estudio de eje de transmisión) se obtiene lo siguiente:

$$\boxed{d = \frac{N}{P_{\text{Diametral}}}} \quad [\text{Ec. 68}]$$

$$d = \frac{48}{10,16}$$

$$d = 4,72\text{plg} = 119,88\text{mm}$$



Para hallar el ángulo de cono de paso (γ) se utiliza:

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{N_G}{N_P} \quad [\text{Ec. 69}]$$

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{48}{48}$$

$$\gamma = 45^\circ$$

$$r_m = d/2 - (F/2) \cdot \sin(\gamma) \quad [\text{Ec. 70}]$$

$$r_m = 59,944 - 15(0,707)$$

$$r_m = 49,34\text{mm}$$

Se determina la reacción tangencial producida en el engrane cónico:

$$w_t = \frac{Mt_{eja1}}{r_m}$$

$$w_t = 8,036$$

Con el ángulo de presión $\phi=20^\circ$ se calculan las reacciones radial y axial:

$$w_r = w_t \cdot \tan \phi \cos \gamma$$

$$w_r = 1145,93 \cdot \tan 20^\circ \cos 45^\circ$$

$$w_r = 2,068\text{N}$$

$$w_x = w_t \cdot \tan \phi \sen \gamma$$

$$w_x = 1145,93 \cdot \tan 20^\circ \sen 45^\circ$$

$$w_x = 2,068\text{N}$$



4.9 Sistema de Freno

En el sistema, se utiliza el freno de banda de manera que se pueda aumentar la tensión en la tela, siempre dentro del rango permitido.

Se encuentran los datos para evaluar el comportamiento del freno tales como: relación de fricción, fuerzas aplicadas en los extremos, momento de frenado, relación de desgaste y potencia de frenado.

El primer paso para establecer el estudio sobre la acción del freno, es conocer el valor del coeficiente de fricción existente entre los materiales que estarán sometidos a contacto permanente, es decir, la tela y el cuero.

Sustituyendo el ángulo encontrado, expresado en la tabla 4.2, en la Ec. 31, se establece que el coeficiente de roce está dado por:

$$\mu = \frac{\text{sen}19,74}{\text{cos}19,74}$$

Obteniendo $\mu = 0,3588$

En el sistema de freno se tiene una lona de cuero que está apoyada en uno de sus extremos y con una fuerza aplicada en el otro mediante el peso de un elemento cilíndrico (Ver Fig 4.6).

Según lo establecido en la simulación del proceso, el P_2 el P_1 está comprendido en un rango de 32,93 N como valor mayor y de 29,67 N como valor menor.

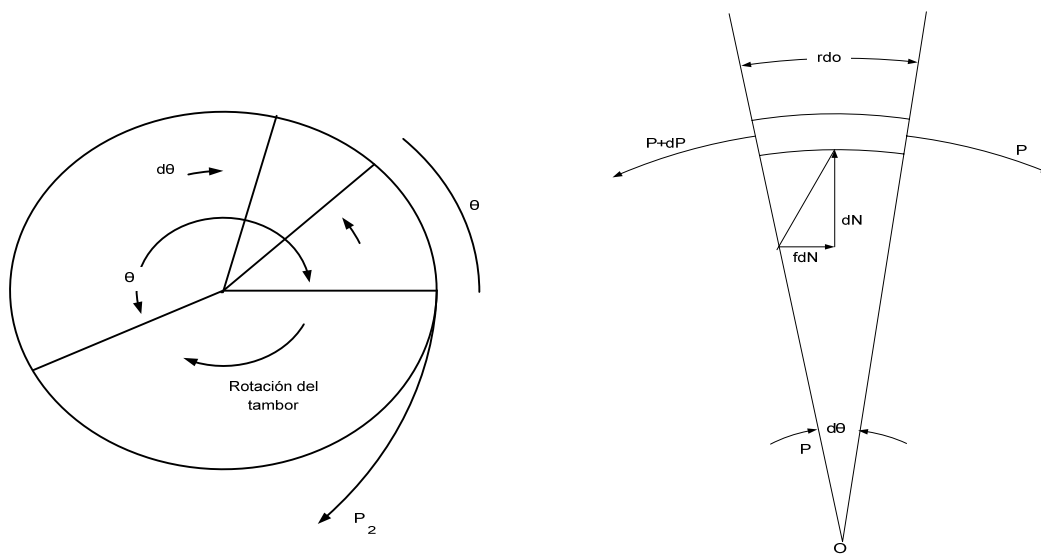


Fig. 4.15 Efecto del freno sobre el eje

Tabla 3.3 Fuente: Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica, Shigley (6ta ed.)

Al realizar suma de fuerzas en las direcciones X y Y e igualando a cero se consiguen las siguientes ecuaciones:

$$\sum Fx = P_2 - P_1 \cos(\beta) - PRx = 0 \quad [\text{Ec. 71}]$$

$$\sum Fy = P_1 \sin(\beta) - PRy = 0 \quad [\text{Ec. 72}]$$

Despejando se tiene que:

$$PRx = P_2 - P_1 \cos(\beta) \quad [\text{Ec. 73}]$$

$$PRy = P_1 \sin(\beta) \quad [\text{Ec. 74}]$$

Mediante relaciones trigonométricas se obtiene que el valor de β es de 52,15 cuando la bobina está completa.

Teniendo el diámetro inicial (0,051m), P2 como 20N y P1 inicial como 26,346, se consiguen las reacciones previas:

$$PRx = 25N - 32,85N \cos(52,15)$$



$$PR_x = 4,84N$$

$$PR_y = 26,346N \text{sen}(52,15)$$

$$PR_y = 25,94N$$

Con estos valores de las reacciones iniciales, se realiza un estudio de como actúan sobre el eje principal de sujeción de la bobina, mediante diagramas de cuerpo libre en diferentes planos.

4.10 Diseño y Cálculos de Ejes

Como se mencionó anteriormente, en el inciso 4.1.2 de elementos y componentes, la máquina se conforma por diferentes sistemas en los que se encuentran distintos ejes ajustados a su función.

Los ejes que se diseñaron para el adecuado funcionamiento de la máquina son:

1. El eje de la bobina: donde se coloca el rollo de tela.
2. Ejes de arrastre: los cuales permiten el desplazamiento de la tela. Se ubican en pares, estando uno conectado al motor (de acero) y el otro como auxiliar (de material vulcanizado). Se ubican dos (2) pares en la primera etapa (luego de los triángulos de doblado) y dos (2) pares en la segunda etapa (antes y después del tambor de corte).
3. Ejes de correas: los que permiten la disposición de una correa transportadora que permite el desplazamiento de la tela.
4. Ejes de transmisión: Los ejes que se ubican en un área cercana al motor de manera de transmitir la potencia a través del sistema. En estos se colocan catalinas para ajustar las cadenas y engranes.



4.10.1 Eje del Sistema de Sujeción y Rotación de la Bobina

El eje que se va a utilizar es un eje hueco (Ver figura 4.16), ya que el costo es mucho mas reducido que uno macizo. El diámetro interno a considerar depende de los espesores de los tubos q pueden conseguirse en el mercado.

Se generan ciertas reacciones debido al contacto con los rodamientos, el peso de la bobina sobre los sujeta core, el cuero del freno y los collarines, en pocas palabras se producen fuerzas que afectan el movimiento.

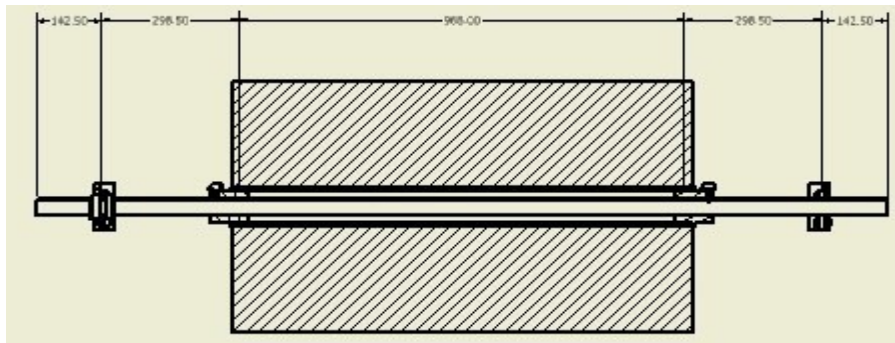


Fig. 4.16 Corte del sistema de sujeción de la bobina.

Las reacciones en los puntos B y C de la Fig. 4.16 corresponden a las fuerzas provenientes de los rodamientos que sirven de apoyo para permitir la alineación del eje principal.

Como se observa en la simulación del proceso, en el arranque de la máquina ocurre la etapa crítica, punto que se toma como referencia para esta parte del estudio.

4.10.1.1 Reacciones, distribución de momento flector y fuerza cortante en el eje principal.

En primer lugar se estudia el plano XZ, presentado en la siguiente figura:

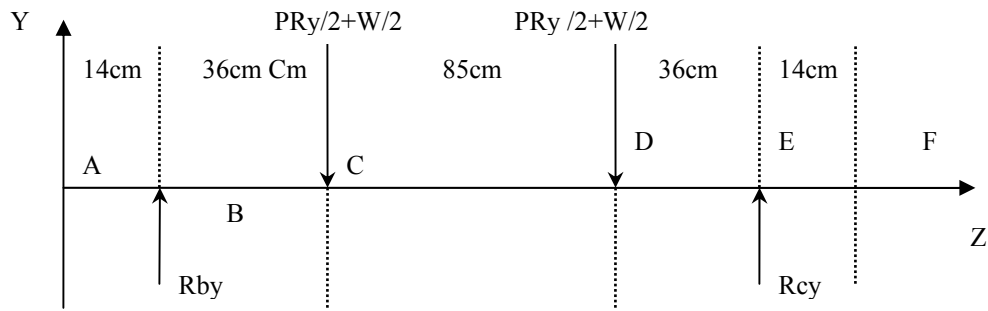


Fig. 4.17 Diagrama de reacciones en el plano YZ

Considerando el diagrama, se realiza una suma de momentos en el punto B, se iguala a cero para obtener la ecuación a continuación:

$$\sum MB = Rcy * 1,57m - ((PRy + W) / 2) * 0,36m - ((PRy + W) / 2) * 1,21m = 0$$

[Ec. 75]

Despejando queda:

$$Rcy = \frac{((PRy + W) / 2) * 0,36m + ((PRy + W) / 2) * 1,21m}{1,57m}$$

[Ec. 76]

Sustituyendo se encuentra que:

$$Rcy = \frac{(2,005 + 250)N * 0,36m + (2,005 + 250)N * 1,21m}{1,57m}$$

$$Rcy = 252,42N$$

Realizando suma de fuerzas sobre el eje, se encuentra que:

$$\sum Fy = Rby + Rcy - 2(PRy + W) / 2 = 0$$

[Ec. 77]

$$Rby = -Rcy + PRy + W = 0$$

[Ec. 78]

$$Rby = 252,42N$$



Una vez obtenidas las reacciones sobre el eje en el plano de estudio, se procede a estructurar tanto el diagrama de fuerza cortante como el diagrama de momento flector, através de los cuales se determinan y analizan las zonas críticas.

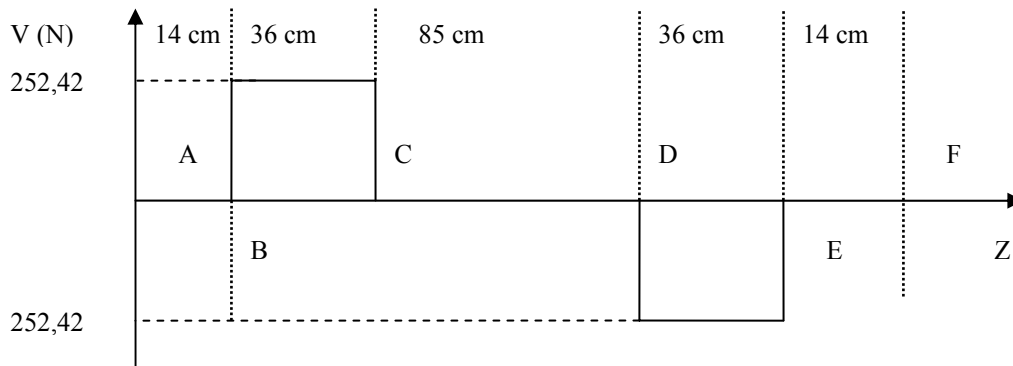


Fig. 4.18 Diagrama de fuerza cortante en el plano XZ

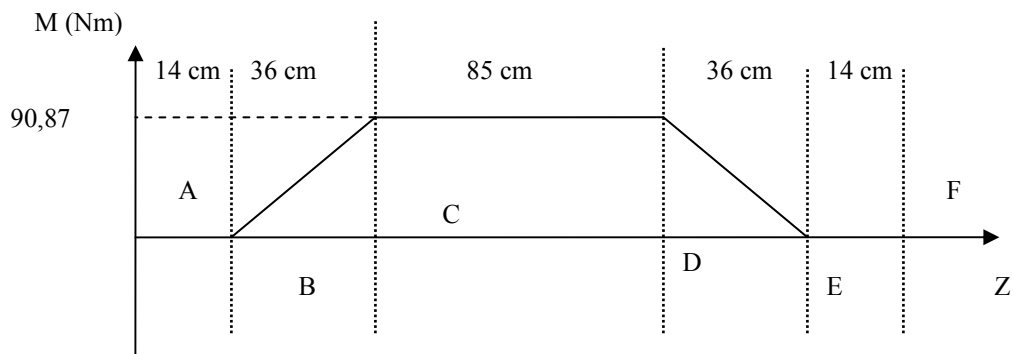


Fig. 4.19 Diagrama de momento flector en el plano XZ

Ahora se estudia el plano XZ, presentado en la siguiente figura:

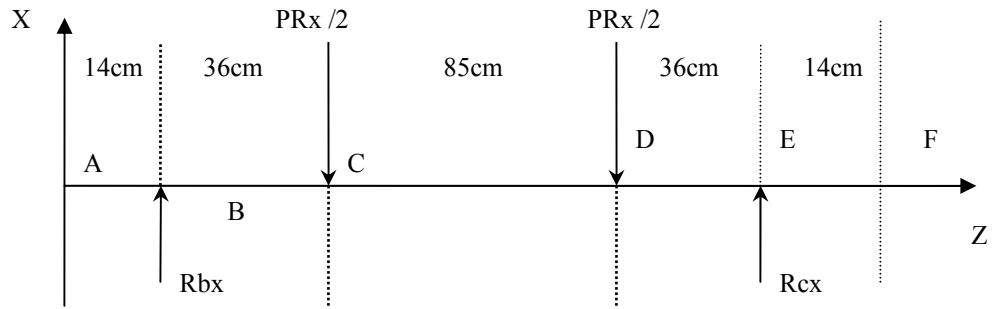


Fig. 4.20 Diagrama de reacciones en el plano YZ

Al igual que en el plano XZ, se realiza una suma de momentos en el punto B en el plano YZ. Se iguala a cero y se obtiene:

$$\sum MB = Rcx * 1,826m - (PRx/2) * 0,413m - (PRx/2) * 1,413m = 0 \quad [\text{Ec. 79}]$$

