

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA CINTA TRANSPORTADORA PARA LA SIMULACIÓN MECÁNICA DE UN PROCESO INDUSTRIAL”**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Bachilleres:  
**Gomez P., Dani F.**  
**Fava G., Sergio J.**  
Para optar al Título de  
**Ingeniero Mecánico**

Caracas 2008

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA CINTA TRANSPORTADORA PARA LA SIMULACIÓN MECÁNICA DE UN PROCESO INDUSTRIAL”**

**Tutor Académico:** Prof. Barriola, José

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Bachilleres:  
**Gomez P., Dani F.**  
**Fava G., Sergio J.**  
Para optar al Título de  
**Ingeniero Mecánico**

Caracas 2008

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA

Caracas, 10 de diciembre del 2008

ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado por los bachilleres:

**GOMEZ P. DANI F.**

**FAVA G. SERGIO J.**

**Titulado:** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA CINTA TRANSPORTADORA PARA LA SIMULACIÓN MECÁNICA DE UN PROCESO INDUSTRIAL”

Consideran que el mismo cumple con los requerimientos exigido por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico

  
Prof. Pedro Lecue  
Jurado

  
Prof. Fausto Carpentiero  
Jurado

  
Prof. Jose Barriola  
Tutor



## DEDICATORIA

*A mi Familia con un gran afecto a mis padres Diego Gomez R., Dulce Palacios y a mi hermana Dulmar Gomez Palacios*

***Dani F. Gómez Palacios***

*“... A mi padre Sergio Salvador Fava Frasca, a mi madre Luisa Cristina Gómez de Fava, a mi hermano Fabrizio J. Fava Gómez y muy especialmente a mi amigo y hermano de la vida Jonathan José Castaldi Mikuski (Miku) Q.E.P.D., el cual apoyo y sintió un orgullo y alegría tan grande, al ver culminado este proyecto, como si fuera un éxito personal.”*

***Sergio J. Fava Gómez***



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios por la dicha de poder respirar y caminar sobre esta tierra, a mi familia por todo el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, A mi Padre Diego Gomez por su palabras tan valiosas, su inmenso amor, cariños, por estar siempre que lo necesite y su valioso apoyo; a mi Madre Dulce Palacios por ser una madres esplendida por apoyarme en todas mis decisiones por su maravilloso amor y calor familiar, a mi Hermana Dulmar Gomez por ser mi segunda madre y mi símbolo de admiración, por escuchar mis inquietudes y extenderme su mano en los momentos que la necesite. A la Familia Fava Gomez por su apoyo durante todo nuestro proyecto, por abrirme las puertas de su casa y hacerme parte de su familia, a mi compañero de tesis Sergio Fava Gomez por ser un gran amigo y compañero en los momentos difíciles cuando nuestros objetivos y metas se vieron algo golpeadas pero siempre saliendo adelante

A mi grandes amigos que siempre estuvieron allí extendiéndome una mano Daniel García Mijares, gracias mi pana, hermano por ser una persona incondicional por estar allí cuando te necesite sin mirar a los lados por tus valioso consejos y amistad, A mi pana y hermano Daniel Cela gracias bro por tus consejos y por ser un gran amigo por estar allí en los buenos y malos momentos, José Fuentes, Luís Troitiño, Denis Boret, Julia Rodríguez, Gabriela Díaz y a todos aquellos que no he nombrado por su excelente compañía y apoyo.

Agradezco al señor Cesar Rodríguez por su interés y financiamiento de nuestro proyecto de tesis sin su apoyo no podríamos haber iniciado nuestra fase de construcción, también quiero agradecer al Sr. Jesús Hernández R. Director de a empresa RIJE C.A. por su incondicional asesoramiento técnico y su gran carisma en la búsqueda de soluciones a nuestras incógnitas, Agradezco a la empresa EMI por su asesoramiento técnico y la donación de equipos para la finalización de nuestro trabajo de grado. Por ultimo y no menos importantes a todos los profesores y técnicos del Galpón de la U.C.V. por su ayuda en la construcción de la cinta Transportadora

*Dani F. Gómez Palacios*

## AGRADECIMIENTOS

En Primer lugar agradezco el apoyo y el estímulo que me ofreció mi familia especialmente mi madre Luisa Cristina Gómez de Fava, mi padre Sergio Salvador Fava Frasca, mi hermano Fabrizio J. Fava Gómez, los cuales nunca dejaron de creer en mi y me incentivaron a continuar y culminar mi carrera profesional; siempre sintiéndose orgulloso y valorando mi esfuerzo en cada momento de mi carrera. Además de ser un apoyo incondicional en la vida y fuentes de inspiración para continuar hacia delante. También a mis abuelos, mi madrina Cecilia Gómez, mis primos en especial Simón Margulis y Joshua Margulis y a mis tíos, Polo, Pepe, Valentina, Walter y los que me faltan.

Muy especialmente quiero agradecer y además dedicar este trabajo; a mi incondicional y mejor amigo, compañero y hermano de la vida Jonathan José Castaldi Mikuski “Miku” Q.E.P.D., el cual demostró con cada momento que paso conmigo, desde el primer grado del colegio hasta el momento de su despedida, la tremenda persona, pana y hermano que es y será siempre en donde se encuentre. Demostraste hacia mi y mi familia un aprecio incondicional y demostraste tu cariño no solo el día q viste concretada esta meta y no dejaste de hacer sentir tu orgullo de verme ahí, en el Aula Magna de la U.C.V. con mi título, lugar donde tú también estuviste acompañándome. No tengo palabras, ni gestos, ni nada acciones que puedan demostrar el cariño y la importancia que tienes en mi vida, siempre estarás no solo en los pequeños si no mas bien en los grandes momentos. Siempre seguirás viviendo y siendo bienvenido en mi hogar, en mi carro, en todas las rumbas y playas que nos lanzamos y las que seguiremos porque el no estar físicamente aquí no significa que no estés en cada uno de esos momentos en los que siempre te encantaba estar. Llenaste la mi vida y la de mi familia de alegría y momentos especiales con una sonrisa, con positivismo y con tus ganas de vivir. Dejaste mucha alegría y demás buenos recuerdos, solo tengo que decirte que TE QUEREMOS Y NUNCA SERAS OLVIDADO EN LA FAMILIA FAVA.

En segundo lugar quiero agradecer a mi compañero Dani Gómez P. por ser un tremendo compañero de tesis que siempre demostró ser no solo un compañero sino un amigo y una persona de confianza, *“con nuestro esfuerzo conjunto lo logramos men y demostramos nuestro valor y aprendizaje, uniendo esfuerzos”*. A la familia Gómez Palacio, por siempre apoyarnos, creer en nosotros y en que culminaríamos este proyecto con éxito; y no solo eso si no que me acogieron como una persona más de su familia, demostrando su cariño y aprecio. GRACIAS POR TODOS LOS MOMENTOS QUE COMPARTIMOS JUNTOS Y QUE QUEDE MUY CLARO QUE EL CARIÑO QUE ME DEMOSTRARON ES RECIPROCO.

Sin menor importancia que los antes mencionados quiero agradecer con mucho afecto a las cuatro personas que conocí el primer día que comenzó mi carrera y demostraron no solo ser compañeros de universidad, sino que demostraron ser mis amigos incondicionales. Ricardo Avellaneda, Daniel Volcán, José Juan “Toto”

Marchamalo y Tomas Mujica los cuales en todos los momentos que vivimos demostraron su apoyo y cariño, siendo objetivos y ayudándome a seguir adelante en muchos momentos en los cuales era necesario la mano de de un amigo sincero. Sus consejos, regaños y momentos buenos y malos que pasamos juntos lograron formar entre nosotros una gran relación, la cual espero que no falle. GRACIAS A UDS Y SUS FAMILIAS LAS CUALES ME APOYARON Y DEMOSTRARON UN CARÍÑO GRANDE HACIA MI.

Agradezco por su apoyo y motivación a lo largo de mi vida, hasta el momento, de las chicas que demostraron un cariño, amistad incondicional, consejos, apoyo y sobre todo que siempre han estado, sobre todo, en los momentos malos demostrando ser MIS MEJORES AMIGAS: Kristel Caeiro, Alexandra “Alelu” Graterol, Aris García, Karina “Gallina” Hernández, Daniela Morales, Mariela Viveiros, Paola Moghrabi, Nathy D’Hoy, Francelly Paola Perfectti, Denise Provero y Alejandra “Aleli” Hernández. LAS QUIERO MUCHO NIÑAS Y SABEN LO IMPORTANTE QUE SON Y SERAN EN MI VIDA.

A los grandes panas sinceros que forme en mi carrera: Pedro Prieto (Un gran amigo, sincero y leal), Tomas Zambrano, Alexis Montilva, David Contreras, Maria Carolina “Suki” Sucre, José “Fose” Fuentes Casella, Denis Boret, Daniel Cela, Oriana González, Maryvic Delfín, Raúl Guillen, Alirio Alcalá, Marcos “Oso” Ramírez, Eliana Hurtado, Nancy Moncada, Ángela Mujica, Rodolfo “Chiro” Ayres, Jesús Hernández, Juan Hernández, Joel Téllez, Victoria Conde, Carolina de Hernández, Dasva Zambrano, Maria Teresa Jiménez, Vanesa Ojeda, Bruno Mazzani, Adriana “Tina” Gómez, Virgilio Gutiérrez, Gustavo Gutiérrez, Erick Ojeda, Fernando De Benito, Ludgardo Gómez, Alejandra Valdivieso, Diana Montero, Rosana Pérez, Andreína Lopera, Denise Rondon, Rosangel y Mariangel Rey, Issa Colmenares, Simón Zoghbi, Héctor La Rosa y Raúl, José Tomas “J.T.” Sucre, Miguel “Matu” Matute, Willy Rodríguez, Luis Miguel Valles, Sinai Rodríguez, Ana Karina Echeverri, Elybeth Ramírez, Marianela Cabos, Marianela Hernández, Ricardo Espinoza, Carlos Chacon, Luis Ovalles, Maria Gabriela Acosta, Leonardo Aguirre, David Behar, Paula Baquero, Aquiles Escarra, Katherine Parrales, Diana Usuga y muchos otros que no alcanzarían las paginas para nombrar...

Solo queda decirles: “GRACIAS POR SER PERSONAS MUY ESPECIALES Y ESTAR EN LOS BUENOS Y MALOS MOMENTOS. ¡¡¡GRACIAS TOTALES...!!!”

*Sergio J. Fava Gómez*

**Fava G., Sergio J. y Gómez P., Dani F.**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA  
CINTA TRANSPORTADORA PARA LA SIMULACIÓN  
MECÁNICA DE UN PROCESO INDUSTRIAL”**

**Tutor Académico: Prof. José Barriola. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de  
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2008, 120 Pág.**

**Palabras Claves:** Cintas Transportadoras, Automatización, PLC, Sensores, Interfaz humano-máquina.

En este trabajo especial de grado se desarrolló el diseño y selección de un sistema de transporte por cadena, se realizaron los cálculos y planos necesarios para su construcción. El sistema se encuentra sobre unas vías de acero inoxidable, el movimiento del mismo se genera gracias a un piñón acoplado mediante un eje al motor. Las vías se encuentran apoyadas sobre unos soportes de madera que le dan la altura necesaria para acoplarse al eje del motor directamente.

Para accionar el motor se instaló un gabinete de potencia, el cual esta conformado por un variador de frecuencia, que tienen la finalidad de controlar la velocidad de la cinta transportadora, así como el tipo de arranque del sistema, según se desee. En este también se encuentran un disyuntor seccionador el cual proporciona protección al sistema.

Para controlar el sistema se colocó un PLC dentro de un gabinete, que contiene en su tapa frontal un interfaz humano-máquina, este consta de pulsadores y luces pilotos las cuales se programaron con la finalidad de realizar diferentes prácticas de automatización, como cambio de sentido de giro, joggin y configuración del sistema de arranque. También se colocaron, a lo largo de la vía, unos sensores de diferentes características con los cuales se programaron para realizar simulaciones de procesos que involucran la utilización de cintas transportadoras.

Después de la instalación física de cada uno de los componentes se procedió a cablear eléctricamente todos los dispositivos, incluyendo el PLC y los sensores, para su funcionamiento en conjunto. Así mismo se realizaron los ajustes necesarios con el fin de poner en marcha el sistema.