Despejando queda:

$$Rcx = \frac{PRx/2 * (0,413 + 1,413)m}{1,826m} \quad [\text{Ec. 80}]$$

Sustituyendo se encuentra que:

$$Rcx = \frac{25,94/2N * 1,826m}{1,826m}$$

$$Rcx = 12,97N$$

Realizando suma de fuerzas:

$$\sum Fx = Rbx + Rcx - PRx = 0 \quad [\text{Ec. 81}]$$

$$Rbx = PRx - Rcx$$

$$Rbx = 25,94 - 12,97$$

$$Rbx = 12,97N$$

$$Rbx = 12,97N$$

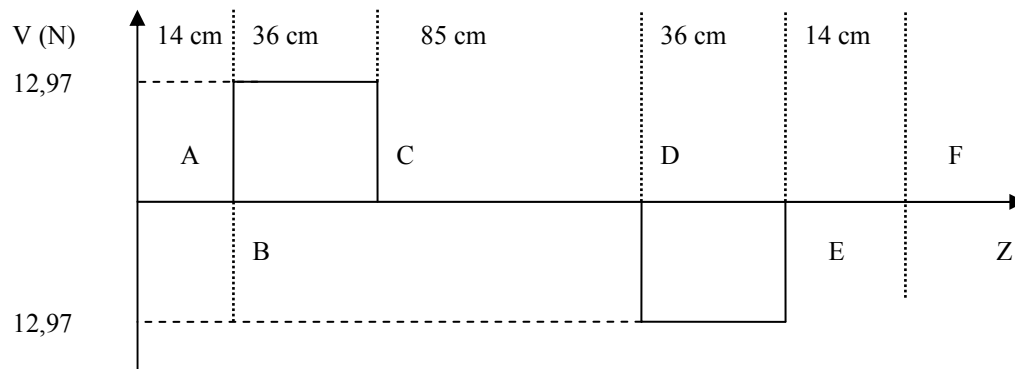


Fig. 4.21 Diagrama de fuerza cortante en el plano YZ

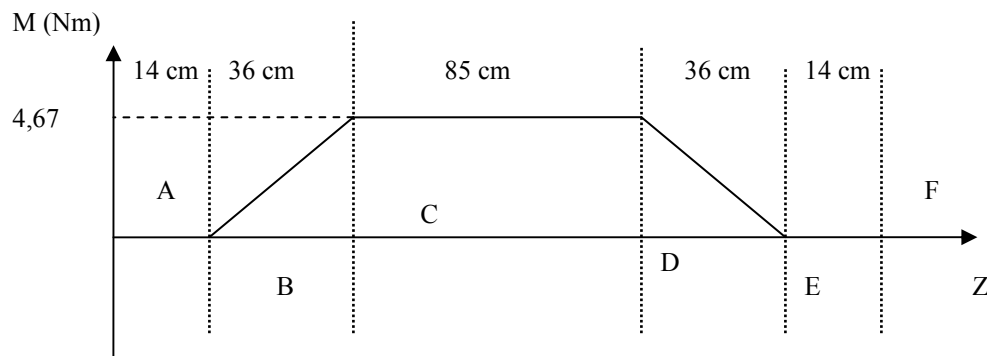


Fig. 4.22 Diagrama de momento flector en el plano XZ

La fuerzas resultantes son:

$$R_B = \sqrt{Rb_y^2 + Rb_x^2} \quad [\text{Ec. 82}]$$

$$R_B = \sqrt{252,42^2 + 12,97^2}$$

$$R_B = 252,75 \text{ N}$$

$$R_C = \sqrt{Rc_y^2 + Rc_x^2} \quad [\text{Ec. 83}]$$

$$R_C = \sqrt{252,42^2 + 12,97^2}$$

$$R_C = 252,75 \text{ N}$$



4.10.1.2 Cálculo del diámetro mínimo para el eje de la bobina según el límite de resistencia a la fatiga

El eje a utilizar es un elemento cilíndrico hueco, por ello se requiere realizar ciertas modificaciones en las ecuaciones generales de diseño de este tipo de elementos macizos.

El tubo estará sometido a esfuerzos normales y esfuerzos cortantes, por ende debe llevarse a cabo ambos estudios.

Para hallar el esfuerzo de cargas normales se utiliza el momento flector de la sección (M) y el coeficiente de sección (Z), mediante la siguiente expresión [4]:

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$
$$Z = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} \quad \text{Para ejes huecos} \quad [\text{Ec. 84}]$$

Se tiene a D y d como diámetros externo e interno del elemento cilíndrico respectivamente.

Como se desea hallar el diámetro mínimo exterior, se toma la siguiente expresión:

$$A = \frac{D^4 - d^4}{D} \quad [\text{Ec. 85}]$$

$$\boxed{Z = \frac{\pi A}{32}} \quad [\text{Ec. 86}]$$

Combinando la Ec 61. y la Ec. 64 se obtiene que:

$$\boxed{\sigma = \frac{M32}{\pi A}} \quad [\text{Ec. 87}]$$



Según Goodman modificado se tiene que: [5, p.407]

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} \leq \frac{1}{\eta} \quad [\text{Ec. 88}]$$

Siendo S_y la cedencia del material, S_e el límite de la resistencia a la fatiga, η es el factor de seguridad.

Se sabe que:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

Pero como en el estudio realizado $\sigma_{\max} = \sigma_{\min}$ entonces σ_m es cero por ende quedaría:

$$\boxed{\frac{\sigma_a}{S_e} \leq \frac{1}{\eta}} \quad [\text{Ec. 89}]$$

Sustituyendo la Ec. 65 en la Ec. 68

$$\frac{32M}{\pi AS_e} = \frac{1}{\eta}$$

Despejando se obtiene:

$$A = \frac{32 \cdot M \cdot \eta}{\pi \cdot S_e} \quad [\text{Ec. 90}]$$

Una vez hallado A se procede a la búsqueda del diámetro externo, lo que amerita acudir a un proceso iterativo en el que se toman valores para ir ajustándolos hasta encontrar el apropiado y compararlos con los existentes en el mercado.

Para un material AISI-1020 se tiene una resistencia última a la tracción (S_{ut}) de 448,2 MPa y un límite de cedencia (S_y) de 330,9 MPa.



El límite de resistencia a la fatiga se halla mediante la ecuación de Marín:
[5, p. 379]

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot S_e' \quad [\text{Ec. 91}]$$

El K_a es el factor de superficie por lo que depende del tipo de acabado superficial y de la resistencia a la tensión. Se halla por:

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b \quad [\text{Ec. 92}]$$

Siendo a de 4,45MPa por estar maquinado y b de -0,265.

$$K_a = 4,45 \cdot 448,2^{-0,265}$$

$$K_a = 0,883$$

El K_b es el factor de tamaño y su valor viene dado según el diámetro y como consideramos que su valor está alrededor de 1,5 pulg. se toma: [5, p. 380]

$$K_b = 0,879 \cdot d^{-0,107} \quad \text{Para la condición de } 0,11\text{pulg.} \leq d < 2 \text{ pulg.} \quad [\text{Ec. 93}]$$

$$K_b = 0,842$$

El K_c es el factor de carga y su valor depende del tipo de carga a la que se somete el eje. En nuestro caso está sometido a flexión y cortante, por tanto:

[5, p.379]

$$K_c = 1$$

El K_d es el factor de temperatura y como está a temperatura ambiente su valor viene dado por:

$$K_d = 1$$



El K_e es el factor de efectos diversos cuyo propósito es tomar en cuenta la reducción del límite de la resistencia a la fatiga debido a todos los otros efectos, los cuales no siempre están presentes.

Para nuestro caso se debe considerar el efecto de los puntos donde se concentran los esfuerzos, los cuales se toman en cuenta con K_f (factor de concentración de esfuerzos a la fatiga) que se halla mediante:

$$K_f = 1 - q(k_t - 1) \quad [\text{Ec. 94}]$$

Siendo q la sensibilidad de la muesca y K_t el factor teórico o geométrico de concentración de esfuerzo.

Para este caso, como no se conoce el valor real de q , se toma: [5, p.379]

$$K_f = K_t$$

Del anexo 1 de la gráfica de factor de concentrador de esfuerzo para un eje redondo hueco se obtiene $K_t=1,8$ para las condiciones de un diámetro externo de 1,5plg y un diámetro interno aproximado de 1,2plg.

Se tiene entonces:

$$K_f = 1,8$$

Y sabiendo que:

$$\boxed{K_e = \frac{1}{K_f}} \quad [\text{Ec. 95}]$$

$$K_e = \frac{1}{1,8}$$

$$K_e = 0,556$$



El valor S_e' es el límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria y depende de la resistencia última a la tracción. [5, p. 382]

$$S_e' = 0,506 \cdot S_{ut} \quad [\text{Ec. 96}]$$

Considerado para nuestro un material, se obtiene

$$S_e' = 0,506 \cdot 448,2 \text{MPa}$$

$$S_e' = 226,78 \text{MPa}$$

Teniendo presente las consideraciones anteriores de los factores que intervienen en la resistencia a la fatiga, se obtiene que:

$$S_e = 0,894 \cdot 0,835 \cdot 0,577 \cdot 1 \cdot K_e \cdot 226,78 \text{MPa}$$

$$S_e = 97,68 \text{MPa}$$

De la Ec. 70 se obtiene que;

$$A = \frac{32 \cdot 104,25 \cdot 2}{\pi \cdot 97,68} \cdot 10^3$$

$$A = 18,95 \text{ m}^3$$

Considerando un tubo de 1 1/2" de diámetro externo (38,1mm), se tiene despejando de la Ec. 63 que:

$$d = \sqrt[4]{D^4 - AD} \quad [\text{Ec. 97}]$$

$$d = \sqrt[4]{38,1^4 - 18,95 \cdot 38,1}$$

$$d = 34,169 \text{mm}$$



El espesor del tubo vendrá dado por:

$$e_t = \frac{D-d}{2}$$

[Ec. 98]

$$e_t = \frac{38,1 - 34,169}{2}$$

$$e_t = 1,965\text{mm}$$

Como se desconoce los valores de diámetro y no poseemos un diámetro interno preestablecido, se seleccionan las posibles opciones de una tabla de tubos que se encuentran en el mercado y estén dentro de los 76mm del diámetro interno del core del rollo. (Ver tabla 4.12)

Tabla 4.17 Factores para diámetros externos e internos

Fuente: Manual de taller

Diámetro Ext. Tubo	Espesores	Diámetro Interno
(Φ_{ext} , pulg)	(mm)	(Φ_{int} , mm)
2 ½ ”	2,5	58,5
	2	59,5
	1,8	59,9
2 ”	2,5	45,8
	2	46,8
	1,8	47,2
1 ½ ”	2,5	33,1
	2	34,1
	1,8	34,5

Los valores de diámetros internos están establecidos según el diámetro externo y deben tomarse uno a uno mediante un método iterativo hasta obtener una medida adecuada.



Según lo anterior se requiere entonces un diámetro externo de 38,1mm (1,5pulg) y de 35,6mm.

Para la selección final del diámetro mínimo a utilizar se toma en cuenta el cálculo de los esfuerzos cortantes al que se somete el eje.

Según la ecuación de Goodman modificado se tiene que: [5, p.407]

$$\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_y} \leq \frac{1}{\eta} \quad [\text{Ec. 99}]$$

Siendo $\tau_m = 0$.

El esfuerzo de corte se calcula considerando las fuerzas cortantes a las que está sometido el eje (V): [5, p. 406]

$$\tau_a = 2 \frac{V}{A_T} \quad [\text{Ec. 100}]$$

Donde:

$$A_T = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad \text{Para ejes huecos} \quad [\text{Ec. 101}]$$

Sustituyendo se obtiene que:

$$\tau_a = 8 \frac{V}{\pi(D^2 - d^2)}$$

Considerando para el valor máximo:

$$\frac{8V}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{1}{S_{se}} = \frac{1}{\eta}$$

Donde

$$S_{se} = 0,577 S_e \quad [\text{Ec. 102}]$$



$$S_{se} = 0,577 * 97,68 \text{MPa}$$

$$S_{se} = 56,36 \text{ Mpa}$$

$$\frac{8V}{\pi(D^2 - d^2)S_{se}} = \frac{1}{\eta}$$

$$(D^2 - d^2) = \frac{8V\eta}{\pi S_{se}}$$

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{8V\eta}{\pi S_{se}}}$$

$$d = \sqrt{38,2^2 - 22,89}$$

$$d = 37,798 \text{mm}$$

$$e_t = \frac{38,1 - 37,798}{2}$$

$$e_t = 0,151 \text{m}$$

4.10.1.3 Estudio del eje según la rigidez

Mediante el siguiente estudio se pretende asegurar que el eje de la bobina en su desempeño no presente una excesiva flexión de manera de prevenir mayores vibraciones durante el movimiento al desenrollar la bobina.

Los límites de deflexión a considerar son en general $y = 0,005$ a $0,003$ pulg sobre pulgadas de longitud de viga.

Para una viga con cargas aplicadas como se encuentra en el estudio del eje de la bobina, la deformación viene dada por:

$$y_{\max} = \frac{-Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$$

Si tenemos los siguientes valores:



$$P = 252,42 \text{ Nm}$$

$$a = 0,36 \text{ m}$$

$$E = 207 \text{ Gpa}$$

$$I = 4,4513 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$L = 1,57 \text{ m}$$

Donde P es la carga puntual aplicada, a es la distancia a la carga aplicada, E es el módulo de elasticidad, I Inercia del eje (tubo) y L la longitud total entre apoyos. Sustituyendo los valores:

$$Y_{max} = 2,83 \text{ mm}$$

Tomando el factor limite como 0,003 pulg sobre pulgadas de longitud de viga:

$$Y_{max} = 4,71 \text{ mm}$$

Por esta razón nuestro eje cumplirá con las sollicitaciones en ellas.

4.10.3 Ejes de Transmisión

El eje de transmisión denominado eje B, presenta diferentes ruedas dentadas o catarinas de diferentes tamaños y está acoplado a un engrane cónico para cambiar la dirección de la transmisión, según lo requerido por el sistema de acuerdo a su diseño.

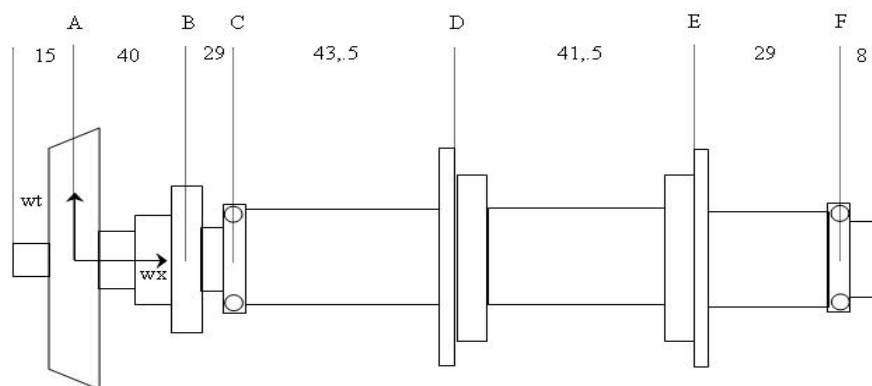


Fig. 4.23 Eje B de transmisión



Se establece el estudio de este eje en vista de que es un elemento que está sometido a la mayor cantidad de efectos y reacciones, siendo un punto crítico.

La disposición está diseñada de la siguiente manera: En A se ubica el engrane cónico; en B, D y E ruedas dentadas; y en C y f rodamientos.

De la Ec. 60 se obtienen las fuerzas producidas por las cadenas en los distintos puntos:

$$T_B = 56,54 N \cdot m$$

$$D_B = 96,45 \text{ mm}$$

$$F_B = \frac{56,54 N \cdot m}{0,09645 m}$$

$$F_B = 1172,42 N$$

$$M_{tE} = 0,0289 N \cdot m$$

$$D_E = 38,18 \text{ mm}$$

$$F_E = \frac{0,0289 N \cdot m}{0,03818 m}$$

$$F_E = 0,7569 N$$

$$M_{tD} = 0,00846 N \cdot m$$

$$D_D = 38,18 \text{ mm}$$

$$F_D = \frac{0,00846 N \cdot m}{0,03818 m}$$

$$F_D = 0,223 N$$

4.10.3.1 Reacciones, distribución de momento flector y fuerza en el eje B de transmisión.

En primer lugar se estudia el plano YZ.

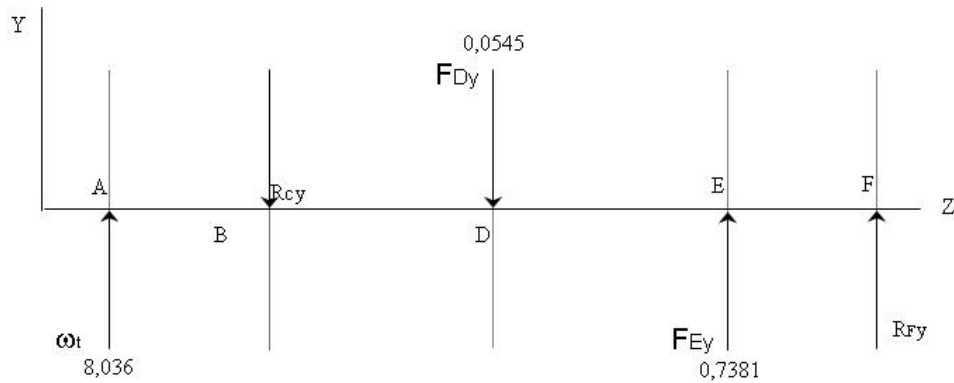


Fig. 4.24 Diagrama de reacciones en el plano YZ del eje B de transmisión.

$$\sum MF = -wt \cdot 0,183m + Rcy \cdot 0,114m + Fdy \cdot 0,0705m + Fey \cdot 0,029m = 0$$

$$Rcy = \frac{wt \cdot 0,183m - Fdy \cdot 0,0705m + Fey \cdot 0,029m}{0,114m} \quad [\text{Ec. 103}]$$

$$Rcy = 13,0539\text{N}$$

$$\sum Fy = wt - Rcy - Fey + Fey + Rfy = 0 \quad [\text{Ec. 104}]$$

$$Rfy = 4,334\text{N}$$

Una vez obtenidas las reacciones se estructuran los diagramas de fuerza cortante y de momento flector.

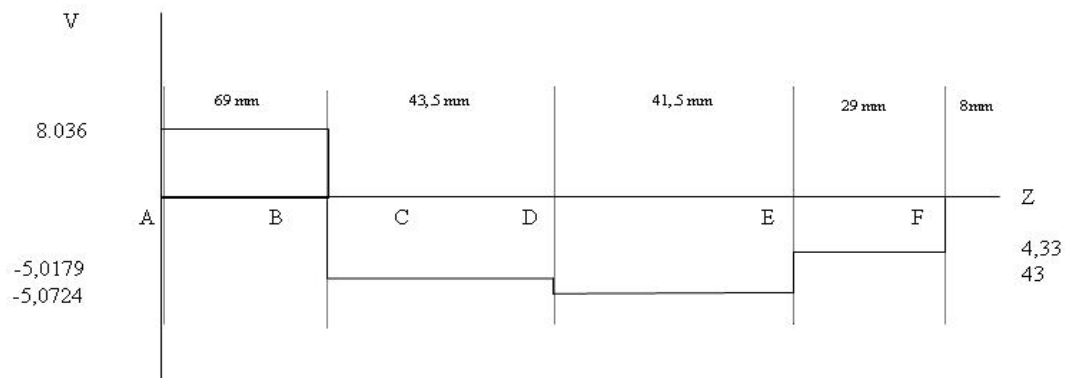


Fig. 4.25 Diagrama de fuerza cortante en el plano XZ del eje B de transmisión



M (Nm)

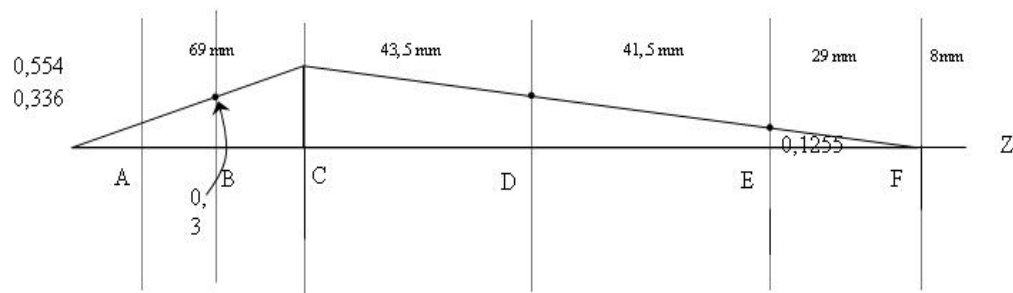


Fig. 4.26 Diagrama de momento flector en el plano XZ del eje B de transmisión.

Ahora en XZ

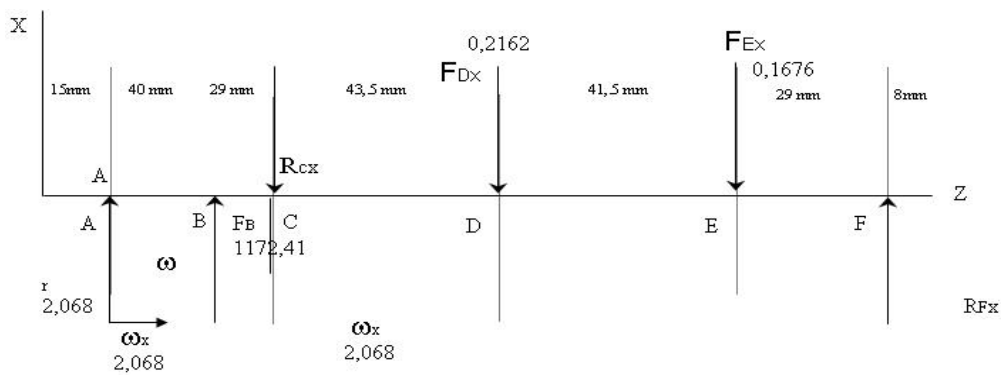


Fig. 4.27 Diagrama de reacciones en el plano XZ del eje B de transmisión.

$$\sum MF = 0,124 - wr \cdot 0,183m + Rcx \cdot 0,114m - Fbx \cdot 0,143m + Fdx \cdot 0,0705m + Fex \cdot 0,029m$$

$$Rcx = \frac{-0,124 + wr \cdot 0,183m + Fbx \cdot 0,143m - Fdx \cdot 0,0705m - Fex \cdot 0,029m}{0,114m} \quad [\text{Ec. 105}]$$

$$Rcx = 1472,72\text{N}$$

$$\sum Fx = wr + Fbx - Rcy - Fdx - Fex + Rfx = 0 \quad [\text{Ec. 106}]$$

$$Rfx = 298,626\text{N}$$

4.10.3.2 Cálculo del diámetro mínimo de cada sección



El tubo estará sometido a esfuerzos normales y esfuerzos cortantes, por ende debe llevarse a cabo ambos estudios.

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad [\text{Ec. 107}]$$

Además, para este caso se aplica un esfuerzo de torsión, el cual considera el torque al que está sometido el eje (T) y el coeficiente de sección polar (Z_p), através de: [5, p.121]

$$\tau = \frac{T}{Z_p} \quad [\text{Ec. 108}]$$

Donde:

$$Z_p = 2Z \quad [\text{Ec. 109}]$$

$$Z = \frac{\pi D^3}{32} \quad [\text{Ec. 110}]$$

El valor del esfuerzo de corte por torsión no debe exceder el máximo permisible que viene dado por [5 p.352]:

$$\tau_{Adm} = 0,577 \frac{S_y}{\eta} \quad [\text{Ec. 111}]$$

A su vez que:

$$\tau = \frac{T}{Z} \quad [\text{Ec. 112}]$$

Para los puntos que están sometidos a cargas de flexión y torsión constante se utiliza la ecuación de Goodman Tresca [5, p. 352]:



$$\frac{1}{\eta} = \frac{1}{Z} \sqrt{\left(\frac{M \cdot K_f}{S_e'}\right)^2 + \left(\frac{T}{S_{ut}}\right)^2} \quad [\text{Ec. 113}]$$

Donde se considera η el factor de seguridad, M el momento flector, K_f el factor de concentrador de esfuerzos, S_e el límite de resistencia a la fatiga, S_{ut} la resistencia última a la tracción y T el torque al que está sometido el eje.

Para hallar el diámetro se tiene:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32\eta}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M \cdot K_f}{S_e'}\right)^2 + \left(\frac{T}{S_{ut}}\right)^2}}$$

Para el diseño de ejes utilizados para aplicaciones industriales típicas resulta adecuado utilizar el factor de diseño como tres (3). [3, p. 340]

Para un material AISI-1040 se tiene S_{ut} de 496MPa, S_y de 290 MPa y S_e de 150MPa. [5]

$$\tau_{Adm} = 0,577 \frac{290MPa}{3}$$

$$\tau_{Adm} = 55,7767MPa$$

$$\frac{32\eta}{\pi} = 30,5577$$

Una vez obtenidos los valores del factor de seguridad y conociendo las propiedades del material se puede buscar el diámetro mínimo.

Para el punto A



$$M= 0,124N*m$$

$$T= 0,3965N*m$$

Se tiene que:

$$D= 4,1911mm$$

Para el punto B

$$M=0,32N*m$$

$$T= 0,3965N*m$$

Teniendo:

$$K_f= 2$$

$$D = \sqrt{30,5577\sqrt{3,023*10^{-17} + 2,8509*10^{-14}}}$$

$$D= 17,283mm$$

Para el punto C

$$M=34,0235N*m$$

$$T= 56,54N*m$$

Considerando a la izquierda:

$$K_f= 1,5$$

$$D_{izq} = 24,22mm$$

Siguiendo el mismo procedimiento según las propiedades a la derecha:

$$K_f= 2,5$$

$$D_{Der} = 28,29mm$$

Para el punto D

$$M=21,0487N*m$$

$$T= 56,53N*m$$

Teniendo:



$$K_f = 2$$

$$D = 22,94mm$$

Para el punto E

$$M = 8,66N \cdot m$$

$$T = 0,3965N \cdot m$$

$$K_f = 2$$

$$D = 18,98mm$$

Para el punto F

$$M = 0N \cdot m$$

$$T = 0N \cdot m$$

$$V = 298,6575N$$

Teniendo:

$$\tau = \frac{4V}{3A}$$

$$A = \frac{4V}{3\tau}$$

$$A = 7,139 \cdot 10^{-6}$$

Siendo:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = 3,015mm$$



Tabla 4.18 Dimensiones seleccionadas para los ejes (continúa...)

TABLA DISEÑO DE EJES						
E etapa	Eje	Sección	Dimensiones Aceptadas (mm)		Longitud	Material
			Ø Externo	Espesor		
ETAPA 1 (Doblado Longitudinal)	Eje Bobina	Sección única (Hueca)	38,1	2	1850	AISI 1020
	Rodillo de Arrastre motorizado 1	Catarina	18		87	AISI 304
		Rodamiento	20		13	
		Cuerpo	25,4		35	
		Rodillo (Hueco)	68,5	1,5	785	
		Cuerpo	25,4		35	
	Rodillo de Arrastre motorizado 2	Catarina	18		87	AISI 304
		Rodamiento	20		13	
		Cuerpo	25,4		35	
		Rodillo (Hueco)	68,5	1,5	430	
		Cuerpo	25,4		35	
	Rodillo Vulcanizado 1	Sección Central	20		881	AISI 1020
		Goma Vulcanizada	68,5		785	
	Rodillo Vulcanizado 2	Sección Central	20		526	AISI 1020
		Goma Vulcanizada	68,5		430	
	ETAPA 2 (Corte)	Rodillo de Arrastre motorizado 3	Catarina	18		87
Rodamiento			20		13	
Nada			25,4		30	
Rodillo (Hueco)			68,5	1,5	403,5	
Cuerpo			25,4		30	
Tambor de Corte		Engrane	17			AISI 1020
		Rodamiento	20			
		Cuerpo (Macizo)	25,4			
		Rodamiento	20			
Rodillo de Arrastre motorizado 4		Catarina	18		87	AISI 304
		Rodamiento	20		13	
		Nada	25,4		30	
		Rodillo (Macizo)	64,5		403,5	
		Nada	25,4		30	
Rodillo Vulcanizado 3		Sección Central	20		489,5	AISI 1020
		Goma Vulcanizada	68,5		403,5	
	Sección Central	20		489,5	AISI 1020	
	Goma Vulcanizada	68,5		403,5		
ETAPA 3 (Doblado Transver)	Rodillo Tensor 1	Sección única (Maciza)	17		472	AISI 1020
	Rodillo Tensor 2	Sección única (Maciza)	17		472	AISI 1020
	Rodillo Tensor 3	Sección única (Maciza)	17		472	AISI 1020
	Rodillo Tensor 4	Sección única (Maciza)	17		472	AISI 1020
	Rodillo de Doblado 1	Catarina	15		107	AISI 304
		Rodamiento	17		13	
Nada		25,4		25		
Rodillo (Hueco)		50,4	1,5	360		
Nada		25,4		25		
Rodamiento	17		13			



Tabla 4.19

Tabla 4.14 Dimensiones seleccionadas para los ejes (concluye)

TABLA DISEÑO DE EJES						
Etapas	Eje	Sección	Dimensiones Aceptadas (mm)		Longitud	Material
			Ø Externo	Espesor		
ETAPA 3 (Doblado Transversal)	Rodillo de Doblado 2	Catarina	15		107	AISI 304
		Rodamiento	17		13	
		Nada	25,4		25	
		Rodillo (Hueco)	50,4	1,5	360	
		Nada	25,4		25	
		Rodamiento	17		13	
	Rodillo de Doblado 3	Catarina	15		107	AISI 304
		Rodamiento	17		13	
		Nada	25,4		25	
		Rodillo (Hueco)	50,4	1,5	360	
		Nada	25,4		25	
		Rodamiento	17		13	
	Rodillo Vulcanizado de Doblado	Sección Central	17		436	AISI 1020
		Goma Vulcanizada	68,5		360	
	ETAPA DE TRANSMISION	Eje A	Piñon	10		40
Rodamiento			12		8	
Cuerpo			15		51	
Rodamiento			12		8	
Engrane Cónico			10		50	
Eje B		Engrane Cónico	20		19,5	AISI 1040
		Piñon	25		40	
		Rodamiento	30		31	
		Cuerpo	35		100	
Eje C		Rodamiento	30		14,5	AISI 1040
		Rodamientos	20		13	
		Engranes	25		102	
Eje D		Rodamiento	20		13	AISI 1040
		Engranes y Catarina	25		102	
		Rodamiento	20		13	
Eje E		Rodamientos	25		13	AISI 1040
		Engranes	30		302	
		Rodamiento	25		13	

4.10 Sujetadores de core

Los sujetadores de core presentan un diseño con variación de diámetros externos e internos a lo largo del elemento. El estudio de la capacidad de soporte de estos elementos lo realizamos mediante el programa de diseño utilizado (Autodesk inventor) en una sección que posee herramientas que nos permite realizar el análisis de los esfuerzos y deformaciones aproximadas a las que se pueden someter mediante elementos finitos.