Se proponen un conjunto de prácticas de laboratorios que pueden ser usadas en la materia de PLC, para mejorar la comprensión de los conceptos teóricos impartidos en las clases.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Agradecimientos.....	iiiv
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Figuras.....	xiii
Símbolos y Abreviatura.....	xivv
Introducción.....	1
<b>Capítulo I: Anteproyecto.....</b>	<b>3</b>
1.1.- Motivación.....	3
1.2.- Planteamiento del Problema.....	3
1.3.- Objetivos.....	3
1.3.1.- Objetivo general.....	3
1.3.2.- Objetivos específicos.....	4
1.4.- Alcances y Limitaciones.....	4
1.4.1.- Alcances.....	4
1.4.2.- Limitaciones.....	5
1.5.- Antecedentes.....	5
<b>Capítulo II: Marco Teórico.....</b>	<b>11</b>
2.1.- Conceptos básicos.....	11
2.1.1.- Cinta Transportadora.....	11
2.1.2.- Motores eléctricos.....	12
2.1.3.- Principio de funcionamiento de un Motor Eléctrico.....	12
2.1.4.- Partes de un Motor Eléctrico.....	13
2.1.5.- Rotor.....	14
2.1.6.- Estator.....	14
2.2.- Dispositivos de protección y arranques de motor eléctricos.....	14
2.2.1.- Arrancadores.....	14
2.2.2.- El Seccionamiento.....	15
2.2.3.- Interruptor.....	15
2.2.4.- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas.....	15

2.2.5.- Fusibles. ....	16
2.2.6.- Relé térmico. ....	16
2.2.7.- El bimetálico. ....	16
2.2.8.- Relés temporizadores térmicos. ....	17
2.2.9.- La conmutación. ....	17
2.2.10.- Contactor. ....	17
2.2.11.- Bobina. ....	17
2.2.12.- Contactos. ....	18
2.2.13.- Disyuntor o interruptor automático. ....	18
2.2.14.- Variadores de Velocidad. ....	18
2.2.15.- Arranque directo. ....	19
2.2.16.- Arranque estrella-triángulo. ....	20
2.3.- Dispositivos de Automatización. ....	22
2.3.1.- Controlador Lógico Programable. ....	22
2.3.2.- Entradas/Salidas. ....	24
2.3.3.- Sensores. ....	24
2.3.4.- Sensores Inductivos. ....	25
2.3.5.- Sensor fotoeléctrico. ....	25
2.3.6.- Final de carrera o sensor de contacto. ....	25
2.3.7.- Sensores Capacitivos. ....	26
2.4.- Diseño de elementos Mecánico. ....	26
2.4.1.- Bandas. ....	26
2.4.2.- Cadenas. ....	26
2.4.3.- Acoples. ....	27
2.4.4.- Afianzadores. ....	27
2.4.5.- Cuñas de unión. ....	27
2.4.6.- Tornillos de ajuste. ....	28
2.4.7.- Perno. ....	28
2.4.8.- Tornillo. ....	28
2.4.9.- Pernos prisioneros. ....	28
2.4.10.- Remache. ....	29

2.4.11.- Soldadura. ....	29
2.5.- Definiciones de Diseño conceptual. ....	29
2.5.1.- Diseño Conceptual.....	29
2.5.2.- Tormentas de ideas. ....	30
2.5.3.- Matriz Morfológica.....	30
2.5.4.- Criterios de Selección.....	30
<b>Capítulo III: Diseño Conceptual.....</b>	<b>33</b>
3.1.- Tormenta de ideas. ....	33
3.1.1.- Diseños Planteados de Cintas Transportadoras. ....	34
3.1.2.- Diseño de soportes de la vía. ....	35
3.2.- Criterios de Selección. ....	35
3.3.- Matriz Morfológica.....	36
3.3.1.- Matriz Morfológica de selección de Diseños. ....	36
3.3.2.- Matriz Morfológica de selección de soportes de la vía. ....	37
<b>Capítulo IV: Diseño Básico .....</b>	<b>38</b>
4.1.- Configuración del sistema. ....	38
4.1.1.- Configuración del Sistema de Automatización y Control. ....	38
4.1.2.- Configuración del Sistema Mecánico. ....	39
4.1.3.- Configuraciones Mecánicas Especificas.....	40
4.2.- Planos.....	40
<b>Capítulo V: Diseño de Detalles .....</b>	<b>46</b>
5.1.- Cálculos del proyecto. ....	46
5.1.1.- Cálculos de ajuste de cadena. ....	46
5.1.2.- Caculos de soportes de la vía.....	49
5.1.3.- Caculos de fuerzas aplicadas en los tornillos de la vía por el toque del motor. ....	51
5.1.4.- Caculos de fuerzas sobre los tornillos del motor. ....	53
5.1.5.- Caculos de soldadura. ....	55
5.1.6.- Calculo de fatiga del eje. ....	58
5.1.7.- Cálculos de Aislamiento del motor (Calculo de Vibraciones). ....	61
5.1.8.- Simulación de esfuerzos sobre la mesa .....	61
<b>Capítulo VI: Resultados y Análisis de Resultados .....</b>	<b>66</b>

6.1.- Resultados.....	66
6.2.- Análisis de Resultados.....	67
6.2.1.- Cálculos de ajuste de cadena. ....	67
6.2.2.- Cálculos de soportes de las vías.....	67
6.2.3.- Cálculos de fuerzas aplicadas en los tornillos de la vía por el toque del motor. ....	68
6.2.4.-Cálculo de fuerzas sobre los tornillos del motor. ....	68
6.2.5.- Cálculos de soldaduras. ....	68
6.2.6.- Calculo de fatiga del eje. ....	69
6.2.7.- Cálculos de Aislamiento del motor (Calculo de Vibraciones). ....	69
6.2.8.- Simulación de esfuerzos sobre la mesa. ....	70
<b>Capítulo VII: Procura .....</b>	<b>71</b>
7.1.- Cadena Transportadora.....	71
7.2.- Configuración del Sistema de Automatización y Control. ....	73
<b>Capítulo VIII: Integración y Pruebas .....</b>	<b>75</b>
8.1.- Integración y pruebas de los equipos mecánicos.....	75
8.2.- Integración y pruebas de equipos eléctricos. ....	76
8.3.- Integración y pruebas de equipos electrónicos. ....	76
<b>Capítulo IX: Instalación .....</b>	<b>78</b>
<b>Capítulo X: Documentación AS BUILD .....</b>	<b>79</b>
<b>Capítulo XI: Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>82</b>
11.1.- Conclusiones.....	82
11.2.- Recomendaciones. ....	83
<b>Apéndice.....</b>	<b>85</b>
Apéndice 1. ....	85
Apéndice 2 .....	86
Apéndice 3 .....	87
Apéndice 4 .....	88
Apéndice 5 .....	89
Apéndice 6 .....	90
Apéndice 7 .....	91
Apéndice 8 .....	92
Apéndice 9 .....	93
Apéndice 10 .....	94
<b>Bibliografía .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>97</b>



Prácticas .....	97
Práctica 1: Encendido de luces pilotos.....	97
Práctica 2: Semáforo .....	98
Práctica 3: Arranque, parada y cambio de sentido de giro de motor. ....	99
Práctica 4: Detección por sensores.....	100
Práctica 5: Estación de Automática de lavado de vehículos.....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.5.4.- Jerarquía de los criterios de selección.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3.3.1.- Matriz Morfológica de selección de Diseños Parte 1 .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 3.3.1.2.- Matriz Morfológica de selección de Diseños Parte 2 .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 3.3.2.- Matriz Morfológica de selección de soportes de la vía. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 6.1.- Resultados del Capitulo V: Diseño de Detalle.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.16 Estructura de un motor.....	13
Figura 5.1.1.- DCL Engranaje motriz .....	46
Figura 5.1.2.- DCL Fuerza aplicada sobre la vía .....	50
Figura 5.1.3.- DCL Fuerza aplicada en los tornillos de la vía por el torque del motor .....	52
Figura 5.1.4.- DCL Motor.....	53
Figura 5.1.5.- DCL Soportes soldados de la mesa .....	56
Figura 5.1.6.a- DCL de la rueda motriz    Figura 5.1.6.b- DCL del eje motriz ...	59
Figura 5.1.6.c- Grafica de Esfuerzo Senoidal completamente invertido.....	60
Figura 5.1.8.a- Estructura base del sistema.....	62
Figura 5.1.8.b.- Vista del mayado mixto .....	63
Figura 5.1.8.c.- Simulación de cargas en el sistema. ....	63
Figura 5.1.8.d.- Simulación de los esfuerzos de Von Mises .....	64
Figura 5.1.8.e.- Simulación de desplazamientos en el sistema. ....	64
Figura 5.1.8.f.- Simulación de deformaciones unitarias estaticas.....	65
Figura 7.1.- Cadena tipo LF .....	71
Figura 7.2.- Piñón de tracción.      Figura 7.3.- Rueda loca o de reenvío. ....	72
Figura 7.4.- Vía de la cadena transportadora.....	72
Figura7.5.- Acoplamiento tipo Oldham. ....	72

## SÍMBOLOS Y ABREVIATURA

$I_{\text{arranque}}$ : Corriente de arranque.

$I_{\text{nominal}}$ : Corriente nominal.

$C_{\text{arranque}}$ : Par de carga de arranque.

$C_{\text{nominal}}$ : Par de carga nominal.

$f_{\text{cem}}$ : Fuerza contraelectromotriz.

NO: Normalmente abierto.

NC: Normalmente cerrado.

DC: Corriente Continua.

AC: Corriente Alterna.

PLC: Controlador Lógico Programable.

PID: Controlador Proporcional, Integral y Derivativo

RAM: Random Access Memory (Memoria de acceso aleatorio)

ROM: Read Only Memory (Memoria solo de lectura)

EPROM: Erasable and Programmable ROM (Borrable y programable ROM)

PC: Computador Personal.

VDU: Visual Display Unit (Unidad visual de display)

MHz: MegaHertz.

V: Voltios.

m: Metros.

pul: Pulgadas.

lb.: Libras.

N: Newton.

Kg.: Kilogramos.

rad: Radianes.

s: Segundos.

hp: Caballos de fuerza (horse power)

DCL: Diagrama de cuerpo libre.

# INTRODUCCIÓN

El Ingeniero de estudios y proyectos encuentra en las maquinas y aparatos de transporte un campo de actividad muy interesante y variado, con un carácter particular resultante a la vez de una combinación de la mecánica, electrónica, automatización y de la gran variedad de problemas y soluciones que ellos comportan.

Las industrias buscan constantemente la solución al problema de cómo manejar sus materiales, rápida y eficientemente, con el mínimo de retrasos debido a la falta de mano de obra o a percances de la maquinaria.

Los sistema de transportadores modernos ofrecen la respuesta a casi todos estos requisitos, y diariamente aumenta su importancia en todos los procedimientos industriales.

Debido a la diversidad de dichos procedimientos, los sistemas de transportadores también son muy distintos, para poder satisfacer los requisitos de cada uno.

Las cintas transportadoras tiene varias ventajas sobre los otros incluyendo mayor capacidad, menor consumo de potencia y mas bajos costos de explotación y conservación. Son igualmente útiles para manejar materiales a granel o en bultos, y todo material que no se adhiera a la cinta puede transportarse.

Muchos procesos existentes en la industria presentan una evolución secuencial con el tiempo; es decir, el estado actual en que esta el proceso depende del estado en que se encontraba en el instante anterior. Estos procesos pueden automatizarse usando un autómata programable.

Todo proceso que se pretende automatizar puede descomponerse para su análisis en dos partes: una operativa, que comprende las acciones que determinados elementos, como motores, cilindros neumáticos, válvulas, etc., realizan sobre el proceso, y una parte de control que programa las secuencias necesarias para la actuación de la parte operativa.

Es necesario, por tanto, contar con un método o herramienta que, partiendo de las especificaciones iniciales del proceso, permitan la integración de las partes operativas y la parte de control. Cuando la parte de control está realizada con un autómata programable, será el programa del usuario quien se encargue de realizar las secuencias que activan la parte operativa, en función del estado de las secuencias anteriores y de la información suministrada por el proceso.

# **CAPÍTULO I: ANTEPROYECTO**

## 1.1.- Motivación.

La inquietud de innovar y mejorar los laboratorios del Departamento de Automatización, para el reforzamiento de los conocimientos adquiridos, ha generado la propuesta de construir una cinta transportadora con la finalidad de recrear a escala un proceso industrial automatizado, permitiendo la interacción del estudiante con los diferentes sistemas de programación que se estudian en la escuela de Ingeniería Mecánica.

## 1.2.- Planteamiento del Problema.

El Departamento de Automatización de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en conjunto con sus profesores, se ha visto en la necesidad de ampliar, innovar y mejorar las condiciones de los laboratorios de Automática, Instrumentación y Controles Automáticos. Debido al creciente auge tecnológico se ha planteado construir una cinta transportadora automatizada aplicando tecnología de avanzada con el fin de recrear a escala diferentes procesos industriales que permita lograr un desarrollo íntegro de las capacidades cognitivas de los estudiantes.

## 1.3.- Objetivos.

### 1.3.1.- Objetivo general.

Desarrollar el diseño, construcción y automatización de una cinta transportadora para la realización de prácticas de laboratorio del departamento de automatización.