La condición de apoyo es la del sujetador de core con el eje del rollo y la carga aplicada será el peso del rollo en uno de sus extremos.

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes imágenes:

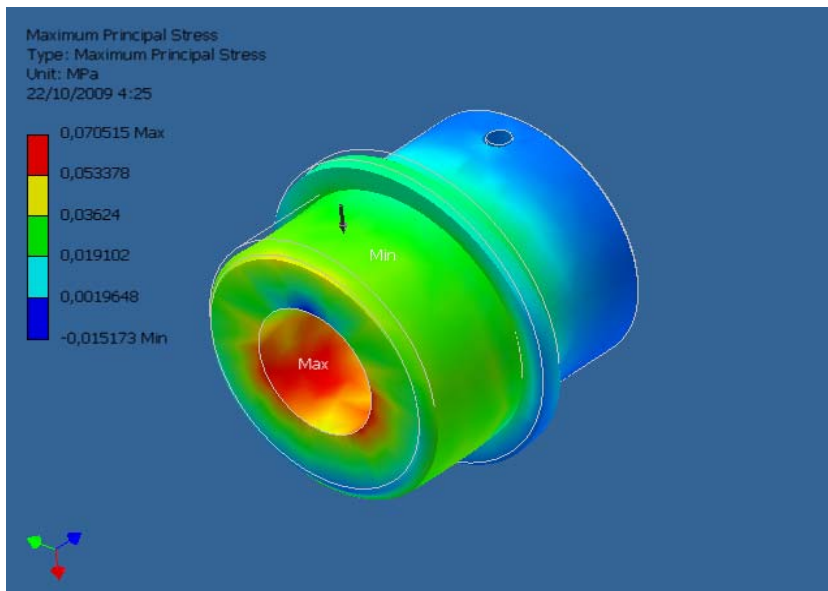


Fig. 4.28 *Análisis de esfuerzos del sujeta core*

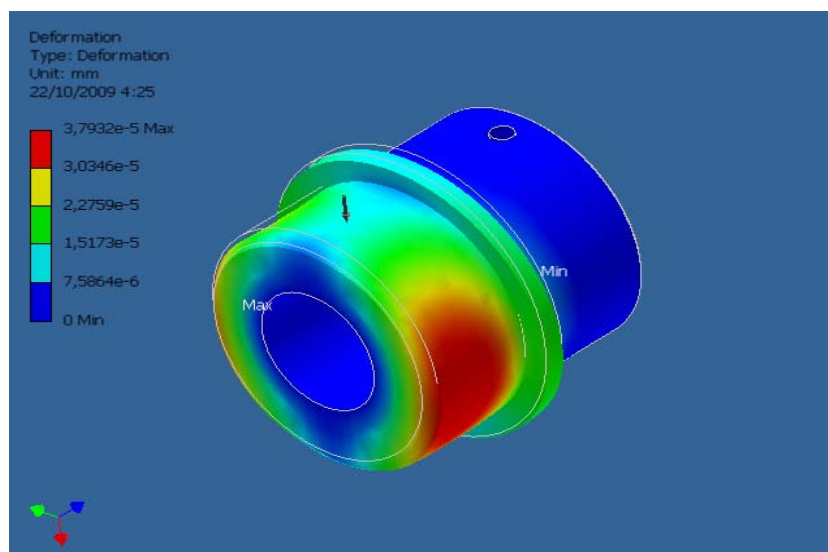


Fig. 4.29 *Análisis de deformación del sujeta core*



Como puede observarse en la figura la deformación máxima alcanzada es un valor muy pequeño, alrededor de 0,000038mm

4.11 Selección de Rodamientos

La selección del tipo de rodamiento se realiza una vez que se conoce la geometría, dimensiones del eje y las reacciones en los puntos donde se apoyan los rodamientos. Cada tipo de rodamiento presenta características que dependen de su diseño y que lo hacen adecuado para una aplicación determinada.

Se prefieren los rodamientos rígidos de bola ya a que puede utilizarse para velocidades elevadas y presenta una gran capacidad de carga debido a la disposición de sus componentes resistiendo cargas en todas direcciones, incluso puede soportar empuje axial considerable.

Para escoger el número adecuado se comprueba la vida útil de un rodamiento específico seleccionado, si el resultado es satisfactorio la selección ha terminado pero si es menor o muy mayor de lo recomendado debe escogerse otro rodamiento y recalcular, en pocas palabras, es un cálculo iterativo debido a que el valor de vida útil depende de un tipo de rodamiento en particular y de las aplicaciones o trabajos al que estará sometida la máquina.

Cada rodamiento posee ciertas características, como son: diámetro interno, diámetro externo, ancho, capacidad de carga estática (C_0), capacidad de carga dinámica (C), carga de límite de fatiga (P_u) y una velocidad nominal de operación; con las cuales se comprueba que la aplicación de un rodamiento en específico sea adecuada para lo que se requiere.

Para comprobar que el rodamiento es adecuado para lo establecido en el diseño, se calcula la carga radial equivalente (F_e) según las cargas aplicadas debido a



que los valores dados en el catálogo se basan únicamente en carga radial. Esta fuerza tiene la misma influencia que las reales en cuanto a duración, es decir, son constantes durante un tiempo considerable de uso.

Para hallar la carga equivalente se utiliza: [5, p. 707]

$$F_e = VXF_r + YF_a \quad [\text{Ec. 114}]$$

Una vez realizada la selección, se compara el factor e con la relación axial y fuerza radial de la siguiente manera: [5, p. 707]

$$\frac{F_a}{VF_r} > e \quad [\text{Ec. 115}]$$

Si se cumple la relación entonces se debe considerar la carga axial, de lo contrario se desprecia.

La fuerza radial (F_r) viene dada por la resultante obtenida en los diagramas de fuerza cortante y la fuerza axial se obtiene sumando las fuerzas aplicadas en la dirección del eje.

El factor de rotación (V) sirve para corregir y depende de las condiciones del anillo giratorio. Si gira el anillo interior su valor es 1, mientras que si rota el anillo exterior viene dado por 1,2.

En los rodamientos de rígidos de bola los valores X y Y dependen de la configuración geométrica, del número de bolas y del diámetro de estas, además obedecen a la importancia relativa que tenga la carga axial, lo cual viene expresado por la relación entre la carga axial con la capacidad de carga estática, es decir [manual SKF]:

$$\frac{F_a}{C_0} \quad [\text{Ec. 116}]$$



Estos factores y relaciones se hayan mediante una tabla preestablecida para el cálculo de rodamientos rígidos de bola de una hilera

Tabla 3.4 Factores para calcular rodamientos rígidos de bola única

Factores para el cálculo de los rodamientos rígidos de Bola					
F _a /C ₀	e	F _a /F _r ≤ e		F _a /C ₀ > e	
		X	Y	X	Y
0,025	0,22			0,56	2
0,04	0,24			0,56	1,8
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6
0,13	0,31			0,56	1,4
0,25	0,37			0,56	1,2
0,5	0,44			0,56	1

Una vez hallada la carga equivalente se requiere encontrar la duración o vida nominal estimada en millones de revoluciones, para ello se tiene que: [manual SKF]

$$L_{10h} = \frac{10 \cdot L_{10}}{n \cdot 60 \text{ min/ hora}}$$

Donde L_{10h} es la vida estimada en horas de funcionamiento y L₁₀ es la vida estimada en millones de revoluciones.

Despejando queda:

$$L_{10} = \frac{L_{10h} \cdot n \cdot 60 \text{ min/hora}}{10^6} \quad [\text{Ec. 117}]$$

Además se tiene que la vida nominal depende de una relación la capacidad de carga dinámica entre la carga equivalente sobre el rodamiento: [manual SKF]

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_e} \right)^p$$

Donde *p* viene dado por 3 para los rodamientos de bola.



De lo anterior se despeja la capacidad de carga dinámica (C), se calcula y se confirma que el valor hallado no sea mayor que el especificado para el rodamiento seleccionado, quedando:

$$C = F_e \cdot L_{10}^{1/p} \quad [\text{Ec. 118}]$$

Según el manual de SKF se considera una duración de 25.000 horas (L_{10h}) de servicio para máquinas utilizadas para 8 horas de trabajo.

4.11.1 Rodamientos del Sistema de Sujeción y Rotación de la Bobina

Para el caso del eje principal en el sistema de rotación del eje de la bobina se selecciona el rodamiento rígido de bola de una hilera con designación 6300 en el manual SKF de Venezuela, con las siguientes características:

Rodamiento designado como 6300-Z	
Factores	Valores
Φ_{int} (mm)	10
Φ_{ext} (mm)	35
ancho (mm)	11
C_o (kN)	3,4
C (kN)	8,52
P_u (kN)	0,143
m (kg)	0,053
η (rpm)	50000

Tabla 4.20

Factores del rodamiento rígido de bola 6300-Z

Fuente: Manual SKF



Los valores a obtener son iguales tanto para la posición B como para la C, ya que en ambos puntos se encuentran dispuestos los rodamientos de igual forma. En total se presentan cuatro rodamientos, dos en cada punto.

Los rodamientos están atornillados al soporte y tienen contacto con el eje por su anillo exterior, de manera que no es necesario que se desmonten o desajusten cuando se requiera el cambio de bobina de tela.

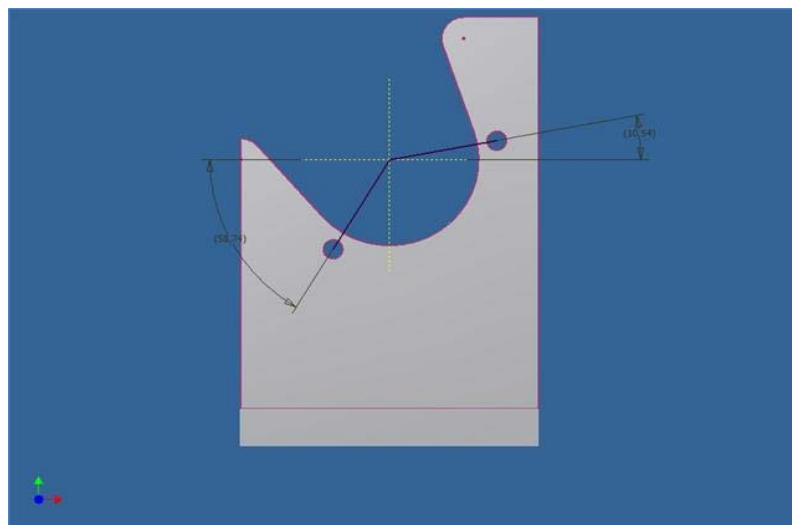


Fig. 4.30 *Ángulos de ubicación de los rodamientos en el sistema de soporte de la bobina.
(Vista lateral)*

Para saber si los rodamientos escogidos son adecuados, en primer lugar se deben hallar las reacciones respectivas en cada rodamiento.

Se hallan las reacciones considerando el diagrama de cuerpo libre.

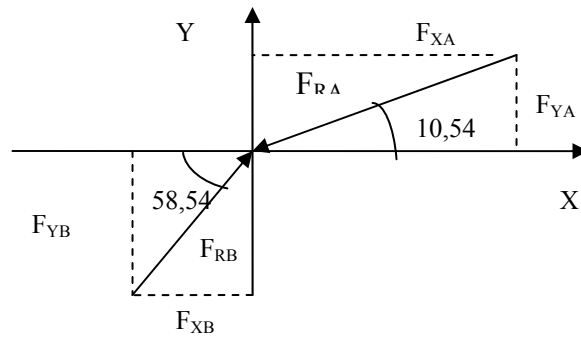


Fig. 4.31 DCL de los rodamientos en el sistema de soporte de la bobina.

$$\begin{cases} \sum Fy = Fy_B - Fy_A = Rcy \\ \sum Fx = Fx_B - Fx_A = Rcx \end{cases}$$

$$\begin{cases} A: 272,42 = F_{RB} \sin(58,74^\circ) - F_{RA} \sin(10,54^\circ) \\ B: 12,97 = F_{RA} \cos(10,54^\circ) - F_{RB} \cos(58,74^\circ) \end{cases}$$

Despejando de A se obtiene:

$$F_{RA} = \frac{F_{RB} \sin(58,74^\circ) + 272,73}{\sin(10,54^\circ)} \quad [\text{Ec. 119}]$$

$$F_{RA} = 1490,328 + 4,672F_{RB}$$

Sustituyendo en B y luego en A:

$$12,97 = (1490,328 + 4,672F_{RB}) \cos(10,54^\circ) - F_{RB} \cos(58,74^\circ)$$

$$F_{RB} = \frac{12,97 - 1490,328 \cos(10,54^\circ)}{4,672 \cos(10,54^\circ) - \cos(58,74^\circ)} \quad [\text{Ec. 120}]$$

$$F_{RB} = 362,779\text{N}$$

$$F_{RA} = -70,9046 + (4,6632 * 44,8325)$$

$$F_{RA} = 204,576\text{N}$$



Ahora bien, para el rodamiento ubicado en la parte superior se tiene:

$$F_r = 204,576 \text{ N}$$

Como F_a es despreciable se tiene de la tabla 4.8 que:

$$e = 0,22$$

$$X = 1$$

$$Y = 0$$

Luego verificando la relación de la Ec. 78:

$$\frac{F_A}{F_R} < e$$

Se realiza entonces el cálculo de la carga equivalente:

$$F_{eA} = 1,2 * 1 * 204,576 \text{ N}$$

$$F_{eA} = 245,491 \text{ N}$$

Ahora utilizando las ecuaciones para obtener la vida, se consigue:

$$L_{10} = \frac{25000 \text{ horas} \cdot 400 \text{ rpm} \cdot 60 \text{ min/hora}}{10^6}$$

$$L_{10} = 600 \text{ ciclos}$$

$$C = 245,491 \cdot 600^{1/3}$$

$$C = 2.070,55 \text{ N}$$

De igual manera se realiza el cálculo para el rodamiento inferior:

$$F_r = 362,779$$

Se tiene que:

$$e = 0,22$$

$$X = 1$$

$$Y = 0$$



Además:

$$\frac{F_a}{F_r} < e$$

Se realiza entonces el cálculo de la carga equivalente:

$$F_{eB} = 1,2 \cdot 1 \cdot 362,779 \text{N}$$

$$F_{eB} = 435,335 \text{N}$$

Ahora utilizando la ecuación 8.1 y 8.2 obtenemos:

$$L_{10} = \frac{25000 \text{ horas} \cdot 400 \text{ rpm} \cdot 60 \text{ min/hora}}{10^6}$$

$$L_{10} = 600 \text{ ciclos}$$

$$C = 435,335 \cdot 600^{1/3}$$

$$C = 3671,76 \text{N}$$

Ya que las capacidades requeridas en ambos puntos de ubicación de los rodamientos es menor que la capacidad dinámica del modelo seleccionado, entonces se considera este adecuado para el funcionamiento en este sistema.



Tabla 4.21 Rodamientos seleccionados para cada sistema

TABLA SELECCIÓN DE RODAMIENTOS			
Etapa	Eje	Medidas	Denominación
ETAPA I (Doblado Longitudinal)	Eje Bobina	10 x 35 x 11	SKF 6300
	Rodillo de Arrastre 1	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Rodillo de Arrastre2	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Rodillo Vulcanizado 1	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Rodillo Vulcanizado 2	20 x 42 x 12	SKF 6004
ETAPA 2 (Corte)	Rodillo de Arrastre 3	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Rodillo de Arrastre 4	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Rodillo Vulcanizado 3	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Rodillo Vulcanizado 4	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Tambor de Corte	20 x 47 x 14	SKF 6204
ETAPA 3 (Doblado Transversal)	Rodillo Tensor 1	17 x 47 x 14	SKF 6303
	Rodillo Tensor 2	17 x 47 x 14	SKF 6303
	Rodillo Tensor 3	17 x 47 x 14	SKF 6303
	Rodillo Tensor 4	17 x 47 x 14	SKF 6303
	Rodillo de Doblado 1	17 x 35 x 10	SKF 6003
	Rodillo de Doblado 2	17 x 35 x 10	SKF 6003
	Rodillo de Doblado 3	17 x 35 x 10	SKF 6003
	Rodillo Vulcanizado de Doblado	17 x 35 x 10	SKF 6003
ETAPA DE TRANSMISION	Eje A	10 x 26 x 8	SKF 6000
	Eje B	30 x 55 x 13	SKF 6006
	Eje C	20 x 42 x 12	SKF 6004
	Eje D	25 x 47 x 12	SKF 6005
	Eje E	25 x 47 x 12	SKF 6005

4.12 Cálculo de Cuñas

Una cuña de unión es un componente de maquinaria colocado entre el eje y la maza de una pieza que transmite potencia.



Existen dos maneras por la cual puede presentar falla: corte a lo largo de la interfase entre eje y maza; y falla por compresión debida a la sección de apoyo entre los lados de la cuña y el material del eje y la maza.

Como puede observarse en la figura 4.32, la fuerza de reacción de la maza, genera un conjunto de fuerzas opuestas que coloca a la cuña en esfuerzo de corte directo a lo largo de su sección transversal, $W \times L$.

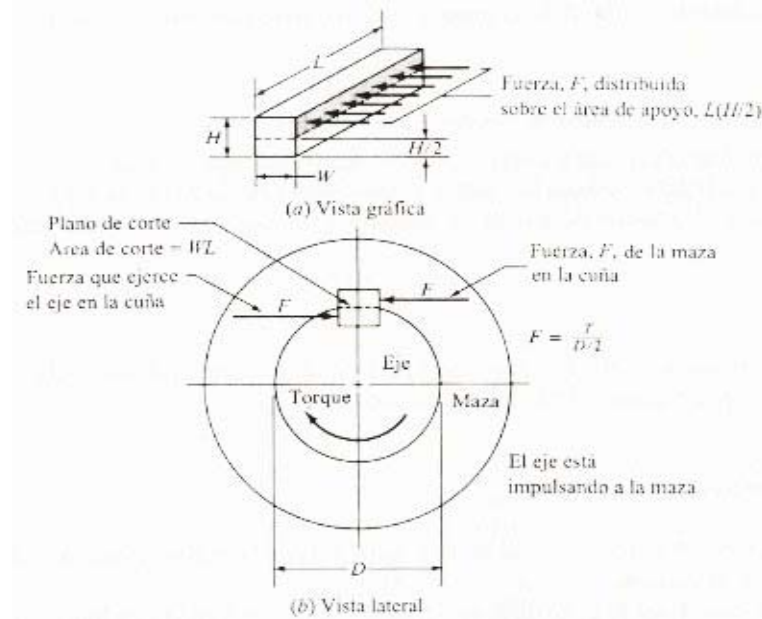


Fig. 4.32 Fuerzas que actúan sobre una cuña.

Fuente: *Diseño de Elementos de Máquinas*, Mott, R.

Como efecto cortante se tiene que:

$$F = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)}$$

[Ec. 121]

$$\tau = \frac{F}{As}$$

[Ec. 122]



En diseño, la tensión por esfuerzo es igual a una tensión de corte que corresponde a la teoría de falla por tensión máxima de esfuerzo de corte, siendo:

$$\tau_d = \frac{0.5S_y}{N}$$

Como el área es:

$$A = W \cdot L \quad [\text{Ec. 123}]$$

Sustituyendo y despejando L obtendremos:

$$L = \frac{T}{\tau_d \times (D / 2) \times W} \quad [\text{Ec. 124}]$$

De esta forma podemos encontrar la longitud necesaria de la cuña por falla en la interfase entre el eje y la maza.

Para la falla por compresión en el lado de la cuña y el lado del cuñero del eje o de la maza, el área de compresión es la misma; por tanto, la falla se presenta en la superficie con la resistencia de deformación por compresión mas baja.

La tensión por compresión es:

$$\sigma = \frac{F}{A_c} \quad [\text{Ec. 125}]$$

Tensión de Diseño por compresión:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{\eta} \quad [\text{Ec. 126}]$$



Entonces conociendo que $A_c = (D/2)*(L)*(H/2)$, introduciéndolo en la fórmula y despejando L obtendremos:

$$L = \frac{4 \times T}{\sigma_d \times D \times H} \quad [\text{Ec. 127}]$$

Siendo ahora L la longitud que se requiere para este tipo de falla.

Si la cuña cuadrada presenta un material de menor resistencia que la del eje o la maza, las ecuaciones anteriores para ambos tipos de fallas producirán el mismo resultado.

Al sustituir las tensiones de diseño en cualquiera de las ecuaciones queda:

$$L = \frac{4 \times T \times N}{S_y \times D \times W} \quad [\text{Ec. 128}]$$

En aplicaciones industriales típicas se resulta adecuado $\eta = 3$.

4.12.1 Cálculo de cuña eje del motor

En este caso realizaremos el estudio en el eje del motor, seleccionando esta sección por ser en donde se registra el mayor torque en la máquina.

Necesitamos calcular la cuña para una de las catarinas del eje del motor. Esta tiene las siguientes especificaciones:

Nº de dientes = 19

Paso = 5/8" (15,88mm)

Ø del Eje = 25 mm

$T_{\text{Motor}} = 68,2250 \text{ Nm}$



Por medio de la tabla xx. Y conociendo el diámetro real donde se colocará la cuña se selecciona el tamaño de la cuña. Se recomienda utilizar una cuña cuadrada si el diámetro del eje no excede de 6.50” de diámetro.

Tabla 4.22 Tamaño de cuña contra tamaño del eje.
Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas, Mott, R.

Diámetro nominal de la flecha		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (inclusivo)	Espesor, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
3/16	7/16	3/32	5/16	3/16
3/16	5/8	3/16	3/8	3/16
3/8	1	3/16	3/8	3/16
3/8	1 1/8	3/16	3/8	3/16
1/2	1 1/4	3/16	3/8	3/16
1/2	1 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	1 3/4	3/16	3/8	3/16
1/2	2	3/16	3/8	3/16
1/2	2 1/4	3/16	3/8	3/16
1/2	2 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	2 3/4	3/16	3/8	3/16
1/2	3	3/16	3/8	3/16
1/2	3 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	4	3/16	3/8	3/16
1/2	4 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	5	3/16	3/8	3/16
1/2	5 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	6	3/16	3/8	3/16
1/2	6 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	7	3/16	3/8	3/16
1/2	7 1/2	3/16	3/8	3/16
1/2	8	3/16	3/8	3/16
1/2	9	3/16	3/8	3/16
1/2	10	3/16	3/8	3/16
1/2	11	3/16	3/8	3/16
1/2	12	3/16	3/8	3/16
1/2	13	3/16	3/8	3/16
1/2	14	3/16	3/8	3/16
1/2	15	3/16	3/8	3/16
1/2	16	3/16	3/8	3/16
1/2	17	3/16	3/8	3/16
1/2	18	3/16	3/8	3/16
1/2	19	3/16	3/8	3/16
1/2	20	3/16	3/8	3/16
1/2	21	3/16	3/8	3/16
1/2	22	3/16	3/8	3/16
1/2	23	3/16	3/8	3/16
1/2	24	3/16	3/8	3/16
1/2	25	3/16	3/8	3/16
1/2	26	3/16	3/8	3/16
1/2	27	3/16	3/8	3/16
1/2	28	3/16	3/8	3/16
1/2	29	3/16	3/8	3/16
1/2	30	3/16	3/8	3/16

Los datos encontrados son W y H=1/4” (6,35mm)

El material que se emplea por lo general es AISI 1020 CD, aunque se puede emplear un material más resistente.

Tabla 3.5 Selección del material de la cuña.



Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas, Mott, R.

Número de designación del material (número AISI)	Condición	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)	Dureza Brinell (HB)
		Ksi	MPa	Ksi	MPa		
1020	Rolado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Extruido en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Rolado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Extruido en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262

Como la resistencia del material es menor que la utilizada en el eje, la longitud de la cuña puede ser calculada directamente por la ecuación

$$L = \frac{4 \times T \times N}{S_y \times D \times W} \quad [\text{Ec. 129}]$$

Sustituyendo los valores:

$$L = \frac{4 \times 68,2255 \text{ Nm} \times 3}{207 \cdot 10^6 \text{ N} / \text{m}^2 \times 0,025 \text{ m} \times 6,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$L = 0,02491 \text{ m}$$

$$L = 24,91 \text{ mm}$$

El resultado anterior debe compararse con la longitud de la masa ya q si esta da un valor mayor, deberá recalcularse la longitud en esta oportunidad con un material más resistente.

Según la tabla de la empresa Martin, podemos encontrar la longitud de la maza para las catarinas estandarizadas. (Ver tabla 4.20)

. Aquí puede verse que el valor encontrado en nuestro caso es menor q la longitud de la masa por lo que se procederá a la selección del tamaño final.



$$L_{\text{masa}} \geq L_{\text{calculado}}$$

$$30\text{mm} \geq 24,91\text{mm}$$

[Ec. 130]

La cuña debe extenderse a lo largo de la longitud total de la maza o una parte sustancial de ella sin prolongarse hacia otros factores que incrementen la tensión o esfuerzos como hombros o ranuras. Por tal motivo la selección final será:

$$L = 30\text{mm}$$

Según la figura 4.33 Puede calcularse las medidas del cuñero del eje y el cuñero de la masa utilizando dichas ecuaciones.

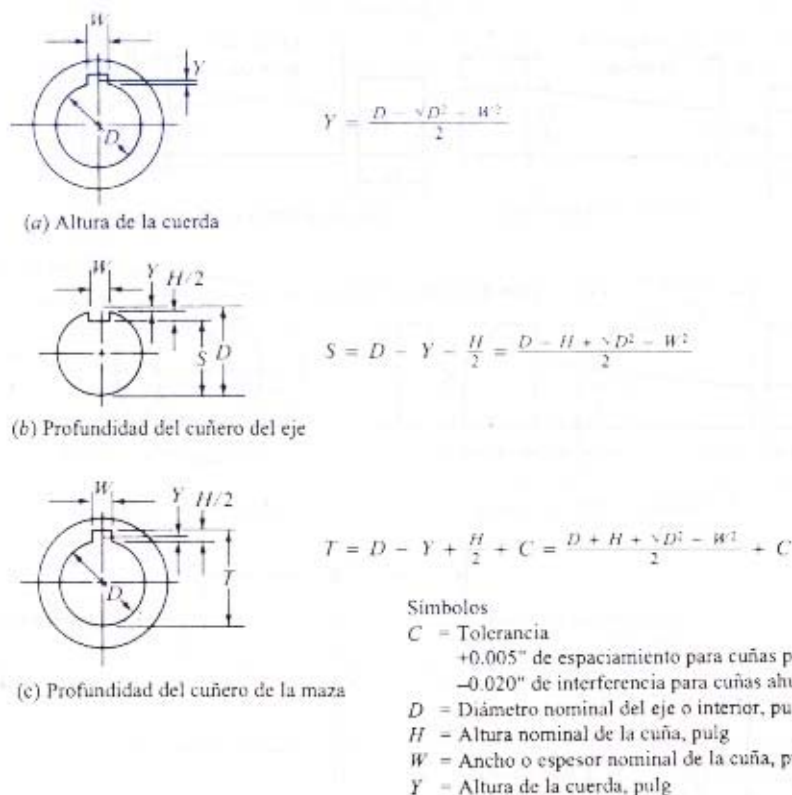


Fig. 4.33 Selección medidas de la cuña y el cuñero.

Fuente: *Diseño de Elementos de Máquinas*, Mott, R.