### 1.3.2.- Objetivos específicos.

- Desarrollar una investigación bibliográfica de los temas necesarios para el desarrollo del proyecto
- Buscar y seleccionar los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos necesario mas adecuados para la automatización del sistema
- Establecer una metodología de diseño que permita obtener varias propuestas de sistemas de transporte a ser estudiado
- Seleccionar el diseño que mejor se adapte al requerimiento
- Análisis y cálculos necesarios para la construcción del sistema
- Elaboración de planos del sistema
- Realizar la programación del PLC necesaria para el funcionamiento de la cinta transportadora
- Construcción y puesta en marcha de la cinta transportadora
- Establecer las posibles propuestas de practicas del laboratorios a efectuarse

### 1.4.- Alcances y Limitaciones.

#### 1.4.1.- Alcances.

- Partiendo de los equipos y componentes que se encuentran en el laboratorio, se estudiara de forma conceptual el sistema describiendo los componentes principales del equipo.
- La metodología de diseño estará conformada por el planteamiento de una necesidad, una tormenta de ideas seguido de una matriz morfológica, que nos permita seleccionar la propuesta mas adecuada por medio de criterios razonables.
- Del diseño seleccionado de la matriz morfológica se realizaran los análisis y cálculos necesarios para la construcción del equipo.



- Se realizaran los planos del sistema en los cuales se especificaran dimensiones y todos los componentes necesarios para la construcción.
- Para la puesta de marcha del sistema es necesario realizar la programación del PLC el cual controlara las funciones principales dinámicas de la cinta transportadora y del proceso a desarrollarse.
- Realizar la construcción y puesta en marcha del sistema dejando la posibilidad de que cada profesor pueda realizar las prácticas de laboratorios requeridas.

#### 1.4.2.- Limitaciones.

- La disponibilidad del personal técnico para la construcción de piezas mecánicas necesarias.
- Disponibilidad de un espacio físico amplio para la construcción y utilización de la cinta transportadora evitando incomodar las practicas de instrumentación realizadas durante el semestre.
- Verificar y probar los equipos disponibles existentes en el laboratorio con finalidad de saber cuales funcionan adecuadamente.
- Disponibilidad del tiempo y material bibliográfico para el desarrollo y construcción del sistema.
- Buscar los recursos económicos que ofrece la universidad mediante el Vicerrectorado Académico, La Facultad de Ingeniería y otros medios.

#### 1.5.- Antecedentes.

##### Trabajo de Ascenso para optar a la Categoría de asociado

**Prof. Wilmer Pereira (2004):** Trabajo en el desarrollo del aprendizaje evolutivo de un robot autónomo, para el cual trabajo dentro del proyecto de investigación de Mecanismos de Automatización en Robótica Autónoma y Telé

presencia, en la cual se desarrollaron dos robot prototipos (TEG) bajo algoritmo genético, como resultado obtuvieron que la conversión en los algoritmos genéticos no eran asegurada; como si ocurre en las técnicas utilizadas de aprendizaje por reforzamiento. Por ultimo los algoritmos genéticos son lentos en la fase de aprendizaje para ajustar la función de predicción. También encontraron que en algunas ocasiones tanto en las corridas de Q-Learning o como en corridas Value Iteración, ocurrían oscilaciones donde el robot virtual autónomo viajaba infinitamente entre dos o mas estados, sin nunca llegar a la meta. Al cambiar la política de recompensa y castigos, se resolvían el problema que provenía de un pernicioso balanceo de reforzamiento, que impedía al robot autónomo virtual salir de ese vínculo vicioso

### Trabajo de Grado

**Jose Antonio Jiménez Garelli, Luís Arturo Izaguirre Viera (2006):** En este trabajo de grado se planteo como objetivo principal el desarrollo de un sistema capaz de tomar decisiones que permitiese controlar un brazo robótico, con la finalidad de tomar un objeto y poder moverlo de un lugar a otro. Este sistema se bazo en el reconocimiento de patrones a través del procesamiento digital de imágenes obtenidas por medio de una cámara Web. El análisis de las imágenes se realizo empleando técnicas de Morfología matemáticas.

Para el desarrollo de este sistema se empleo una modificación del modelo lineal secuencial como metodología a seguir, la cual esta formada por las mismas etapas del modelo original (Levantamiento de información y Análisis, Diseño, Desarrollo, Pruebas y Depuración), rompiendo la linealidad del modelo en sus dos ultima fases, añadiéndole un bucle en su secuencia

Cumpliendo los objetivos propuestos se implementaron dos aplicaciones. La primera se encarga de procesar y analizar las imágenes obtenidas a través de de una cámara Web, lo que permite obtener características de objetos dentro de las imágenes. La segunda es una aplicación gestora que invoca a la aplicación de procesamiento de

imagen, cuyos resultados al ser analizados se utilizan para generar los movimientos que ejecuta el robot

#### Trabajo de Grado

**Eric C. Sanley Smith (2002):** El objetivo general de la investigación consistió en el desarrollo de una aplicación que reconociera patrones a través de la utilización de una cámara digital modelo Vision Command (Lego), para la captura digital de imágenes, e interactué con un robot modelo RCX 1.5 (Lego Mindstorm) programable. La metodología elegida sigue un enfoque de desarrollo iterativo. Dicho en foque consta de 5 etapas fundamentales: Identificación, Conceptualización, Formalización y Prueba, redefinición e integración. Durante la fase de desarrollo del prototipo, la actividad primordial consistió en el desarrollo del robot y la programación de la aplicación utilizando los distintos “ActiveX” necesarios para la comunicación con los diversos elementos hardware y software elegidos. Los resultados del experimento cumplieron con los objetivos y expectativas propuestos, ya que se logro una fusión entre robótica e inteligencia artificial aplicada al reconocimiento de patrones. Los resultados de esta combinación culminaron en una aplicación capaz de “leer” una orden al robot para realizar funciones específicas a partir de comandos que han sido suministrado por medio de la visualización digital de una imagen, seguido del análisis para el reconocimiento del patrón, esta función podría considerarse como un prototipo de sistema de navegación piloto automático rudimentario

#### Trabajo de Grado

**Oscar Hecfran Carrasqueño Zambrano, Eduardo Filacchione Mc Master (2002):** Este trabajo se baso en el diseño y construcción de un robot autónomo con el modulo RCX 1.0, que tuviera como meta principal realizar una tarea específica en un ambiente no predeterminado. Para ello se utilizo el kit Lego Mindstorms 1.0 el cual

es un sistema de invención diseñado para la inicialización de personas en el área de la robótica y que además de ser económicamente accesible, permite la utilización de protocolos comunicacionales basados en infrarrojos ya creados y actualmente en uso. Este kit incluye dos motores, dos sensores de contacto de luz y el bloque del microprocesador (Hitachi H8/300) que se denomina habitualmente “Ladrillo” o RCX (Con la memoria y los puertos de entrada/salida).

Durante la investigación se realizó una evaluación de los diferentes componentes, de hardware y de software, que facilitarían la construcción y el buen funcionamiento del robot basado en esta nueva tecnología de lego, que terminó en la utilización de sensores ultrasónicos para lograr procesar las percepciones del robot en el ambiente en el ambiente en que sería probado. En cuanto al software, se realizó un estudio de los diferentes firmwares disponibles en Intranet, que en consecuencia adaptarían el lenguaje de programación a utilizar en el desarrollo de los programas de usuarios que definirían el comportamiento del robot. La elección del mejor firmware se realizó tomando como base el que proporcionara la mayor cantidad de funcionalidades, y que a su vez, facilitaría el diseño un experimento con un mayor grado de complejidad.

En cuanto a la inteligencia del robot, se utilizaron las redes neuronales, específicamente la Teoría de Resonancia Adaptativa o red ART1, por las ventajas que presenta esta red en cuanto a las tareas de reconocimientos de patrones, que se reflejan en el equilibrio entre la plasticidad (Capacidad de Aprender nuevos patrones) y la estabilidad (Capacidad de retener los patrones aprendidos anteriormente) del aprendizaje.

Como último se desarrolló una aplicación que facilitara la comunicación del robot con un computador, lo cual permitió el envío de comandos hacia el robot y la recepción de la información obtenida por parte del mismo en su tarea a cabo en el área a explotar

Esto a su vez permitió el diseño y la elaboración de los experimentos, que consistieron en darle la factibilidad al robot (autónomo) de recorrer un ambiente evitando obstáculos, para lo cual debía ser entrenado para el reconocimiento de estos

(patrones); y como segundo experimento, la creación de un mapa de la zona explorada por el robot

#### Trabajo de Grado

**“Proyecto y construcción de un modelo experimental de control de nivel para el laboratorio de automática de la escuela de Ingeniería Mecánica.” Santiago Antón, Elizabeth Di Silvestre (1992):** En este trabajo se estudio los principios teóricos en el que se basa el funcionamiento de los controladores empleados en la mayoría de los procesos industriales y se elaboraron unas guías practicas donde se detallan los lazos de control de nivel, flujo, control en cascada, cuando el sistema esta sometido a una entrada representada por dos funciones típicas: el escalón unitario y la función rampa.

#### Trabajo de Grado

**“Implementación de un PLC en un sistema de regulación PID para el control de procesos de nivel, presión, temperatura y velocidad.” Pablo Mesa Centeno (2004):** En este trabajo especial de grado se sustituye un controlador industrial modelo Micon P-200 del fabricante Powell industries Inc., por un PLC (Controlador Lógico Programable) TSX Micro 3721001 del fabricante Telemecanique, para ello se desarrollo la programación y conexiones acordes con los requerimientos de los diferentes lazos de control.

Se elimina la ubicación de los instrumentos de control (gabinete de control) colocándolos en bases metálicas independientes y estas a su vez se fijaron sobre mesa-soporte móviles. Se hizo mantenimiento y los ajustes necesarios para poner operativos los distintos elementos constitutivos de los lazos de control.

Después de su instalación física se procedió a cablear eléctricamente todos los dispositivos incluyendo al PLC, para su funcionamiento conjunto.

Se propone un conjunto de prácticas de laboratorio que pueden ser usadas en varias de las materias del departamento de automática para mejor comprensión de los conceptos teóricos impartidos en dichas materias.

Se simuló el proceso de temperatura mediante un programa computacional para ayudarnos a conseguir los valores que permiten controlar, en forma estable, el proceso.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1.- Conceptos básicos.

#### 2.1.1.- Cinta Transportadora.

Una cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre ella es transportado hacia el tambor de retorno donde la banda se devuelve. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad.

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera. A menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés.

Las cintas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos informatizados de manejo de palés, permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en

los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Esta misma tecnología se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas y escaleras mecánica y en muchas cadenas de montaje industriales. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos comprados.

#### Ventajas:

Las ventajas que tiene la cinta transportadora son:

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar un variedad grande de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado
- Se puede desplazar

#### 2.1.2.- Motores eléctricos.

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. La mayoría de los motores eléctricos son reversibles, es decir, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores.

#### 2.1.3.- Principio de funcionamiento de un Motor Eléctrico.

Los motores de corriente alterna y los motores de corriente directa se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cuál establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo



magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor. El producto de la interacción de los campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha

#### 2.1.4.- Partes de un Motor Eléctrico.

Un motor simple tiene 6 partes, tal como se muestra en el diagrama:

- Una armadura o rotor.
- Un conmutador.
- Cepillos.
- Un eje.
- Un Imán de campo o estator.
- Una fuente de poder DC de algún tipo.

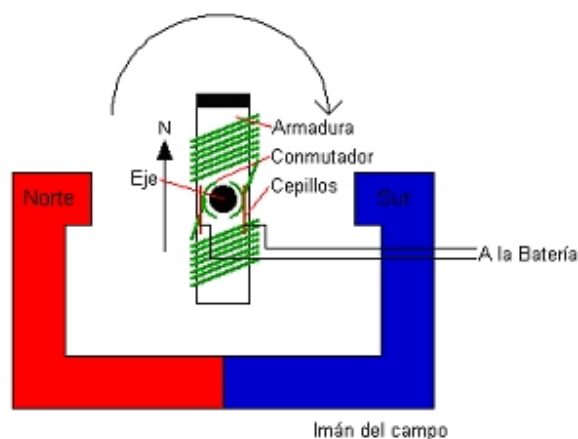


Figura 2.1.16 estructura de un motor

Según la naturaleza de la corriente eléctrica transformada, los motores eléctricos se clasifican en motores de corriente continua, también denominada directa, motores de corriente alterna, que, a su vez, se agrupan, según su sistema de funcionamiento, en motores de inducción, motores sincrónicos y motores de colector. Tanto unos como otros disponen de todos los elementos comunes a las máquinas rotativas electromagnéticas.

#### 2.1.5.- Rotor.

Es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea esta un motor o un generador eléctrico. El rotor está formado por un eje que soporta un juego de bobinas arrolladas sobre un núcleo magnético que puede girar dentro de un campo magnético creado bien por un imán o por el paso por otro juego de bobinas, arrolladas sobre unas piezas polares, que permanecen estáticas y que constituyen lo que se denomina estator de una corriente continua o alterna, dependiendo del tipo de máquina de que se trate

#### 2.1.6.- Estator.

Es una parte fija de una máquina rotativa, la cual alberga a el rotor, en los motores eléctricos el estator está compuesto por un imán natural (en pequeños motores de corriente continua) o por una o varias bobinas montadas sobre un núcleo metálico que generan un campo magnético en motores más potentes y de corriente alterna, también se les llama inductoras

### 2.2.- Dispositivos de protección y arranques de motor eléctricos.

#### 2.2.1.- Arrancadores.

Los arrancadores reúnen los elementos necesarios para controlar y proteger los motores eléctricos. De la elección de éstos depende el rendimiento de toda la

instalación: nivel de protección, funcionamiento con velocidad constante o variable, etc.

El arrancador garantiza las siguientes funciones:

- Seccionamiento.
- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Conmutación.

#### 2.2.2.- El Seccionamiento.

Para manipular las instalaciones o las máquinas y sus respectivos equipos eléctricos con total seguridad, es necesario disponer de medios que permitan aislar eléctricamente los circuitos de potencia y de control de la red de alimentación general.

Esta función, llamada seccionamiento, corresponde a:

- Seccionadores o interruptores seccionadores.

#### 2.2.3.- Interruptor.

Es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, tolerar e interrumpir corrientes en un circuito en condiciones normales, incluidas las condiciones especificadas de sobrecarga durante el servicio, y tolerar durante un tiempo determinado corrientes dentro de un circuito en las condiciones anómalas especificadas.

#### 2.2.4.- Protección contra cortocircuitos y sobrecargas.

Con el fin de evitar accidentes que dañen los componentes o perturben la red de alimentación, todos los Arrancadores deben incluir obligatoriamente: protección contra los cortocircuitos, para detectar y cortar lo antes posible las corrientes anómalas. Protección contra las sobrecargas, para detectar los aumentos de corriente

cortar el arranque antes de que el recalentamiento del motor y de los conductores dañe los aislantes.

- aparatos específicos: seccionadores portafusibles, disyuntores, relés de protección y relés de medida,

#### 2.2.5.- Fusibles.

Son mecanismos que proporcionan una protección fase a fase, con un poder de corte muy elevado y un volumen reducido.

#### 2.2.6.- Relé térmico.

Es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bimetales, bajo el efecto de la temperatura, para accionar, cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

#### 2.2.7.- El bimetal.

Está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. El calor necesario para curvar o reflexionar la lámina bimetálica es producido por una resistencia, arrollada alrededor del bimetal, que está cubierto con asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor.

#### 2.2.8.- Relés temporizadores térmicos.

Tienen dos funciones: controlar, desde que se ponen bajo tensión mediante un contacto auxiliar, que las operaciones no duren más de lo previsto, temporizar las acciones de los relés midiendo la corriente o la tensión.

#### 2.2.9.- La conmutación.

Consiste en establecer, cortar y, en el caso de la variación de velocidad, ajustar el valor de la corriente absorbida por un motor. Según las necesidades, esta función puede realizarse con aparatos,

- Electromecánicos: contactores, contactores disyuntores y disyuntores motores,
- Electrónicos: relés y contactores estáticos, arrancadores ralentizadores progresivos, variadores y reguladores de velocidad.

#### 2.2.10.- Contactor.

Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

#### 2.2.11.- Bobina.

Es un arrollamiento de cable de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes se separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.

#### 2.2.12.- Contactos.

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Estos contactos se pueden encontrar de la siguiente forma: Normalmente cerrados (NC), Normalmente abiertos (NO), Contactos de aperturas temporizados y contactos de cierre temporizados

#### 2.2.13.- Disyuntor o interruptor automático.

Es un aparato capaz de abrir un circuito magnéticos cuando la intensidad que por él circula excede de un determinado valor, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- Calibre o corriente nominal: Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.
- Voltaje máximo de trabajo.
- Poder de Corte: Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.
- Poder de Cierre: Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- Número de Polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático.

#### 2.2.14.- Variadores de Velocidad.

Son convertidores de energía encargados de modular la energía eléctrica que recibe el motor. Los tipos de variadores más habituales son:

- *Rectificador controlado*: Suministra corriente continua a partir de una red alterna monofásica o trifásica y controla el valor medio de la tensión. La variación de dicha tensión se obtiene mediante la modificación del ángulo de retardo en el momento del cebado de los semiconductores de potencia. Este tipo de variador se utiliza para alimentar motores de corriente continua, generalmente de excitación separada.
- *Convertidor de frecuencia*: Suministra tensión alterna a partir de una red alterna monofásica o trifásica de frecuencia fija, con valor eficaz y frecuencia variables según una ley U/f constante. Se utiliza como variador de velocidad para motores asíncronos de jaula.
- *Regulador de tensión*: Suministra corriente alterna a partir de una red alterna monofásica o trifásica, con la misma frecuencia fija que la red y controlando el valor eficaz de la tensión. La variación de dicha tensión se obtiene mediante la modificación del ángulo de retardo en el momento del cebado de los semiconductores de potencia. Generalmente, se utiliza como arrancador progresivo para motores asíncronos de jaula estándar, siempre que no requieran un par de arranque elevado.

#### 2.2.15.- Arranque directo.

Se trata del modo de arranque más sencillo en el que el estator se acopla directamente a la red. El motor se basa en sus características naturales para arrancar. En el momento de la puesta bajo tensión, el motor actúa como un transformador cuyo secundario, formado por la jaula muy poco resistente del rotor, está en cortocircuito. La corriente inducida en el rotor es importante. La corriente primaria y la secundaria son prácticamente proporcionales. Por tanto, se obtiene una punta de corriente importante en la red:

$$I_{\text{arranque}} = 5 \text{ a } 8 I_{\text{nominal}}$$

El par de arranque medio es:

$$C_{\text{arranque}} = 0,5 \text{ a } 1,5 C_{\text{nominal}}$$

A pesar de las ventajas que conlleva (sencillez del equipo, elevado par de arranque, arranque rápido, bajo coste), sólo es posible utilizar el arranque directo en los siguientes casos:

- la potencia del motor es débil con respecto a la de la red, para limitar las perturbaciones que provoca la corriente solicitada.
- la máquina accionada no requiere un aumento progresivo de velocidad y dispone de un dispositivo mecánico (por ejemplo, un reductor) que impide el arranque brusco,
- el par de arranque debe ser elevado.

Por el contrario, siempre que:

- la caída de tensión provocada por la corriente solicitada pueda perturbar el buen funcionamiento de otros aparatos conectados a la misma línea,
- la máquina accionada no pueda admitir sacudidas mecánicas,
- la seguridad o la comodidad de los usuarios se vea comprometida (por ejemplo, en el caso de las escaleras mecánicas), será imprescindible recurrir a una artimaña para disminuir la corriente solicitada o el par de arranque.

En estos casos, el medio más utilizado consiste en arrancar el motor bajo tensión reducida.

#### 2.2.16.- Arranque estrella-triángulo.

Sólo es posible utilizar este modo de arranque en motores en los que las dos extremidades de cada uno de los tres devanados estatóricos vuelvan a la placa de bornas. Por otra parte, el bobinado debe realizarse de manera que el acoplamiento en triángulo corresponda con la tensión de la red: por ejemplo, en el caso de una red trifásica de 380 V, es preciso utilizar un motor bobinado a 380 V en triángulo y 660 V en estrella. El principio consiste en arrancar el motor acoplando los devanados en estrella a la tensión de la red, lo que equivale a dividir la tensión nominal del motor en estrella por 3 (en el ejemplo anterior, la tensión de la red 380 V = 660 V/3). La punta de corriente durante el arranque se divide por 3:  $I_{\text{arranque}} = 1,5 \text{ a } 2,6 I_{\text{nominal}}$



Un motor de 380 V/660 V acoplado en estrella a su tensión nominal de 660 V absorbe una corriente 3 veces menor que si se acopla en triángulo a 380 V. Dado que el acoplamiento en estrella se realiza a 380 V, la corriente se divide nuevamente por 3. Por tanto, se divide por un total de 3. El par de arranque se divide igualmente por 3, ya que es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación:  $C_{\text{arranque}} = 0,2 \text{ a } 0,5 C_{\text{nominal}}$

La velocidad del motor se estabiliza cuando se equilibran el par del motor y el par resistente, normalmente entre el 75 y 85% de la velocidad nominal. En ese momento, los devanados se acoplan en triángulo y el motor rinde según sus características naturales. Un temporizador se encarga de controlar la transición del acoplamiento en estrella al acoplamiento en triángulo. El cierre del contactor de triángulo se produce con un retardo de 30 a 50 milisegundos tras la apertura del contactor de estrella, lo que evita un cortocircuito entre fases al no poder encontrarse ambos cerrados al mismo tiempo.

La corriente que recorre los devanados se interrumpe con la apertura del contactor de estrella y se restablece con el cierre del contactor de triángulo.

El arranque estrella-triángulo es apropiado para las máquinas cuyo par resistente es débil o que arrancan en vacío. Dependiendo del régimen transitorio en el momento del acoplamiento en triángulo, puede ser necesario utilizar una variante que limite los fenómenos transitorios cuando se supera cierta potencia:

- Temporización de 1 a 2 segundos al paso estrella-triángulo. Esta medida permite disminuir la  $f_{cm}$  y, por tanto, la punta de corriente transitoria. Esta variante sólo puede utilizarse en máquinas cuya inercia sea suficiente para evitar una deceleración excesiva durante la temporización.
- Arranque en 3 tiempos: estrella-triángulo más resistencia-triángulo. El corte se mantiene, pero la resistencia se pone en serie aproximadamente durante tres segundos con los devanados acoplados en triángulo. Esta medida reduce la punta de corriente transitoria.
- Arranque en estrella-triángulo más resistencia-triángulo sin corte. La resistencia se pone en serie con los devanados inmediatamente antes de la

apertura del contactor de estrella. Esta medida evita cualquier corte de corriente y, por tanto, la aparición de fenómenos transitorios. El uso de estas variantes conlleva la instalación de componentes adicionales y el consiguiente aumento del coste total.

## 2.3.- Dispositivos de Automatización.

### 2.3.1.- Controlador Lógico Programable.

Un controlador lógico programable es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, sincronización, conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos que se han diseñado específicamente para programarse con facilidad. Este tipo de procesadores se denominan lógicos debido a que la programación tiene que ver principalmente con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. Los dispositivos de entrada (como interruptores) y los dispositivos de salida (como motores) que están bajo control se conectan al PLC y después el controlador monitorea las entradas y salidas de acuerdo con el programa almacenado por el operador en el PLC con el que controla máquinas o procesos. En un principio, el propósito de estos controladores fue sustituir la conexión física de relevadores, permitiendo modificar los sistemas de control sin tener que volver a alambrar las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondiente para realizar los cambios del proceso

Los PLC son similares a los computadores, pero tiene las características específicas que permite su empleo como controladores. Estas características son:

- Son más robustos y están diseñado para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
- La interfase para las entradas y las salidas están dentro del controlador

- Es muy fácil programarlos, así como entender el lenguaje de programación. La programación básicamente consiste en operaciones de lógicas y conmutación

La estructura básica de un PLC en esencia, consiste en una unidad central de procesamiento (CPU), memoria y circuitos de entrada/salida. El CPU controla y procesa todas las operaciones dentro del PLC. Cuenta con un temporizador cuya frecuencia típica es entre 1 y 8 MHz. Esta frecuencia determina la velocidad de operación del PLC y es la fuente de temporización y sincronización de todos los elementos del sistema. Un sistema de buses lleva información y datos desde y hacia el CPU, la memoria y las unidades de entradas/salidas. Los elementos de la memoria son: una ROM para guardar en forma permanente la información del sistema operativo y datos corregidos; una RAM para el programa del usuario y memoria buffer temporal para los canales de entrada/salida

El usuario puede modificar los programas en la RAM. Sin embargo, para evitar que estos programas se pierdan durante una interrupción del suministro de energía eléctrica, en el PLC se utiliza una batería para mantener el contenido de la RAM, se puede cargar en un chip de memoria EPROM para que quede guardado de manera permanente. Las especificaciones de PLC pequeños con frecuencia indican la capacidad de la memoria del programa en función de la cantidad de pasos de programa que es posible guardar. Un paso de programa es la instrucción para que ocurra cierto evento. El programa puede consistir en varios pasos; por ejemplo: examinar el estado del interruptor A y del interruptor B; si A y B están cerrados entonces dar energía al solenoide P, lo que tal vez resulte en la operación de un actuador. Cuando esto ocurre, puede iniciar otra tarea. Por lo general un PLC pequeño puede manejar de 300 a 1000 pasos, mas que suficiente para la mayoría de las aplicaciones de control.