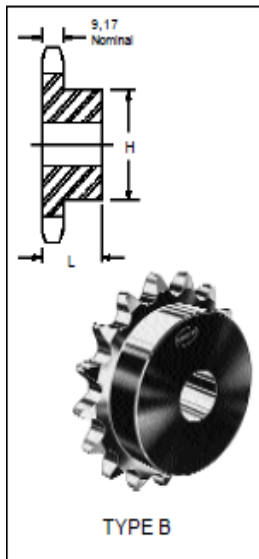
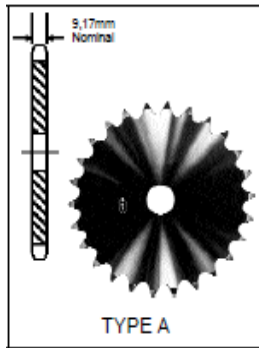


Tabla 4.23 Selección del material de la muñ. Fuente: Diseño de Elementos de Máquinas, Mott, R.

0.625 INCH (15,88MM) PITCH **SIMPLEX**

ISO 10B-1

CHAIN DATA:
BS 228/11
ISO 10B-1
PITCH: 15,88mm (0,625 in.)
ROLLER DIAMETER: 10,16mm (0,400 in.)
ROLLER WIDTH: 9,65mm (0,380 in.)
TENSILE: 23,000 Newtons,



No. Teeth	Pitch Diameter MM	Catalog Number	Bore		Hub		Weight (Approx.) Kilos	Catalog Number	Bore Stock MM	Weight (Approx.) Kilos
			Stock	Max.	H	L				
8	41,48	10B8	10	11	25	25	0,12	10A8	10	0,07
9	46,42	10B9	10	15	30	25	0,17	10A9	10	0,10
10	51,37	10B10	10	18	35	25	0,23	10A10	10	0,12
11	56,34	10B11	12	21	37	28	0,30	10A11	10	0,15
12	61,34	10B12	12	25	42	28	0,38	10A12	12	0,18
13	66,32	10B13	12	28	47	28	0,47	10A13	12	0,21
14	71,34	10B14	12	32	52	28	0,57	10A14	12	0,24
15	76,36	10B15	12	35	57	28	0,69	10A15	12	0,28
16	81,37	10B16	14	40	30	30	0,77	10A16	12	0,31
17	86,39	10B17	14	40	60	30	0,82	10A17	12	0,36
18	91,42	10B18	14	50	70	30	1,02	10A18	12	0,41
19	96,45	10B19	14	50	70	30	1,06	10A19	12	0,46
20	101,49	10B20	14	50	75	30	1,22	10A20	12	0,52
21	106,52	10B21	16	50	75	30	1,26	10A21	12	0,57
22	111,55	10B22	16	50	80	30	1,42	10A22	12	0,62
23	116,58	10B23	16	50	80	30	1,47	10A23	12	0,67
24	121,62	10B24	16	50	80	30	1,55	10A24	12	0,74
25	126,66	10B25	16	50	80	30	1,62	10A25	12	0,81
26	131,70	10B26	20	55	85	35	2,00	10A26	16	0,88
27	136,75	10B27	20	55	85	35	2,05	10A27	16	0,96
28	141,78	10B28	20	55	90	35	2,27	10A28	16	1,02
29	146,83	10B29	20	55	90	35	2,35	10A29	16	1,09
30	151,87	10B30	20	58	90	35	2,42	10A30	16	1,20
31	156,92	10B31	20	58	95	35	2,66	10A31	16	1,28
32	161,95	10B32	20	58	95	35	2,74	10A32	16	1,38
33	167,00	10B33	20	58	95	35	2,80	10A33	16	1,46
34	172,05	10B34	20	58	95	35	2,90	10A34	16	1,55
35	177,10	10B35	20	58	95	35	3,03	10A35	16	1,63
36	182,15	10B36	20	63	100	35	3,27	10A36	19	2,00
37	187,20	10B37	20	63	100	35	3,39	10A37	19	1,85
38	192,24	10B38	20	63	80	40	3,49	10A38	19	1,93
39	197,29	10B39	20	63	100	35	3,58	10A39	19	2,05
40	202,34	10B40	20	63	100	35	3,69	10A40	19	2,15
41	207,39	10B41	20	57	82	32	3,78	10A41	19	2,25
42	212,44	10B42	20	57	82	32	3,87	10A42	19	2,38
43	217,49	10B43	20	57	82	32	3,96	10A43	19	2,49
44	222,53	10B44	20	57	82	32	4,05	10A44	19	2,61
45	227,58	10B45	19	55	80	40	4,18	10A45	19	2,74
46	232,63	10B46	20	64	95	32	4,34	10A46	19	2,87
47	237,68	10B47	20	64	95	32	4,50	10A47	19	2,99
48	242,73	10B48	25	64	95	32	4,66	10A48	24	3,13
49	247,78	10B49	25	64	95	32	4,82	10A49	24	3,28
50	252,82	10B50	25	64	95	32	4,98	10A50	24	3,43
51	257,87	10B51	25	64	95	32	5,14	10A51	24	3,57
52	262,92	10B52	25	64	95	32	5,30	10A52	24	3,72
53	267,97	10B53	25	64	95	32	5,46	10A53	24	3,87
54	273,03	10B54	25	64	95	32	5,62	10A54	24	4,02
55	278,08	10B55	25	64	95	32	5,78	10A55	24	4,16
56	283,13	10B56	25	64	95	32	5,94	10A56	24	4,31
57	288,18	10B57	23	55	90	45	6,00	10A57	24	4,46
58	293,23	10B58	25	64	95	32	6,44	10A58	24	4,64
59	298,27	10B59	25	64	95	32	6,88	10A59	24	4,83
60	303,32	10B60	25	64	95	32	7,32	10A60	24	5,01
65	328,58							10A65	24	5,92
70	353,84	10B70*	25	64	95	44	7,76	10A70*	24	6,83



Los resultados finales son los siguientes:

$Y=0,4099\text{mm}$

$S=21,415\text{mm}$

$T=27,892\text{mm}$

$L=30\text{mm}$

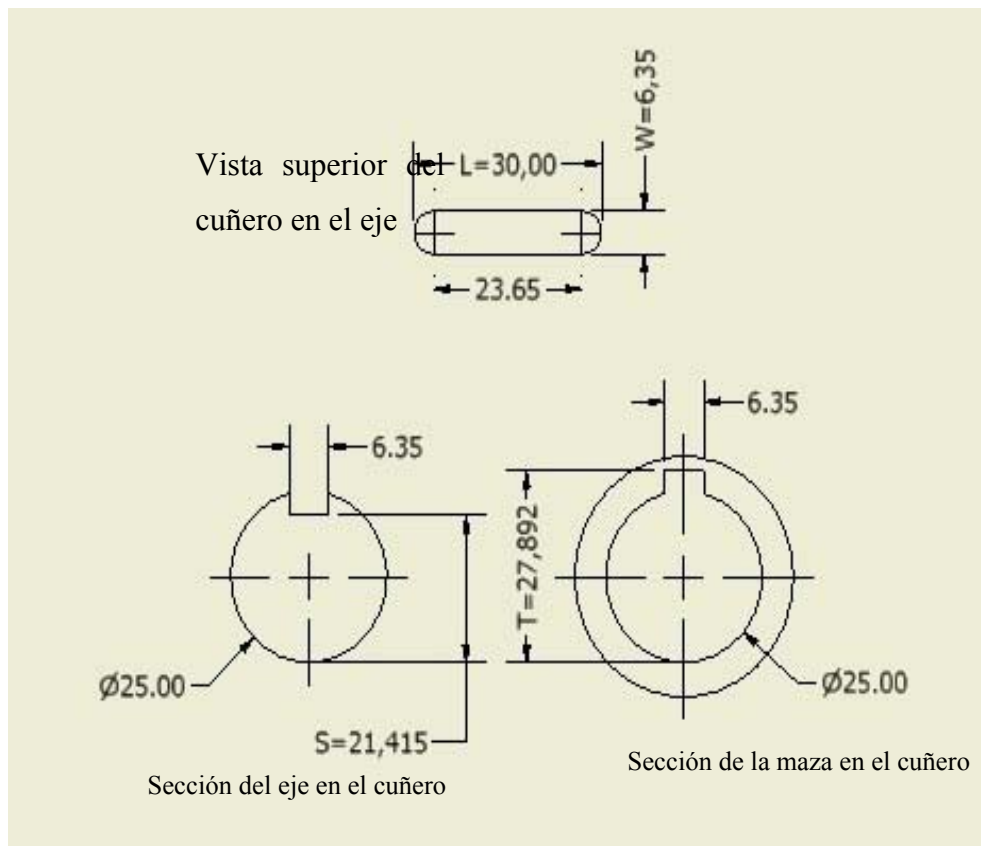


Fig. 4.34 Vistas de secciones del cuñero.



CAPITULO V

FABRICACIÓN

Luego de una etapa exhaustiva de diseño, donde fue calculado cada uno de los componentes que harán que la maquina cumpla su función y realizado un listado a detalle con cada una de las especificaciones de los mismos, se procedió a fabricar las piezas en base a los planos desarrollados (Ver planos) para la construcción de la primera etapa de la maquina de doblado longitudinal.

5.1 Recolección del material

En base a los planos se elaboró una tabla donde se agrupan según el tipo de material todas las piezas y se identifican con sus medidas de: ancho, largo, espesor, y cantidad de piezas a elaborar. Conociendo las medidas estándar como se consiguen en el mercado cada tipo de material, por ejemplo: Lamina SIDOR de 12mm de espesor, medidas estándares: 1,20 x 2,40 mts., se calcula la cantidad necesaria de material a utilizar.

Las piezas con poca cantidad de material por adquirir fueron compradas directamente como retazo, en empresas de fabricación de productos. De esta manera estas pequeñas cantidades se encuentran a un costo relativamente económico respecto a tener que adquirir una lámina completa.

Los materiales para el resto de los elementos se adquirió contactando a casas especializadas de acuerdo al material a comprar, y comparando los precios. Contamos como principales proveedores a la empresa MOTASA para el acero y VENCRAFT para el acero inoxidable.



De igual forma se hizo con los tornillos, tuercas, arandelas, rodamientos, etc., de manera de reunir todo el material para comenzar con la elaboración.

5.2 Corte de la materia prima

Esta etapa se realizó de dos formas. La primera para las piezas planas con figuras irregulares, se solicitó los servicios de la empresa QUALITY METAL, donde se utilizó la maquina cortadora con agua a presión. Esta máquina funciona con un cabezal móvil asistido por un software, que aplica un chorro de agua con arena a presión sobre la lámina, llegando a cortar hasta espesores de 20mm. De esta forma se disminuye el tiempo de mecanizado de dichas piezas.

La segunda, es la forma convencional de corte. Con acetileno se redujo el material a una porción manejable para proceder a realizar los cortes con la sierra de vaivén a la medida del ancho de la pieza a fabricar con una sobre medida de +5mm. Esto con la intención de evitar que las medidas queden por debajo de lo estimado y poder realizar luego el proceso de aplanar las caras.



Fig. 5.1 Sierra de Vaivén



Una vez obtenida la tira de material del ancho de la pieza a elaborar, se cortan las piezas esta vez con la sierra de cinta, a la longitud necesaria con unos milímetros por encima de la medida requerida.



Fig. 5.2 Sierra de Cinta

Por ultimo, el corte de los tubos para la estructura fue realizado con una tronadora.

5.3 Mecanizado de Pieza

El mecanizado se llevó a cabo utilizando fresadora universal, torno y centro de mecanizado.

Para las piezas planas: Se elaboró en la fresadora universal el aplanado de las caras de las piezas cuadradas. En este proceso, se llevó a la medida justa las dimensiones de ancho y largo de la pieza a fabricar.



Fig. 5.3 Aplanado de Caras

Luego de este proceso se pasa al centro de mecanizado donde previamente, con el programa SURFCAM 2005, se realiza la programación de la máquina, en ella se incluye: velocidad de la herramienta, forma de corte, profundidad de corte, acabado del corte, biselés, taladrados y los recambios de las herramientas. Esta máquina resulta muy versátil y exacta ya que con un solo programa pueden realizarse varios mecanizados a una pieza como, taladrados, avellanados, etc., y se puede repetir el proceso tantas veces como se quiera a otras piezas con similares condiciones.



Fig. 5.4 Centro de Mecanizado

Las piezas q salen del centro de mecanizado deben limpiarse de manera de eliminar los filos que pueden generar cortes durante su manipulación. Este proceso se realiza a mano en una prensa de banco y una lima. También pueden hacerse las roscas y orificios que se requieran.

Para los orificios restantes, la pieza es previamente marcada para posteriormente ser taladrada en un taladro vertical.

Para las roscas, utilizamos el proceso manual con un macho de acuerdo a la rosca designada.

Para las piezas cilíndricas: Se utiliza el torno convencional. En ella se realizaron piezas tales como: sujeta core, orificios de los tornillos de ajuste de presión rodillos de tracción, rodillos guías, palancas, rodillos de arrastre, ejes, etc.



5.4 Soldadura

Este proceso se utilizó para la unión de los soportes dentro de las instalaciones de la empresa CONSORCIO GRAN SABANA, donde se dispuso de una máquina de soldar MIG/MAG. De esta manera se realizaron cordones de soldadura con un acabado mucho mejor del que se le obtiene con un máquina de electrodos revestidos, además de que se contó con las herramientas adecuadas para la precisión que se requería en cuanto a medida, perpendicularidad entre tubos y verticalidad de la estructura. Se cuidaron los parámetros de acuerdo a espesor del material e intensidad del arco para lograr una buena penetración, rigidez en la estructura y acabado de calidad.

5.5 Armado

Siguiendo los planos se fue armando cada uno de los dispositivos, acoplando sus partes para generar el ensamble completo de la primera parte de la máquina denominada etapa de doblado longitudinal.



CAPITULO VI **ANÁLISIS ECONÓMICO**

6.1 Estudio de la Factibilidad

Factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas propuestas.

Iniciar un proyecto de producción o fortalecerlo significa invertir recursos como tiempo, dinero, materia prima y equipos.

Como los recursos en ocasiones son limitados, es necesario tomar decisiones y para que éstas sean adecuadas se deben estudiar las condiciones sobre la base de evidencias y cálculos correctos, de manera que se tenga mucha seguridad de que el negocio se desempeñará correctamente y que producirá ganancias.

El éxito de un proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en tres (3) aspectos básicos: operativo, técnico y económico.

Factibilidad Técnica: Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles).

Factibilidad Operativa: Relacionado con todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad o procesos y depende de los recursos humanos que participan durante la operación del proyecto. Para evaluar la factibilidad operativa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo, además, se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo.



Factibilidad Económica: Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

6.2 Factibilidad Económica.

El estudio de factibilidad económica es un análisis realizado por toda empresa para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y permite:

Determinar si el negocio que se propone puede ser rentable y en que condiciones debe desarrollarse para que sea exitoso.

Promover acciones apropiadas para que una organización logre sus objetivos.