### 2.3.2.- Entradas/Salidas.

La unidad de entrada/salida es la interfase entre el sistema y el mundo externo. Para introducir programas en esta unidad se usa un tablero, que puede variar de un pequeño teclado con pantalla de cristal líquido, a los que usan unidades de representación visual (VDU visual display unit) con teclado y pantalla. También es posible introducir los programas al sistema mediante un enlace con una computadora personal (PC) que se encarga con un paquete de software apropiado.

Los canales de entradas/salidas proporcionan funciones para el acondicionamiento y aislamiento de señales, lo que permite conectarlos directamente a sensores y actuadores, sin necesidad de otros circuitos. Los voltajes de entrada comunes son 24 y 120V.

Los Voltajes comunes de salida son 24 V, 110V y 240V la especificación del tipo de salida generalmente es del tipo relevador, tipo transistor o tipo triac. En el tipo relevador, la señal de salida del PLC se utiliza para operar un relevador, por lo que este es capaz de conmutar corrientes del orden de unos pocos amperes en un circuito externo. El relevador aísla al PLC del circuito externo, y se emplea tanto para la conmutación de DC como la de AC. Sin embargo los relevadores funcionan con relativa lentitud. En la salida tipo transistor se utiliza un transistor para conmutar corriente a través de un circuito externo. El transistor realiza la conmutación con mayor rapidez. La salida tipo transistores solo se utiliza en la conmutación de DC. Las salidas triac se usan para controlar cargas externas que se conectan a la fuente de alimentación de AC.

### 2.3.3.- Sensores.

Es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo temperatura, intensidad luminosa, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión,

fuerza, torsión, humedad, entre otras. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica, una tensión eléctrica, una corriente eléctrica.

#### 2.3.4.- Sensores Inductivos.

Son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto, como por ejemplo, control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo.

#### 2.3.5.- Sensor fotoeléctrico.

Es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

#### 2.3.6.- Final de carrera o sensor de contacto.

También conocido como interruptor de límite, son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

### 2.3.7.- Sensores Capacitivos.

Son dispositivos eléctricos que detectan la diferencia de capacitancia en un capacitador de placas paralelas, esto ocurre al modificar la posición del dieléctrico que se encuentran entre las placas. Una forma de sensor de proximidad capacitivo consta de una sola placa de prueba del capacitor y otra placa viene a ser el objeto, que debe ser metálico, conforme el objeto se aproxima, la separación entre placas también se modifica, la cual se resulta significativa y detectable cuando el objeto esta cerca de la placa de prueba.

## 2.4.- Diseño de elementos Mecánico.

### 2.4.1.- Bandas.

Una banda es un elemento flexible de transmisión de potencia que asienta firmemente en un conjunto de poleas planas o acanaladas. Estas se diseñan para que no exista resbalamiento y se coloca entre las dos poleas, mientras que se reduce la distancia entre centros, luego se separan y se pone la banda en una tensión alta

### 2.4.2.- Cadenas.

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos por pernos. Este diseño permite tener flexibilidad y transmite grandes fuerzas de tensión. El tipo de cadena más común es la cadena de rodillos, en la que el rodillo sobre cada perno permite tener una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las catarina. Existen otros tipos que comprenden una variedad de diseños de eslabones extendidos y se usan principalmente en aplicaciones de transporte.

#### 2.4.3.- Acoples.

Son dispositivos que se utilizan para unir dos ejes en sus extremos, con el fin de transmitir potencia. Existen dos tipos generales de acoples:

- *Los acoples rígidos:* se diseñan para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para cierto tipo de equipos en los cuales se requiere una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse. En tales casos, el acople debe diseñarse de manera que sea capaz de transmitir el torque en los ejes. Estos acoples se fijan al eje mediante tornillos, pernos, prisioneros o cuñas.
- *Los acoples flexibles:* son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad en tanto permiten cierta desalineación axial, radial y angular. La flexibilidad es tal que, cuando ocurre una desalineación, las piezas del acople se mueven sin ningún o una mínima resistencia. En consecuencia no se desarrollan tensiones significativas por flexión en el eje.

#### 2.4.4.- Afianzadores.

Es cualquier dispositivo que se utilice para conectar o unir dos o mas componentes.

#### 2.4.5.- Cuñas de unión.

Es un componente de maquinaria que se coloca en la interfase entre el eje y el acople. Se instala dentro de una ranura axial que se maquina en el eje, la cual se denomina cuñero, a una ranura similar en la pieza de acople que se le denomina asiento de la cuña o a un tornillo de ajuste el cual se apoya en la superficie del eje.

#### 2.4.6.- Tornillos de ajuste.

Es un afianzador con cuerda que se inserta de manera radial a través del acople para que se apoye en la superficie externa del eje. La punta del tornillo de ajuste es plana, ovalada, con forma cónica, combada, o bien presenta cualquier forma bien patentada. La punta se apoya en el eje o penetra ligeramente en su superficie, en consecuencia, el tornillo de ajuste transmite torque mediante la fricción entre la punta y el eje, o bien, por la resistencia del material ante el esfuerzo de corte.

#### 2.4.7.- Perno.

Es un afianzador provisto de cuerdas que se diseña de manera que pase a través de orificios en las piezas que se enlazan y se asegure al apretar con una tuerca desde el extremo opuesto a la cabeza del perno.

#### 2.4.8.- Tornillo.

Es un afianzador que se diseña para ser insertado a través de un orificio provisto de una cuerda en una pieza que se va a enlazar con otra. El orificio con cuerda puede hacerse ya sea mediante un machuelo hembra, o bien lo forma el propio tornillo al forzarlo a que entre en el material.

#### 2.4.9.- Pernos prisioneros.

Es un tornillo que se introduce Radialmente en un cubo, para descansar en la superficie exterior de un eje. La punta del prisionero es plana, ovalada, cónica, ahuecada o con alguna otra forma patentada; Oprime al eje o penetra un poco en su superficie. Así el prisionero transmite el par torcional entre su punta y el eje o por la resistencia del material de corte



#### 2.4.10.- Remache.

Es un cierre mecánico que consiste en un tubo cilíndrico (el vástago) que en su fin dispone de una cabeza de un diámetro mayor al resto del remache, para que así al introducir éste en un agujero quede encajado. Se usa con el fin de unir dos piezas distintas, sean o no del mismo material.

#### 2.4.11.- Soldadura.

Es un proceso que se define como la fusión y coalescencia mutua de los materiales mediante el calor. La energía térmica requerida en estas operaciones de soldadura se suele suministrar por medios químicos o electrónicos. Se puede usar o no metales de aporte o de relleno, que son los metales que se agregan a la zona de soldadura durante la operación.

La soldadura por arco eléctrico se genera tocando la pieza con la punta de un electrodo recubierto y retirándola con rapidez a la distancia de la superficie para mantener el arco. Los electrodos tienen la forma de una varilla delgada y larga. El calor generado funde una parte de la punta de su electrodo, su recubrimiento, y el metal base en la zona inmediata del arco. Se forma una soldadura cuando se solidifica el metal fundido, una mezcla del metal base (el de la pieza), el metal del electrodo y la sustancia del recubrimiento del electrodo, solidifican en el área de la soldadura.

### 2.5.- Definiciones de Diseño conceptual.

#### 2.5.1.- Diseño Conceptual.

Es un proceso de generación de soluciones en el cual se parte de un problema planteado, se generan soluciones a través de la llamada tormenta de ideas, se evalúan dichas soluciones y se escoge la más adecuada.

### 2.5.2.- Tormentas de ideas.

Es un proceso de búsqueda de ideas para solucionar un problema dado. En este proceso se generan varias soluciones las cuales se deben evaluar con el fin de elegir la más óptima.

### 2.5.3.- Matriz Morfológica.

Es una herramienta de diseño que nos permite evaluar, comparar y elegir la solución más adecuada, utilizando los criterios de selección establecidos.

### 2.5.4.- Criterios de Selección.

Son criterios mediante los cuales evaluaremos las soluciones en la matriz morfológica. Los criterios que se establecieron para la evaluación son:

- 1.-*Facilidad de instalación*: El diseño escogido sea de fácil instalación y en el menor tiempo posible.
- 2.-*Costo de implementación*: Se refiere al costo de los materiales y mano de obra para poner en práctica la alternativa.
- 3.-*Funcionalidad*: Se evalúa que el diseño sea simple y eficaz con los requerimientos de funcionamiento del mecanismo.
- 4.-*Adaptabilidad a cambio en el futuro*: Consiste en la posibilidad de agregar otros equipos o cambios de algún componente para aumentar su funcionalidad y el rango de aplicación docente en el desarrollo cognoscitivo del estudiante.
- 5.-*Ergonomía*: Se estudia el mejor diseño que se adapte a la postura del personal que opere el sistema de modo de que sea lo más confortable posible.
- 6.-*Mantenimiento del sistema*: Se refiere a la necesidad que tienen los componentes del mecanismo de realizársele mantenimiento preventivo, predictivo y su dificultad técnica de operación.

7.-*Sencillez de fabricación*: Que la elaboración de la alternativa será la mas fácil posible

8.-*Estética*: Este consiste que el diseño desarrollado sea lo mas acorde con la infraestructura, en cuanto al espacio suministrado para colocar el sistema como el impacto visual que genere

9.-*Seguridad*: Se verifica que el diseño sea lo mas seguro, de modo de garantizar el bienestar físico del personal al operar el sistema

En la siguiente tabla se muestra los criterios de evaluación de las alternativas a considerar con el nivel de jerarquía de cada una de ellas.

<b>Nº</b>	<b>Criterio</b>	<b>Jerarquía</b>
1	Facilidad de instalación	5
2	Costo de implementación	5
3	Funcionalidad	4
4	Adaptabilidad a cambios a futuro	3
5	Ergonomía	3
6	Mantenimiento del sistema	4
7	Sencillez de fabricación	4
8	Estética	3
9	Seguridad	5

*Tabla 2.5.4.- Jerarquía de los criterios de selección.*

La jerarquía del criterio se establece según la siguiente escala

1. No importante
2. Poco importante
3. Medianamente importante

4. Importante
5. Muy importante

La evaluación de las alternativas por cada criterio se realiza con la escala a continuación:

1. Pésimo
2. Malo
3. Regular
4. Bueno
5. Excelente

## CAPÍTULO III: DISEÑO CONCEPTUAL

En este capítulo se busca desarrollar soluciones al problema planteado previamente en el Capítulo I (1.2.- Planteamiento del Problema) de este trabajo de Grado. Esto se realizó mediante el proceso de generación de ideas por medio de la llamada Tormenta de ideas, luego se evaluó mediante criterios previamente nombrados en el Capítulo II (2.5.4.- Criterios de Selección) en una Matriz Morfológica.

### 3.1.- Tormenta de ideas.

La tormenta de idea fue desarrollada por el conjunto de profesores del departamento de Automatización, y estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica; Las ideas fueron clasificadas y seleccionadas, luego se tomaron en consideración las más factibles a aplicar bajo los criterios de uso de materiales y de recursos.

El diseño planteado consta de un sistema de transporte, el cual permite desplazar un objeto de forma horizontal a lo largo de un recorrido pasando por diferentes tipos sensores (Inductivos, Fotoeléctricos) censando según su especificación su paso a través de él, enviando la información al PLC que ejecuta una acción sobre el motor, que es el encargado de generar el movimiento. El sistema tiene que estar diseñado de forma tal que se puedan elaborar las prácticas de Automatización como Joggin, inversión de giro y diferentes tipos de arranque.

El cableado tiene que ser fijo y solo se podrá realizar las prácticas por medio de programación del PLC, que estará colocado en un gabinete, El interfaz Humano máquina será a través de un tablero que poseerá interruptores, luces pilotos que indicara el estado del sistema

### 3.1.1.- Diseños Planteados de Cintas Transportadoras.

- Diseño 1: El movimiento horizontal es proporcionado por una banda transportadora de goma, la cual posee dos rodillos, uno motriz que es el encargado de suministrar movimiento y otro rodillo libre que es el encargado de realizar el retorno. El motor hace mover al rodillo motriz por medio de un acople directo al eje del motor.
- Diseño 2: El movimiento horizontal es proporcionado por una banda transportadora de goma, la cual posee dos rodillos, uno motriz que es el encargado de suministrar movimiento y otro rodillo libre que es el encargado de realizar el retorno. Para producir el movimiento del rodillo motriz se utilizara un motor acoplado mediante un mecanismo de transmisión por correa.
- Diseño 3: El movimiento horizontal es proporcionado por una banda transportadora de goma, la cual posee dos rodillos, uno motriz que es el encargado de suministrar movimiento y otro rodillo libre que es el encargado de realizar el retorno. Para producir el movimiento del rodillo motriz se utilizara un motor acoplado mediante un mecanismo de transmisión por cadenas.
- Diseño 4: Es un sistema en el cual se utilizara en vez de banda de gomas una correa de plástico formada por eslabones, los cuales forman una especie de cadena. Este sistema es llamado sistema de transporte por cadena. Para producir el movimiento de la cadena se utiliza un engranaje motriz y una polea loca la cual hace el retorno. El engranaje motriz se colocara a un eje que a su vez ira acoplado a un motor, mediante un mecanismo de acople directo.