Evaluar si el negocio contribuye con la conservación, protección o restauración de los recursos naturales y del ambiente.

La mejor manera de determinar la factibilidad económica de un proyecto es efectuar un análisis comparativo entre las diferentes vías posibles para obtener lo deseado y evaluar cual es la más eficiente, por este motivo se buscan los factores determinantes que representan ventajas competitivas de un método sobre el otro. Algunos de estos factores son:

1. Mercado.
2. Cantidad producida.
3. Costo fijo incurrido.
4. Costo variable incurrido.
5. Capital de trabajo necesario.
6. Punto de inflexión.



Adicionalmente, debe evaluarse el flujo de caja proyectado a cierto tiempo de operatividad de la máquina (consideramos 5 años), a fin de asentar claramente las ventajas de construcción del proyecto, además de ser una herramienta importante para determinar el éxito de su aplicación.

6.2.1 Mercado

Las necesidades no se crean si no se satisfacen, por esta razón y por la gran demanda que existe en el mercado de este producto, hemos decidido buscar la manera de optimizar su producción, por ello indagamos sobre clientes potenciales clientes para el producto de sábanas para camillas y recopilamos la información de hospitales y clínicas de Caracas (Ver anexo 6)

Es importante destacar que como el producto es un material que contribuye a la higiene y que puede ser desechado luego de utilizarse, debido a sus propiedades, implica mayor demanda por parte de los consumidores finales.

6.2.2 Capacidad productiva. Métodos Tradicionales Vs. Maquina

La capacidad productiva de un modelo industrial se refiere al número máximo de producto disponible para la venta, es decir, lo que es capaz de producir una entidad.

6.2.2.1 Producción con método tradicional

A fin de determinar la capacidad productiva de una empresa que elabora sábanas para camillas mediante el método tradicional de corte y doblado, realizamos un análisis mediante la recolección de datos de la producción diaria de la empresa; la recolección, tabulación y análisis de estos datos es de vital importancia ya que nos



permite hacer proyecciones sobre la productividad y su incidencia en los costos y gastos del modelo.

En la siguiente tabla se presentan los datos de una empresa para una semana de producción, especificando la cantidad de producto obtenido en jornadas normales de 8 (ocho) horas para los 2 (dos) procesos mas importantes de la fabricación de sábanas para camillas.

Proceso de corte

Objetivo de Control: Determinar tiempo producción materia prima procesada y desechos promedios del proceso de corte.

Variable a controlar: tiempo de corte de sábanas.

Limites de control: 30 +/- 3 minutos por bobina por sabanas.

Población: Empresa productora bajo método tradicional con 1 operario de corte.

Muestra: Proceso de corte diario durante una semana.

Fecha: 26 al 30 de enero de 2009



Tabla 6.1 *Recolección de datos del proceso de corte.*

Variable	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio	Comentarios
Tiempo en (min)	57	67	63	61	64	62.4	El proceso de corte de 2 bobinas diarias de un total de 2000 metros para la fabricación de sabanas
Sabanas cortadas	1963	1971	1952	1961	1958	1961	Cantidad obtenida en 8 (ocho) horas laborales
Desperdicio	37	29	48	39	42	39	Sábanas mal cortadas, sucias o con rasgaduras por errores en el corte y la manipulación directa de la tela

De la recolección de datos obtenida se puede observar que el tiempo promedio del proceso de corte para una bobina es de 31.2 minutos y que el margen de desperdicio promedio de una bobina es de 19.5 unidades por bobina.

Es importante destacar que la empresa procura cortar únicamente la cantidad de tela que es posible doblar en un día laboral promedio de 8 horas por esta razón evaluamos el proceso de doblado diario para determinar si las estimaciones de corte hechas por la empresa son acertadas.

Proceso de doblado

Objetivo de Control: Determinar tiempo producción materia prima procesada y desechos promedios del proceso de corte

Variable a controlar: tiempos corte de sabanas

Limites de control: 30 +/- 3 minutos por bobina

Población: empresa productora bajo método tradicional con 1 operario de corte

Muestra: Proceso de corte diario durante una semana

Fecha: 26 al 30 de enero de 2009



Tabla 6.2 *Recolección de datos del proceso de doblado.*

Variable	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio	Comentarios
Tiempo en seg	14	16	15	17	13	15	El proceso de doblado de 1 sabana
Sabanas cortadas	1963	1971	1952	1961	1958	1961	
Sabanas dobladas	1921	1917	1926	1922	1919	1921	
Material en proceso	42	54	26	39	39	40	(sabanas pendientes por doblar)

Con el análisis de los datos recolectados en esta evaluación podemos corroborar que las estimaciones de la gerencia de la compañía bajo el método tradicional son acertadas y que solo existe un pequeño excedente de material en proceso cuyo promedio es de 40 unidades.

La tabulación y análisis de estos datos nos permite calcular la incidencia de los costos fijos y variables en la producción diaria promedio.

6.2.2.2 Producción con máquina

El tiempo de producción requiere ser más eficiente que el de producción tradicional, lo que ha sido tomado como objetivo para el diseño de la máquina, es decir, que para la producción con máquina el tiempo se pauta de manera que mejore sustancialmente los tiempos logrados con los métodos tradicionales en la medida en que la velocidad del procedimiento no dañe la materia prima ni desmejore la calidad del producto final.

El tiempo mínimo posible de producción de una (1) sábana, respetando los factores antes mencionados, es de cinco (5) segundos que trabajando durante 7 horas diarias (1 hora es reservada para la sustitución y el enhebrado de las bobinas bajo la



supervisión de 1 operario) produce un total de 5040 sabanas por día. Restando al total de producción los 20 metros (10 sábanas) de desperdicio obtenemos un total de 5030 sábanas diarias.

Además, mediante la elaboración de sábanas con la máquina se unifican los proceso de corte y doblado permitiendo que se procese la totalidad de la tela cortada.

Tabla6.3 Tabla comparativa entre cantidad producida, método tradicional Vs. Máquina.

Factor	Método tradicional (3 operarios)	Método mecánico. (1 Máquina y 1 operario)
Sabanas producidas	1920*	5040**

**Proyección basada en los cálculos de capacidad de producción de la maquina.

*Promedio diario de sabanas dobladas estimadas por estadísticas.

De acuerdo a estos resultados y cálculos de promedios diarios de producción, con el método tradicional (cortado y doblado tradicional) es posible producir cerca de 5040 sabanas diarias con un equipo compuesto por 10 personas (2 encargadas del corte y embalaje y 8 encargadas del doblado). Esta proyección es realizada a fin de equiparar la producción y hacer un análisis comparativo de costos y gastos para producciones similares.

6.2.3 COSTOS FIJOS

Los costos fijos son determinados en función de las presentaciones del producto para la venta que se constituyen por cajas de 300 sábanas cada una.



6.2.3.1 Costos fijos asociados a la producción con método tradicional

Tabla 6.4 Costos fijos en la producción con método tradicional

Tipo de Nomina	Presonal	Sueldo	Días de bono vacacional	Días de utilidades	Salario integral mensual	Aporte SSO	Aporte SPF	Aporte Banaviv	Aporte INCE	UT 55 cesta Ticket diario	Bono por unidad	Prestaciones sociales	Total mensual	Total por unidad
Dobladores	8	7,976	30	30	9,305.33	837.48	116.32	186.11	186.11	13.75	0.015x Sabana	1,550.89	13,062.03	38.88
Cortadores	2	2,550	30	30	2,975.00	267.75	37.19	59.50	59.50	13.75	0.015	495.83	4,178.77	12.44
Total	10	10,526	60	60	12,280.33	1,105.23	153.50	245.61	245.61	27.5	0.03	2,046.72	17,240.80	51.31

Concepto	Total Mensual	Total Por unidad
Electricidad	300	0.89
Alquiler de local	18,000	53.57
Insumos para obreros	300	0.89
Agua	300	0.89
Telefono	500	1.49
Aseo	500	1.49
Gastos de reparaciones y mantenimiento	5,000	14.88
Seguro	1,533	4.56
Gasto de Depreciación	417	1.24
Total Gastos fijos	44,091	79.91

Total costos fijos 131.22

Según podemos observar los costos fijos incurridos para la producción de los paquetes de 300 sabanas para la venta asciende a Bs. 131.22

6.2.3.2 Costos fijos asociados a la producción con maquina

Los costos fijos de producción estimados para el método de producción con maquina se detallan en la tabla 5.5.



Tabla 6.5 Costos fijos en la producción con máquina

									UT 55				
						Aporte SSO	Aporte SPF	Aporte Banavih	Aporte ince	cesta Ticket diario			
Presonal	suelado	dias de bono vacacional	dias de utilidade s	salario integral mensual	9%	1%	2%	2%	0,25U.T	prestacione s sociales	total mensual	Total por unidad	
1	1275	30	30	1,487.50	133.88	18.59	29.75	29.75	13.75	247.92	2,249.89	6.70	

Concepto	Total Mensual	Total Por unidad
Electricidad	500	1.49
Alquiler de local	12,000	35.71
Insumos para obreros	100	0.30
Agua	200	0.60
Telefono	500	1.49
Aseo	500	1.49
Gastos de reparaciones y mantenimiento	1,500	4.46
Seguro	192	0.57
Gasto de Depreciación	1,301	3.87
Gastos fijos	19,043	49.98

Total costos fijos 56.67

Según lo calculado los costos fijos incurridos para la producción de los paquetes de 300 sábanas para la venta ascienden a Bs. 56.67

Tabla 6.6 Tabla comparativa de costos por paquete de sábanas, Método tradicional Vs. Máquina.

Factor	Método tradicional	Método con máquina
Costos por paquete para la venta (Bsf.)	131.22	56.67



Se puede observar comparando los valores de costos fijos que utilizando la máquina se presenta una reducción considerable de costos.

6.2.4 Costos Variables

Los costos variables están directamente relacionados con la producción y con lo relacionado a esta. Para una unidad para la venta (caja contentiva de 300 sábanas) se requieren ciertos elementos que se presentan a continuación:

Tabla6.7 Materiales necesarios por caja de 300 sábanas.

Material	Cantidad	Unidad
Tela	600	m
Caja	1	Unid
Cinta de embalaje	2	m

Tabla6.8 Costo de materiales necesarios para la producción y embalaje.

Material	Cantidad	Unidad	Costo (Bsf.)
Tela (Bobina)	2000	m	590
Caja	1	Unid	12
Cinta de embalaje	1	m	0.91

Para determinar el costo unitario debemos establecer algunos márgenes de desperdicio para cada uno de estos materiales; estos costos deben ser imputados al costo final del producto.



Tabla 6.9 Porcentaje de desperdicio a considerar por material.

Material	% de desperdicio
Tela	1%
Caja	0%
Cinta de embalaje	5%

De acuerdo a los valores de la tabla 5.9, se puede establecer la materia prima real utilizada para la fabricación del producto y el costo asociado según el material necesario a utilizar para la fabricación de una unidad disponible para la venta (caja contentiva de 300 sabanas).

Tabla 6.10 Costo variables total para la producción por caja de 300 sábanas.

Material	% de desperdicio	Cantidad	Unidad	Material necesario a utilizar	Unidad	Costo en Bs.	Total costo variable de producción de Caja de 300 Sabanas
Tela	1%	2000	Mts	1960	Mts	590	180.61
Caja	0%	1	Unid	1	Unid	12	12.00
Cinta de embalaje	5%	1,05	Mts	2.10	Mts	0.91	1.91
Patente industria y comercio	0.70%	N/A	Unid	N/A	N/A	10.5	10.5
Total costos variables							204.93

Ahora se puede determinar el costo de producción de una unidad para la venta (caja de 300 sábanas) bajo cada uno de los métodos antes descritos.



Tabla 6.11 Costos total para la producción por caja (300pzas). Método tradicional vs. Máquina.

Factores	Método tradicional	Método por máquina
Costos fijos	131.22	56.67
Costos Variables	204.93	204.93
Costos totales	336.15	261.61

La reducción de costos para una producción equivalente con la máquina es del 22%, adicionalmente es bueno puntualizar que los costos fijos son el único grupo de costos que podemos minimizar ya que para ambos métodos los costos variables son los mínimos posibles y no sufren ningún cambio.

6.2.5 Capital de trabajo

Toda empresa requiere de una inversión inicial que permita que se mantenga operativa y estable en tanto se ingresa al mercado, se contacta y se negocia con los posibles clientes.

El tiempo estimado para que la empresa no dependa de aportes adicionales ni necesite inyecciones de capital es de 3 meses.

6.2.5.1 Capital de trabajo asociado a la producción con método tradicional

El capital de trabajo necesario bajo el método tradicional no es tan elevado ya que no se requiere de mayores inversiones, sin embargo, se debe garantizar la operatividad de la empresa por el tiempo suficiente hasta que la misma alcance su auto-sustentabilidad.

Los costos fijos y variables estimados para este plazo de tiempo con una producción de 20% de la capacidad total ascienden a Bsf. 57.862,25 lo que implica



que para mantener a la empresa en producción es necesario un capital de trabajo de Bsf. 173.586,75 adicionalmente es necesario incurrir en una inversión inicial en la que se deben considerar los siguientes factores:

Tabla6.12 Conceptos a considerar para la inversión inicial.

Concepto	Precio en Bs.
Depósito para alquiler de local (seis meses)	108,000
Maquinaria para cortar tela	2,500
Máquina de tendido	80,000
Mesa de tendido	5,000
Equipos de oficina y para la producción	5,000
Total inversión	200,500

6.2.5.2 Capital de trabajo asociado a la producción con la máquina

Para el caso de la producción con máquina Los costos fijos y variables estimados para este plazo de tiempo con una producción de 20% de la capacidad total ascienden a Bsf. 32.814,24 lo que implica que para mantener a la empresa en producción es necesario un capital de trabajo de Bsf. 98.442,72 adicionalmente es necesario incurrir en una inversión inicial en la que se deben considerar los diversos factores. (Ver tabla 5.13)

Tabla6.13 Total inversión inicial.

Concepto	Precio en Bsf.
Depósito para alquiler de local (seis meses)	72,000
maquina convertidora	46,844.73*
Equipos de oficina y para la producción	5,000
Total inversión	123,845



El material de inversión inicial de la máquina proviene de (*)

#	Material	Total
1	Lámina de Acero 122 x 244 de 12mm	220.50
2	Lámina de Acero 122 x 244 de 5mm	276.00
3	Tubo Estructura 50 x 50 de 2,5mm	952.00
4	Tubo Acero Inox. 1" Redondo de 1,5mm	1,650.00
5	Tubo Acero Inox. 2 1/2" Redondo de 1,5mm	655.00
6	Tubo Acero Inox. 2" Redondo de 1,5mm	530.00
7	Lámina Satinada Acero Inox. 1,8mm	1,724.00
8	Cadenas 50-1	390.00
9	Cilindros Neumáticos	3,150.00
10	Válvulas Neumáticas	1,650.00
11	Manguera	200.00
12	Filtro y Regulador de Aire	1,850.00
13	Arandelas	85.40
14	Tuercas	277.98
15	Tomillos Totales	694.98
16	Piñones	989.20
17	Rodamientos	1,948.00
18	Motor	2,850.00
19	Correas Planas	1,200.00
20	Mano de obra	21,293.06
Total		46,844.73

Toda empresa requiere de una inversión inicial que permita que se mantenga operativa y estable en tanto se ingresa al mercado, se contacta y se negocia con los posibles clientes.