- Diseño 5: Es un sistema de transporte por cadena, en el cual el eje del engranaje motriz va acoplado a un motor, mediante un mecanismo de transmisión por correa.
- Diseño 6: Es un sistema de transporte por cadena, en el cual el eje del engranaje motriz va acoplado a un motor, mediante un mecanismo de transmisión por cadenas.

### 3.1.2.- Diseño de soportes de la vía.

- Soporte 1: La vía se apoya sobre unos bípode directamente al suelo.
- Soporte 2: La vía se apoya sobre unas bases de madera o goma, que sirven de sujeción a una mesa de madera.
- Soporte 3: La vía se fija por medio de unos ángulos de acero inoxidable sujeta por pernos a la mesa.

### 3.2.- Criterios de Selección.

Los Criterios que se usaron para la selección del diseño más óptimo, se explicaron previamente en el Capítulo II; facilidad de instalación, costo de implementación, funcionalidad, adaptabilidad a cambios en el futuro, ergonomía, mantenimiento del sistema, sencillez de fabricación, estética y seguridad.

### 3.3.- Matriz Morfológica.

#### 3.3.1.- Matriz Morfológica de selección de Diseños.

Nº	Criterios	Jerarquía	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
1	Facilidad de instalación	5	3	2	2
2	Costo de implementación	5	3	4	3
3	Funcionalidad	4	4	3	3
4	Adaptabilidad a cambios a futuro	3	3	2	2
5	Ergonomía	3	4	4	4
6	Mantenimiento del sistema	4	3	3	2
7	Sencillez de fabricación	4	4	3	3
8	Estética	3	4	4	4
9	Seguridad	5	5	4	3
	<b>Total</b>		<b>33</b>	<b>29</b>	<b>26</b>

Tabla 3.3.1.- Matriz Morfológica de selección de Diseños Parte 1

Nº	Criterios	Jerarquía	Diseño 4	Diseño 5	Diseño 6
1	Facilidad de instalación	5	5	4	4
2	Costo de implementación	5	4	4	3
3	Funcionalidad	4	5	4	3
4	Adaptabilidad a cambios a futuro	3	3	2	2
5	Ergonomía	3	4	4	4
6	Mantenimiento del sistema	4	5	4	3
7	Sencillez de fabricación	4	5	3	3
8	Estética	3	5	4	4
9	Seguridad	5	5	4	3
	<b>Total</b>		<b>41</b>	<b>33</b>	<b>29</b>

Tabla 3.3.1.2.- Matriz Morfológica de selección de Diseños Parte 2

De la Matriz Morfológica se observó que el *Diseño 4*: sistema de transporte por cadena, en el cual el eje del engranaje motriz va acoplado a un motor, mediante un mecanismo de acople directo, fue el que obtuvo mayor puntuación y



por ende es el diseño mas óptimo. Este diseño fue el escogido para desarrollar este Trabajo de Grado.

3.3.2.- Matriz Morfológica de selección de soportes de la vía.

Nº	Criterios	Jerarquía	Soporte 1	Soporte 2	Soporte 3
1	Facilidad de instalación	5	5	4	4
2	Costo de implementación	5	2	5	3
3	Funcionalidad	4	2	5	5
4	Adaptabilidad a cambios a futuro	3	3	4	4
5	Ergonomía	3	3	5	5
6	Mantenimiento del sistema	4	4	4	4
7	Sencillez de fabricación	4	3	4	4
8	Estética	3	3	4	3
9	Seguridad	5	2	4	3
	<b>Total</b>		<b>27</b>	<b>39</b>	<b>35</b>

*Tabla 3.3.2.- Matriz Morfológica de selección de soportes de la vía.*

De la matriz Morfológica se observó que el *Soporte 2*: la vía se apoya sobre unas bases de madera o goma, que sirven de sujeción a una mesa de madera, fue la que obtuvo mayor puntuación y por ellos es la que se usó.

## CAPÍTULO IV: DISEÑO BÁSICO

En este Capitulo se desarrolló la configuración del sistema a ser instalado y los planos previos a la construcción del proyecto.

### 4.1.- Configuración del sistema.

De el Diseño seleccionado en el Capitulo III, se estudió la configuración del sistema tanto mecánico como la del sistema de automatización y control, que se utilizo para este Trabajo de Grado.

#### 4.1.1.- Configuración del Sistema de Automatización y Control.

El sistema esta constituido por seis sensores de tipo: Fotoeléctrico e Inductivo de Proximidad ubicados a lo largo del recorrido de la cadena transportadora. Un panel o interfaz humano maquina ubicado en un gabinete el cual posee doce Luces pilotos y nueve pulsadores distribuido de la siguiente manera:

#### Pulsadores:

- Quince pulsadores normalmente abierto para control
- Un Pulsador normalmente cerrado para realizar parada de emergencia

#### Luces:

- Veinte luces pilotos de color amarillo.
- Una luz piloto de color verde que indica que esta encendido el sistema.
- Una luz piloto de color rojo que indica que se activo la parada de emergencia.

### Gabinete

El Gabinete es el encargado de resguardar el sistema de protección, arranque y control del sistema, se contó con:

- Un gabinete de control, el cual contiene el PLC, las borneras, los relé, el cableado y el interfaz humano-máquina en la tapa frontal.
- Un gabinete de potencia, el cual contiene el disyuntor seccionador, el Variador de frecuencia y las borneras.

El sistema automático fue diseñado con el fin de realizar las prácticas de automatización y PLC con los componentes antes mencionado, dejando la posibilidad de realizar diversos tipos de arranque, Joggin, inversión de giro, encendido y apagado de luces, entre otras.

#### 4.1.2.- Configuración del Sistema Mecánico.

El Sistema Mecánico esta constituido por una cadena de plástico formada por eslabones, un engranaje motriz en uno de sus extremos y una polea loca, al extremo contrario, la cual hace el retorno. Este sistema se encuentra instalado sobre una vía de acero inoxidable que están apoyados sobre unas bases que sirven de sujeción a la mesa y dan altura al eje del engranaje motriz para ser acoplado al eje del motor directamente por un acoplamiento Oldham (*Dinámica de Máquinas; León, Juan*) o también llamado en la industria acoples tipo “L”. Al eje del engranaje motriz se le colocaron dos rodamientos, por la parte inferior se añadieron rodillos de retorno con el fin de asegurar el ángulo de entrada de la cadena al engranaje y a la parte superior de las vías se le colocó un material de fricción por donde descansa la cadena.

El motor se fijara a la mesa mediante cuatro pernos y entre la superficie de la mesa y el motor se colocó una goma, la cual nos asegura la altura necesaria para acoplar los ejes. El Gabinete va sujeto a la mesa mediante pernos y se colocó una

goma entre este y la mesa. La mesa es de madera con una estructura metálica de perfil “L” en acero.

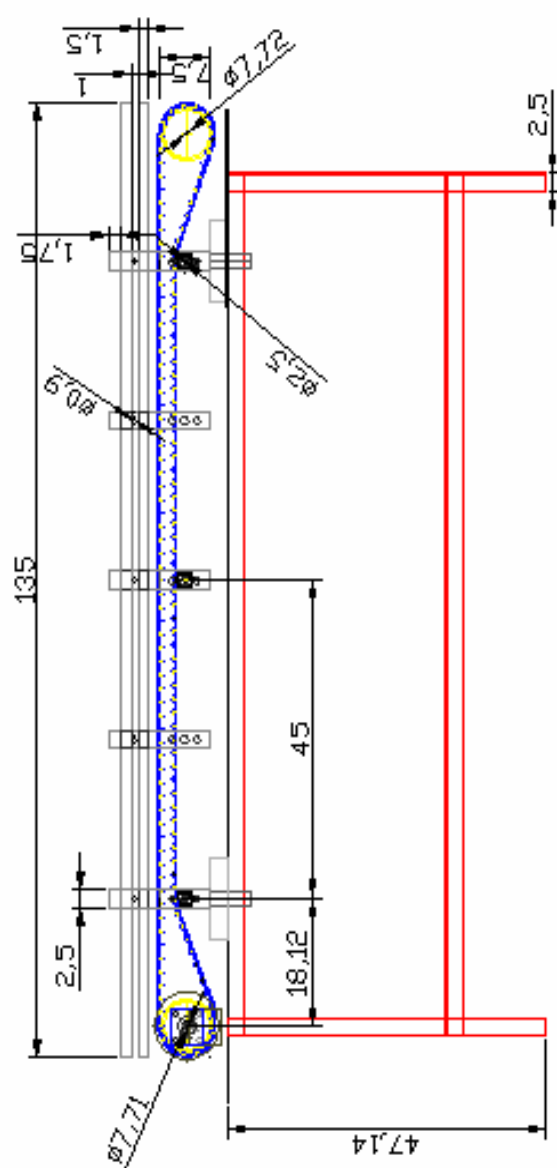
#### 4.1.3.- Configuraciones Mecánicas Específicas.

*Soportes;* este debe contar con una altura de 5 cm. para garantizar el acople entre ejes. Este debe ser cuadrado de 15 cm. por lado y de un material que se estudiara su selección por su resistencia mecánica en el próximo Capítulo. Este se encuentra situado entre la vía y la mesa y se fija por medio de unos pernos que lo atraviesa y se aprietan por debajo de la mesa.

*Goma de base de motor;* esta debe tener una altura de 2,54 cm para asegurar el acople entre ejes.

#### 4.2.- Planos.

Se realizaron los planos previos a la construcción los cuales tienen las especificaciones necesarias y detalles del proyecto.

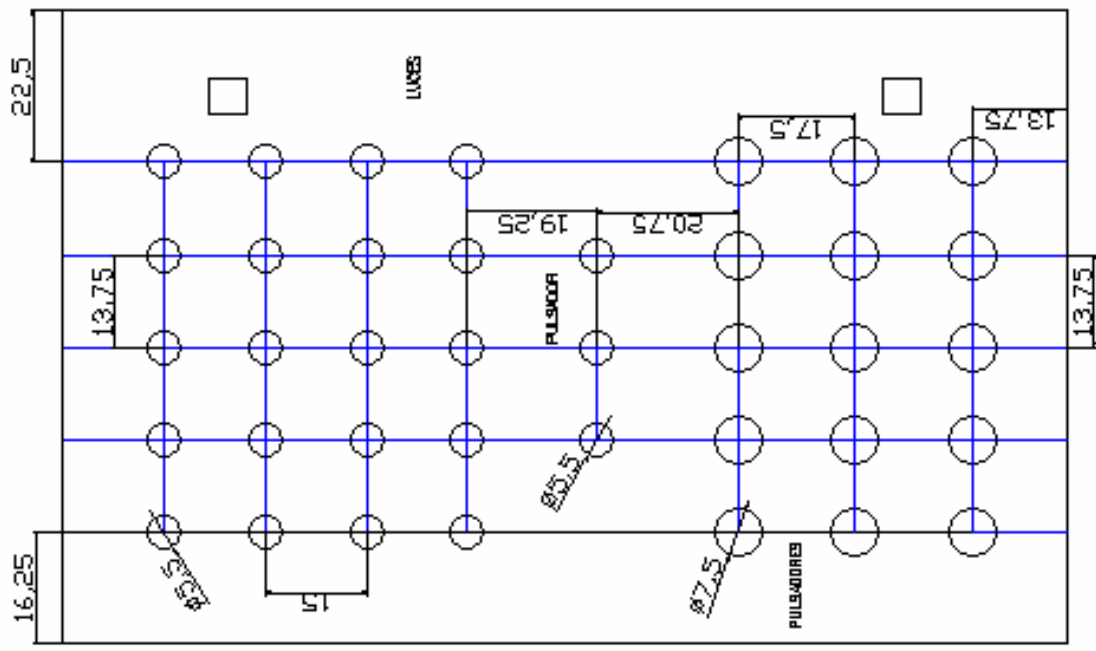


medidas en mm.

PLANO	152	152	1	A
USO	AUTOMER			
USO	AUTOMER			
PROYECTO	CAJENA TRANSFRONTADORA			
LIBRO	VISTA FRONTAL POSTERIOR			
FECHA	11/06/04			
PROYECTISTA	MARTIN FERRAS			
REVISOR	MARTIN FERRAS			
APROBADO	MARTIN FERRAS			
ESCALA	1:1			



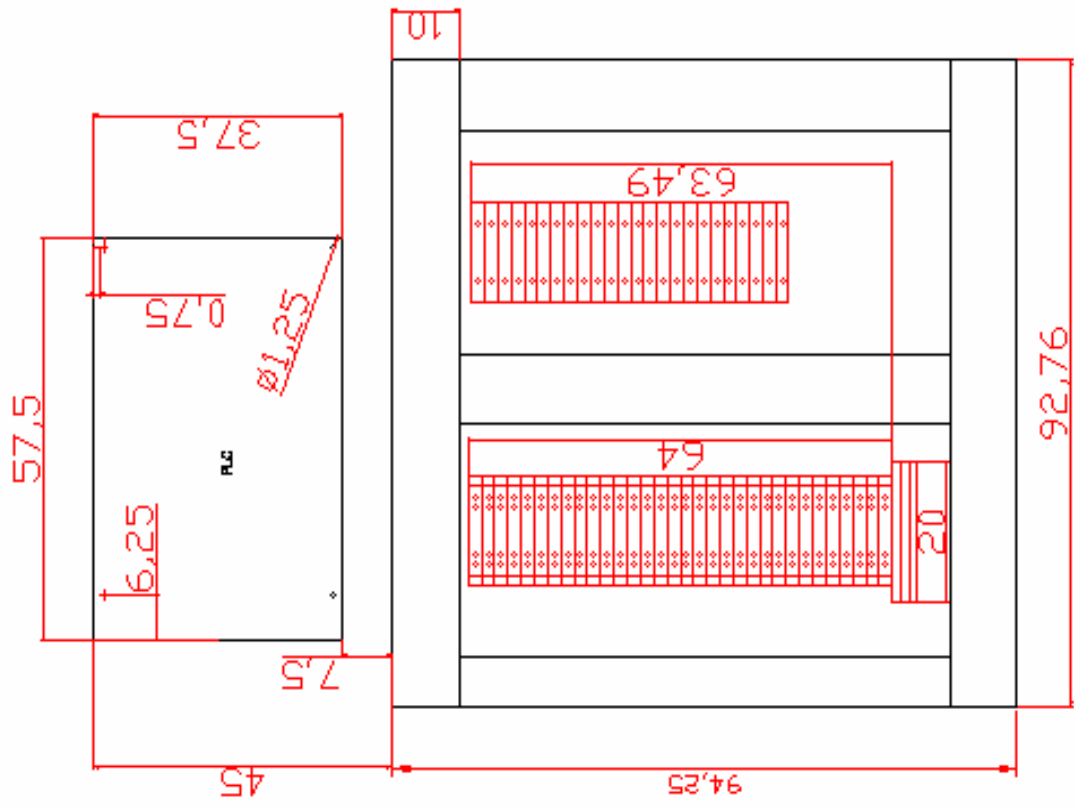




medidos en mm.

PROYECTANTE	ING. AUTORES	PROYECTO	107.1.02	1=1	34	1	1	1	1
REVISOR	ING. AUTORES	PROYECTO	107.1.02	1=1	34	1	1	1	1
PANEL DE CONTROL META FRONTAL									
PROYECTO: 107.1.02									
PROYECTO: 107.1.02									





medidas en mm.

PROY. AUTORES	PROY. AUTORES	PROY. AUTORES	PROY. AUTORES	PROY. AUTORES	PROY. AUTORES
GABINETE DE CONTROL VISTA FRONTAL INTERNA					
INSTRUMENTOS Y MATERIALES					
PROYECTO					
FECHA					
Escala					
1:1					
Hoja					
1					
Papel					
A4					

1 2 3 4 5

## CAPÍTULO V: DISEÑO DE DETALLES

En este Capitulo se muestran todos los cálculos necesarios para la construcción y desarrollo de este proyecto.

### 5.1.- Cálculos del proyecto.

#### 5.1.1.- Cálculos de ajuste de cadena.

Para determinar el modelo de cadena del sistema es necesario determinar la tensión que existe sobre ella, por lo cual realizamos este calculo en función de la masa y de la potencia

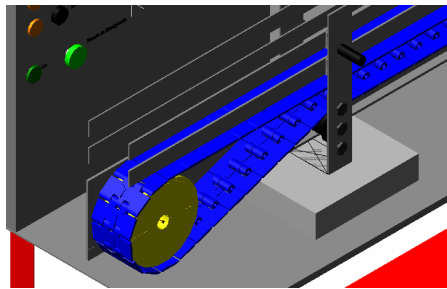


Figura 5.1.1.a.- Engranaje motriz

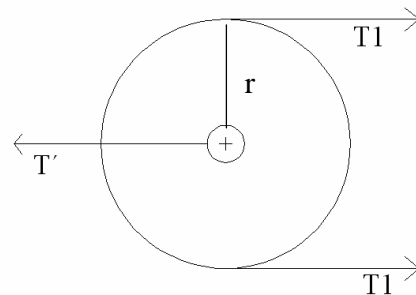


Figura 5.1.1.b.- DCL Engranaje motriz

#### ***Nomenclatura:***

L: Longitud de la cadena.

$\alpha$ : Peso de la cadena.

M: Peso del producto sobre la cadena.

PLF: Tiempo de encendido del sistema.

FML: % Tiempo (Slippage occurs)

Fw: Coeficientes de fricción entre la cadena y la vía.

$F_m$ : Coeficiente de fricción entre la cadena y el producto.

$T_1$ : Tensión sobre la cadena.

$\tau$ : Torque.

Pot: Potencia.

$\omega$ : Velocidad angular.

$r$ : Radio del engranaje.

Datos del catalogo (Apéndice 1,2 y 3 Manual Rexnord)

$$L = 10 \text{ pies} \quad \omega = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\alpha = 0,56 \frac{\text{lb}}{\text{pies}} \quad r = 0,25 \text{ pies}$$

$$M = 0,67 \frac{\text{lb}}{\text{pies}}$$

$$PLF = 1,2$$

$$FML = 1$$

$$F_w = 0,2$$

$$F_m = 0,25$$

Ajuste de tensión de la cadena

$$T_1 = [L \times \alpha \times F_w + L \times (\alpha + M) \times F_w] \times PLF + L \times M \times F_m \times FML \quad (\text{Ver Apéndice 1})$$

$$T_1 = 6 \text{ lbf} \quad (26,6 \text{ N})$$

Cálculos de torque

$$\tau = r \times T_1$$

$$Pot = \frac{\tau \times \omega}{746}$$

$$Pot = 0,07 \text{ hp} \quad (0,05 \text{ KW})$$

Recalculando valores de masa, seleccionando un motor de una potencia de 1hp, arrancado a plena tensión

$$Pot = 1 \text{ hp}$$

$$\tau = \frac{Pot \times 746}{\omega} \Rightarrow \tau = 22 \text{ lb} \cdot \text{pies} \quad (30 \text{ N} \cdot \text{m})$$

$$T_1 = \frac{\tau}{r} \Rightarrow T_1 = 87 \text{ lbf} \quad (387 \text{ N})$$

$$T_1 = [L \times \alpha \times Fw + L \times (\alpha + M) \times Fw] \times PLF + L \times M \times Fm \times FML$$

$$M = 17,2 \frac{\text{lb}}{\text{pies}}$$

Para la distancia de 10 pies el sistema soporta un peso de 172 lb. (78 Kg.)

Recalculando valores de masa, seleccionando un motor de una potencia de 1hp, arrancado a tensión reducida, es decir, 1/3 de su potencia (0,3 hp)

$$Pot = 0,3 \text{ hp}$$

$$\tau = \frac{Pot \times 746}{\omega} \Rightarrow \tau = 9 \text{ lb} \cdot \text{pies} \quad (6,6 \text{ N} \cdot \text{m})$$

$$T_1 = \frac{\tau}{r} \Rightarrow T_1 = 26,1 \text{ lbf} \quad (116 \text{ N})$$

$$T_1 = [L \times \alpha \times Fw + L \times (\alpha + M) \times Fw] \times PLF + L \times M \times Fm \times FML$$

$$M = 4,7 \frac{\text{lb}}{\text{pies}}$$

Para la distancia de 10 pies el sistema soporta un peso de 47 lb. (21,3 Kg.)

### 5.1.2.- Cálculos de soportes de la vía.

Para determinar los soportes en la cual descansara la vía es necesario hacer el estudio de las fuerzas involucradas en el sistema por la acción del peso de la vía, par motor y sus reacciones.

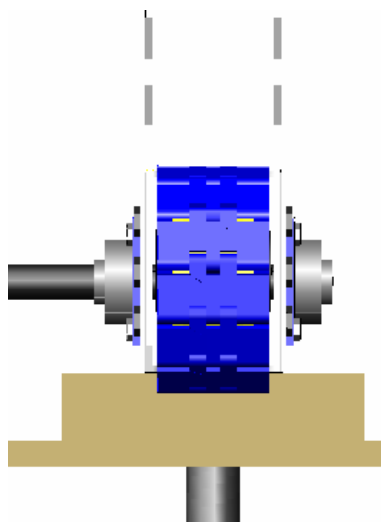


Figura 5.1.2.a.-Dibujo de la vista lateral de la vía

#### ***Nomenclatura:***

w: Velocidad angular.

Pot: Potencia.

M: masa

g: Gravedad.

P: Peso.

$\tau$ : Torque.

$N_1$ : Fuerza de reacción.

$N_2$ : Fuerza de reacción.

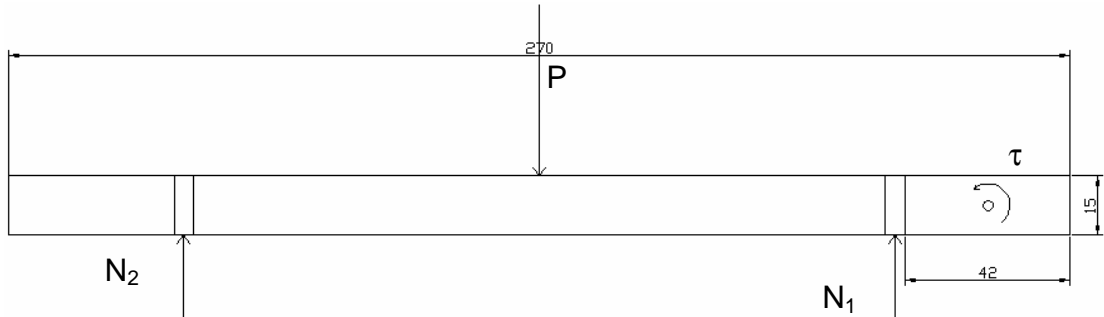


Figura 5.1.2.b. - DCL Fuerza aplicada sobre la vía

Datos

$$Pot = 1 \text{ hp}$$

$$\omega = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Asumiendo una fuerza distribuida rectangular uniforme correspondiente al peso de la vía de acero con los componentes del sistema podemos modelar una fuerza equivalente puntual en el centro del sistema la cual llamamos  $P$ .

$$P = 22,5 \text{ lbf} \quad (100 \text{ N})$$

Calculo de torque del motor

$$\tau = \frac{Pot \times 746}{\omega} \Rightarrow \tau = 22 \text{ lb} \cdot \text{pies} \quad (30 \text{ N} \cdot \text{m}) \Rightarrow \tau = 22 \text{ lb} \cdot \text{pies} \quad (30 \text{ N} \cdot \text{m})$$

(1) Sumatorias de Fuerzas en Y

$$\sum Fy = N_1 + N_2 - P = 0$$

(2) Sumatorias de Momentos en  $N_2$

$$\sum M_{N_2} = N_1 \times 1,86 + \tau - P \times 0,93 = 0$$

De (2)

$$N_1 = 7,4 \text{ lbf} \quad (33 \text{ N})$$

De (2) en (1)

$$N_2 = 15 \text{ lbf} \quad (66 \text{ N}) \quad N_2 = 15 \text{ lbf} \quad (66 \text{ N})$$

Tomamos el valor más alto de reacción en los apoyos ( $N_2$ ) para calcular los esfuerzos sobre el bloque

5.1.3.- Cáculos de fuerzas aplicadas en los tornillos de la vía por el toque del motor.

**Nomenclatura:**

Pot: Potencia.

w: Velocidad angular.

M: Masa.

g: Gravedad.

P: Peso.

$\tau$ : Torque.

$N_1$ : Fuerza de reacción

$N_2$ : Fuerza de reacción.