Tabla 6.14 Conceptos a considerar para la inversión inicial.

Factor	Método tradicional	Método automatizado
Capital de trabajo e inversión inicial	374.086,75	222.287,72

6.2.6 Punto de inflexión

El punto de inflexión de una entidad es aquel en el que las ventas son suficientes para cubrir el 100% de los costos sin resultar una utilidad restante.



Con el método tradicional se deben vender un mínimo de 32 unidades de un total de 340 que es posible producir en un mes esto representa el 9% de la producción mensual.

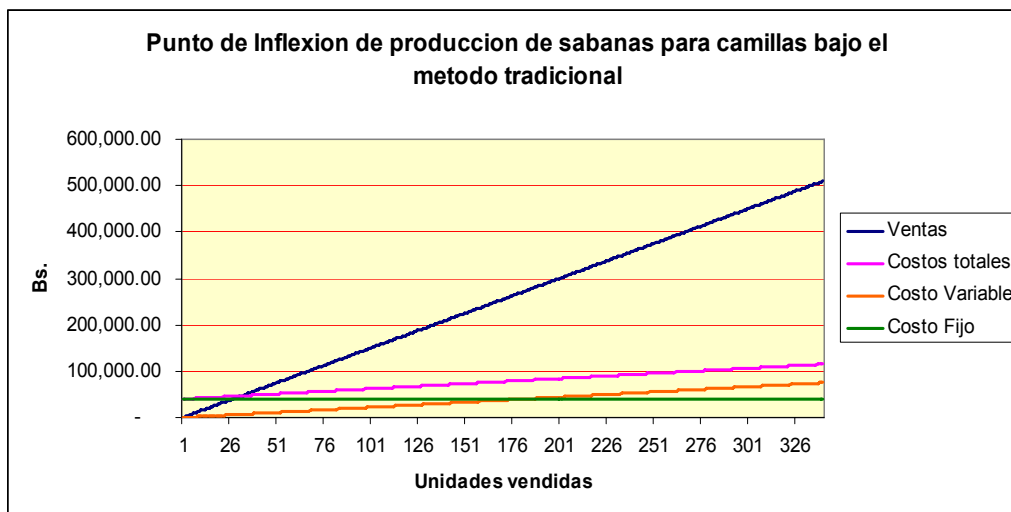


Gráfico 6.1 Punto de inflexión para producción por método tradicional.

Con la utilización de la máquina se deben vender un mínimo de 15 unidades de un total de 340 que es posible producir en un mes, esto representa el 4% de la producción mensual.

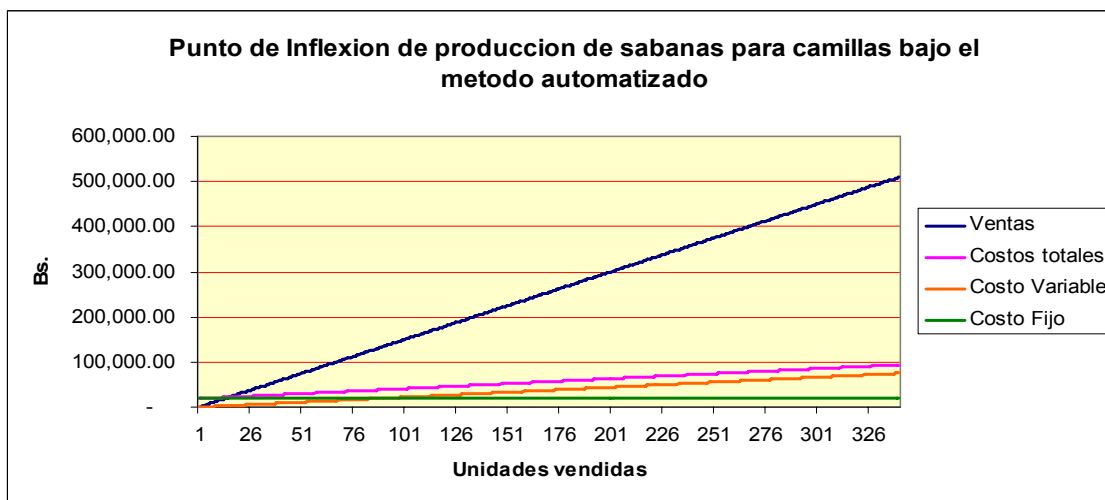


Gráfico 6.2 Punto de inflexión para producción con máquina.



6.2.7 Flujo de caja proyectado a 5 años y tasa interna de retorno

Para presentar el flujo de caja proyectado decidimos ser conservadores en cuanto a las expectativas de mercado a penetrar y el crecimiento anual en este sentido decidimos evaluar el desempeño de la entidad con un mercado que abarca el 20% de la producción total y que se incrementa en 20% cada año los datos obtenidos de esta evaluación fueron los siguientes:

Tabla 6.15 Flujo de caja estimado a 5 años para producción tradicional

Años	1	2	3	4	5
Porcentaje de incremento de ventas (crecimiento de alcance de mercado)		20%	20%	20%	20%
Porcentaje de incremento de ventas (precio de venta)		9%	7%	7%	6%
Porcentaje de incremento de costos		25%	26%	27%	28%
Ingresos anuales	(1,209,600)	(2,634,101)	(3,895,263)	(5,159,732)	(6,427,505)
Costos variables	165,257	413,143	624,673	839,507	1,057,647
Costos fijos	529,09	661,362	666,653	671,944	677,235
Utilidad neta	-515,253	(1,559,596)	(2,603,938)	(3,648,281)	(4,692,624)
Ingresos	1,209,600	2,634,101	3,895,263	5,159,732	6,427,505
Cobros	907,2	1,814,400	2,721,600	3,628,800	4,536,000
Pagos	694,347	859,604	1,024,862	1,190,119	1,355,376
Neto	212,853	954,796	1,696,738	2,438,681	3,180,624
Efectivo inicial = 3 meses de costos fijos y variable	173,587	96,61	262,851	489,897	732,145
total efectivo	386,44	1,051,406	1,959,590	2,928,578	3,912,768
decreto de dividendos	289,83	788,554	1,469,692	2,196,434	2,934,576
Total efectivo al final del periodo	96,61	262,851	489,897	732,145	978,192
Flujos futuros esperados	289,83	788,554	1,469,692	2,196,434	2,934,576

En función de estos datos se puede concluir que el total de flujos futuros esperados en (5) años ascienden a Bs 7.679.086 resultando una tasa interna de retorno de 152% para una inversión de Bs. 415.401.09



Tabla 6.16 Flujo de caja estimado a 5 años para producción con maquina

Años	1	2	3	4	5
porcentaje de incremento de ventas (crecimiento de alcance de mercado)		20%	20%	20%	20%
porcentaje de incremento de ventas (precio de venta)		6%	5%	5%	5%
porcentaje de incremento de costos		25%	26%	27%	28%
ingresos anuales	(1,209,600)	(2,419,200)	(3,628,800)	(4,838,400)	(6,048,000)
costos variables	165,257	330,515	495,772	661,029	826,287
Costos fijos	228,514	228,514	228,514	228,514	228,514
utilidad neta	-815,829	(1,860,172)	(2,904,514)	(3,948,857)	(4,993,200)
Ingresos	1,209,600	2,419,200	3,628,800	4,838,400	6,048,000
Cobros 75% de los ingresos	907,2	1,814,400	2,721,600	3,628,800	4,536,000
Pagos 100% de los pagos	393,771	559,028	724,286	889,543	1,054,800
Neto	513,429	1,255,372	1,997,314	2,739,257	3,481,200
Efectivo inicial = 3 meses de costos fijos y variable	98,443	152,968	352,085	587,35	831,652
Total efectivo al final del periodo	611,872	1,408,340	2,349,399	3,326,607	4,312,851
decreto de dividendos	458,904	1,056,255	1,762,049	2,494,955	3,234,639
total efectivo	152,968	352,085	587,35	831,652	1,078,213
flujos futuros esperados	458,904	1,056,255	1,762,049	2,494,955	3,234,639

En función de estos datos se puede observar que el total de flujos futuros esperados en (5) años ascienden a Bs 9.006.801.77 resultando una tasa interna de retorno de 299% para una inversión de Bs. 222.287.4



CONCLUSIONES

1. Utilizar un método adecuado de selección y de evaluación de alternativas, considerando tanto técnicas y elementos existentes como innovadores, permite establecer un procedimiento eficaz para elaborar un proyecto de cierta envergadura, como el caso de nuestro sistema para producir sábanas para camillas.
2. La escogencia adecuada de algunos elementos para que un sistema cumpla con los requerimientos establecidos se realiza generalmente de manera iterativa, en pocas palabras, se consideran unas propiedades, medidas o características específicas y se determina si resulta adecuado o si se requieren cambios que se ajusten a las necesidades reales.
3. El manejo de un sistema mecánico o automatizado permite que un proceso se pueda realizar de manera rápida, confiable y segura siempre que se mantenga un control en los factores de funcionamiento.
4. La máquina para producir sábanas para camillas constituye una excelente alternativa para elaborar este tipo de lencería al permitir el incremento de la producción y representando una ventaja competitiva ante empresas que utilicen el método tradicional.
5. La utilización de software especial para diseño simplifica el planteamiento de la idea, permitiendo optimizar el proceso y desarrollar la concepción del proyecto en menor tiempo.
6. Para concretar un diseño se requiere conocer los requerimientos y determinar el comportamiento de factores fundamentales que intervienen en el funcionamiento del sistema, mediante un estudio detallado del proceso, evaluando las posibles situaciones que puedan presentarse y planificar en función de estas.



7. En el desarrollo de cualquier sistema mecánico o automatizado es fundamental considerar diseños seguros y ergonómicos que permitan un manejo sencillo minimizando los riesgos para el operador.

8. La máquina de producción de sábanas para camillas representa una herramienta útil para incursionar en nuevos mercados del campo médico y lencería desechable, fomentando la utilización de este tipo de productos como una de las mejores alternativas para preservar la asepsia en prácticas médicas y áreas para la salud.

9. Una vez realizadas las estimaciones de la rentabilidad económica del proyecto, se determina que en la producción de sábanas para camillas con el método con máquina se reducen los costos fijos en cada caja (300 pzas) 74,55Bsf. respecto al método tradicional, es decir, se reduce un 56,81%.

10. La inversión inicial requerida para desarrollar una producción de sábanas desechables para camillas con la máquina es considerablemente menor con lo que se requiere para el método tradicional.

11. La reducción de costos fijos y el requerimiento de una menor inversión para la técnica de producción con la máquina, se traduce en un incremento en la tasa interna de retorno de 147 puntos porcentuales por encima del método tradicional.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Beer F.; Jhonston,R. y DeWolf J. (2001). *Mecánica de materiales*. (3ra ed.) D.F. México: McGraw-Hill. 789p.
- [2] Grupo SKF. Manual de mantenimiento y recambio de rodamientos. Inglaterra: Jarrold Printing. 1977, 136 p.
- [3] Mott, R. *Diseño de Elementos de Máquinas*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1995, 787p.
- [4] Norton, R. L. (2005). *Diseño de Maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos* (3a ed.). México, D.F.: McGraw-Hill. 750 p.
- [5] Shigley, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica* (4a ed.). México, Editorial Mc Graw Hill, 1990, 883p.
- [6] León, María Cristina. *Campos y Batas Quirúrgicas Desechables*. Colombia, División Medical Specialties 3M Colombia S.A. Marzo 2006.

Internet

- [I.1] [Página web en línea] Disponible en: <<http://es.wikipedia.org/wiki/>>
[Consulta: junio 2008- agosto 2009]
- [I.2] [Página web en línea] Disponible en:
<<http://www.encolombia.com/cirugia.htm>> [Consulta: junio 2008]
- [I.3] [Página web en línea] Disponible en: < <http://www.didac.ehu.es/antropo>>
[Consulta: junio 2008]
- [I.4] [Página web en línea] Disponible en <<http://www.sursed.com.ar/telanote.htm>>
[Consulta: julio2008]
- [I.5] Nonwoven Converting Machinery Co. [En línea]
<<http://www.nonwoven.co.uk.html>> [Consulta: julio 2008]
- [I.6] [Página web en línea] Disponible en:
<<http://www.answers.com/topic/nonwovenfabrics>> [Consulta: julio 2008]
- [I.7] Dext Medical Industries C.A. [En línea] Disponible en:



- <<http://www.dexxmedical.com/empresa.php>> [Consulta: junio 2009]
- [I.8] UM descartables C.A. [En línea] Disponible en:
<<http://www.umdescartables.com>> [Consulta: julio 2009]
- [I.9] Propilco del Caribe S.A. [En línea] Disponible en:
<<http://www.propilco.com//productos/producto.aspx>> [Consulta: julio 2009]
- [I.10] AUDITA. Medicina Laboral y empresarial. [En línea] Disponible en:
< <http://www.audita.com.ar>> [Consulta: julio 2009]
- [I.11] [Página web en línea] Disponible en: <<http://www2.ing.puc.cl>>
[Consulta: agosto 2009]
- [I.12] [Página web en línea] Disponible en:
<<http://www.mitecnologico.com/Main/FactibilidadInvestigacion>>
[Consulta: septiembre 2009]



BIBLIOGRAFIA

Avallone, E. A. y Baumeister III, T. (1995). *Marks manual del Ingeniero Mecánico* (9a ed.). Naucalpan de Juárez, México: McGraw-Hill, Tomo 1. 19 Cap.

Beer F.; Jhonston,R. y DeWolf J. (2001). *Mecánica de materiales*. (3ra ed.) D.F. México: McGraw-Hill. 789p.

Groover, M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna, Materiales, Procesos y Sistemas*. Naucalpan de Juárez, México: Prentice-Hall Hispanoamericana. 1062 p.

Mott, R. *Diseño de Elementos de Máquinas*, México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1995, 787p.

Norton, R. L. (2005). *Diseño de Maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos* (3a ed.). México, D.F.: McGraw-Hill. 750 p.

Shigley, J. *Diseño en Ingeniería Mecánica* (4a ed.). México, Editorial Mc Graw Hill, 1990, 883p.

Timings, R. (2005). *Manual del Ingeniero de Taller*. México, D.F.: Limusa, Grupo Noriega Editores. 355p.

Timoshenko, S. P. *Mecánica de Materiales*. México, UTEHA, 1974, 618p