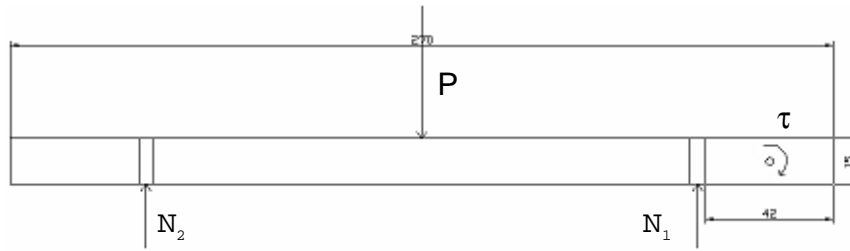


Figura 5.1.3.- DCL Fuerza aplicada en los tornillos de la vía por el torque del motor

Datos

$$Pot = 1 \text{ hp}$$

$$\omega = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Asumiendo una fuerza distribuida rectangular uniforme correspondiente al peso de la vía de acero con los componentes del sistema podemos modelar una fuerza equivalente puntual en el centro del sistema la cual llamamos P.

$$P = 22,5 \text{ lbf} \quad (100 \text{ N})$$

Calculo de torque del motor

$$\tau = \frac{Pot \times 746}{\omega} \Rightarrow \tau = 22 \text{ lb} \cdot \text{pies} \quad (30 \text{ N} \cdot \text{m})$$

(1) Sumatorias de Fuerzas en Y

$$\sum F_y = N_1 + N_2 - P = 0$$

(2) Sumatorias de Momentos en \$N\_2\$



$$\sum M_{N_2} = N_1 \times 1,86 - \tau - P \times 0,93 = 0$$

De (2)

$$N_1 = 15 \text{ lbf} \quad (66 \text{ N})$$

De (2) en (1)

$$N_2 = 7,4 \text{ lbf} \quad (33 \text{ N})$$

#### 5.1.4.- Caculos de fuerzas sobre los tornillos del motor.

##### **Nomenclatura:**

Pot: Potencia.

w: Velocidad angular.

M: Masa.

g: Gravedad.

P: Peso.

$\tau$ : Torque.

$N_1$ : Fuerza de reacción

$N_2$ : Fuerza de reacción.

A: Distancia.

Fa: Fuerza Axial.

At: Área de Tracción.

$\sigma$ : Esfuerzo permisible.

Rp: Resistencia de prueba.

Datos

Asumiendo P como una carga puntual producida por el peso del motor de masa 20kg.

$$P = 45 \text{ lbf} \quad (200 \text{ N})$$

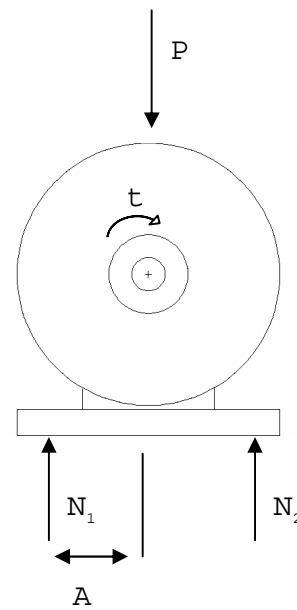


Figura 5.1.4.- DCL Motor

$$Pot = 1 \text{ hp}$$

$$\omega = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$A = 0,28 \text{ pies}$$

Calculo del torque

$$\tau = \frac{Pot \times 746}{\omega} \Rightarrow \tau = 22 \text{ lb} \cdot \text{pies} \quad (30 \text{ N} \cdot \text{m})$$

(1) Sumatorias de Fuerzas en Y

$$\sum F_y = N_1 + N_2 - P = 0$$

(2) Sumatorias de Momentos en  $N_2$

$$\sum M_{N_1} = A \times P + \tau - 2 \times A \times N_2 = 0$$

De (2)

$$N_2 = 62 \text{ lbf} \quad (276 \text{ N})$$

D (2) en (1)

$$N_1 = -17,1 \text{ lbf} \quad (-76 \text{ N})$$

Tomando  $N_1$  como la fuerza axial sobre el tornillo y dividiendo esta fuerza entre 2 que es el número de tornillos que se encuentra bajo la acción de esta, tenemos:

$$F_a = \frac{N_1}{2} = 8,6 \text{ lbf} \quad (38 \text{ N})$$

.Tomando un tornillo grado 3 tenemos de la tabla 18-2 Robert Mott Pág. 743 (Apéndice 4)  $R_p$  33 kpsi. Resistencia de prueba

Suponiendo que se van a someter al 100% de su resistencia tenemos:

$$\sigma = 1 \times R_p$$

$$At = \frac{Fa}{\sigma} = 2,6 \times 10^{-4} \text{ pul}^2$$

A partir de la tabla 18-5 Robert Mott Pág. 745. el tornillo UNC ½-13 cumple con los requisitos

#### 5.1.5.- Caculos de soldadura.

##### ***Nomenclatura:***

a: Distancia

b: Distancia.

d: Distancia.

Sy: Resistencia a la cedencia.

Ssy: Limite elástico (Propiedades mínimas del material de aporte)

Sut: Resistencia ultima a la tensión.

r: Distancia desde el centroide del grupo de soldadura hasta el punto de soldadura de interés.

h: Garganta de la soldadura.

A: Área de la garganta.

I<sub>u</sub>: Segundo momento del área unitaria.

τ: Esfuerzo cortante.

τ': Cortante primario.

τ'': Cortante secundario.

M: Momento flector.

η: Factor de seguridad.

η<sub>d</sub>: Factor de diseño.

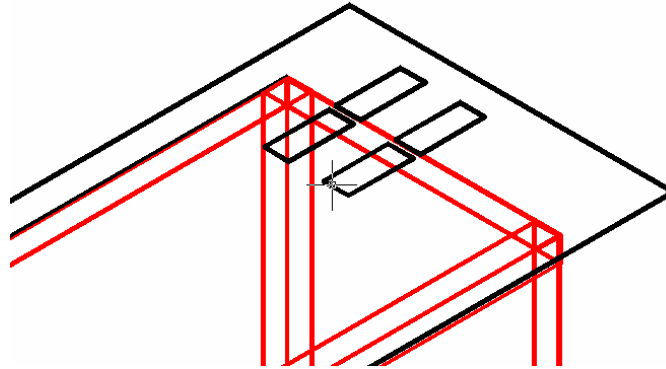


Figura 5.1.5.a.- Soportes soldados de la mesa

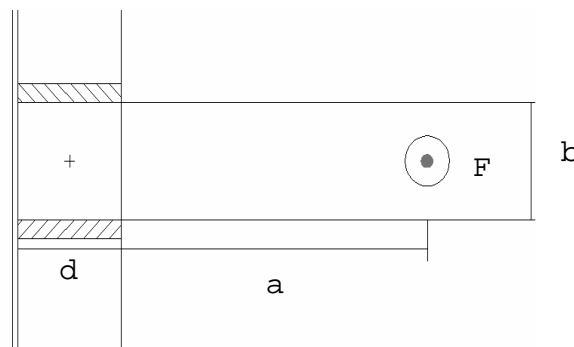


Figura 5.1.5.b.- DCL Soportes soldados de la mesa

Datos

$$Fa = 17,1 \text{ lbf}$$

$$a = 5,9 \text{ pul}$$

$$b = 2 \text{ pul}$$

$$d = 2 \text{ pul}$$

De la tabla del Shigley 9-4 Pág. 551 (Apéndice 5)

$$S_y = 50 \text{ Kpsi}$$

$$S_{ut} = 62 \text{ Kpsi}$$

De la tabla del Shigley 9-7 Pág. 553 (Apéndice 5)

$$\eta_d = 3 \text{ (Factor de diseño)} \quad \tau_{perm} = 18 \text{ Kpsi}$$

$$h = \frac{3}{8} \text{ pul}$$

Lamina Acero AISI 1018

Electrodo E60XX

9-4 Esfuerzos en Uniones Soldadas Sujetas a Flexión, Shigley Joseph (2002) Pág. 548

De la tabla del Shigley 9-3 Pág. 549 (Apéndice 6)

$$A = 1,414 \times h \times d \Rightarrow A = 1,06 \text{ pul}^2$$

$$I_u = \frac{d^3}{6} \Rightarrow I_u = 1,33 \text{ pul}^3$$

$$I = 0,707 \times h \times I_u \Rightarrow I = 0,35 \text{ pul}^4$$

$$A_1 = 2 \times 0,707 \times h \times d \Rightarrow A_1 = 1,06 \text{ pul}^2$$

Cortante Primario

$$\tau' = \frac{F}{A_1} \Rightarrow \tau' = 16,1 \text{ psi}$$

Cortante Secundario

$$r = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2}$$

Distancia desde el centroide del grupo de soldadura hasta el punto de soldadura de interés Shigley Joseph (2002)

$$M = Fa \times r$$

$$\tau'' = \frac{M}{I} \Rightarrow \tau'' = 68,4 \text{ psi}$$

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} \Rightarrow \tau = 70,3 \text{ psi}$$

9-5 Resistencia de las Uniones Soldadas y 9-6 Método de Pilo, Shigley Joseph (2002)

$$S_{sy} = 0,577 \times S_y$$

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \Rightarrow \eta = 410 \quad \text{Factor de Seguridad del material de aporte}$$

$$\sigma = \frac{M}{h \times d^2 \div 6} \Rightarrow \sigma = 97 \text{ psi}$$

$$n' = \frac{S_y}{\sigma} \Rightarrow n' = 517 \quad \text{Factor de Seguridad del material respecto a su resistencia}$$

Código de Soldadura

$$c = 0,577 \times \frac{S_y}{\tau_{perm}}$$

$$\eta = \frac{c \times \tau_{perm}}{\tau} \Rightarrow \eta = 410 \quad \eta = \frac{c \times \tau_{perm}}{\tau} \Rightarrow \eta = 410 \quad \text{Factor de Seguridad Código}$$

de Soldadura

5.1.6.- Calculo de fatiga del eje.

**Nomenclatura:**

Se': Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

Se: Limite de resistencia a la fatiga de un elemento de maquina.

Ka: Factor de modificación de la condición superficial.

Kb: Factor de modificación del tamaño.

Kc: Factor de modificación de la carga.

Kd: Factor de modificación de la temperatura.

Ke: Factor de modificación de efectos varios.

$\sigma_a$ : Componente de esfuerzo de la amplitud.

$\sigma_m$ : Componente de esfuerzo medio.

$T_1$ : Tensión sobre la cadena.

$S_{ut}$ : Resistencia ultima a la tensión.

$n$ : Factor de Seguridad.

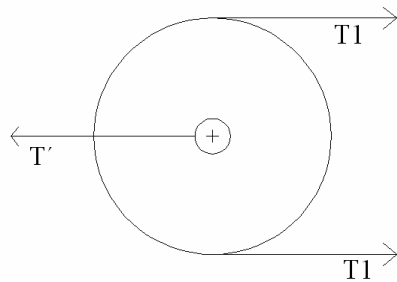


Figura 5.1.6.a- DCL de la rueda motriz

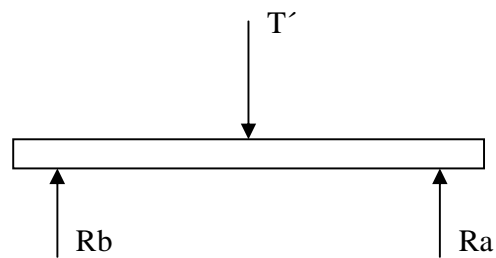


Figura 5.1.6.b- DCL del eje motriz

Datos

$$d = 0,025 \text{ m}$$

$$S_{ut} = 520 \text{ MPa} \quad \text{De la tabla E-20 Pág. 1215 Shigley (Apéndice 7)}$$

$$S_e' = 0,506 \times S_{ut} \quad \text{De la formula 7-4 Pág. 735 Shigley}$$

De la tabla 7-5 Pág. 380 (Apéndice 7)

$$a = 4,45 \text{ MPa}$$

$$b = -0,265$$

$$c = 0,058$$

$$T_1 = 387 \text{ N}$$

Factor de Superficie (7-9 Pág. 379 Shigley)

$$K_a = a \times S_{ut}^b \Rightarrow K_a = 0,85$$

Factor de tamaño (7-10 Pág. 380 Shigley)

$$Kb = 1,24 \times d^{0,107} \Rightarrow Kb = 0,88$$

Factor de carga (7-22 Pág. 382)

$$Kc = 0,328 \times Sut^{-0,125} \Rightarrow Kc = 0,15$$

Factor de temperatura (Shigley Pág. 384)

$Kd = 1$  Esta sometido a temperatura ambiental

Factor de efectos diversos (Shigley Pág. 386)

$Ke = 1$  No esta sometido a ningún efecto diverso especifico

Limite de resistencia a la fatiga (Shigley Pág. 379)

$$Se = Ka \times Kb \times Kc \times Kd \times Ke \times Se' \Rightarrow Se = 29,4 \text{ MPa}$$

$$T'_1 = 2 \times T_1$$

$$\sigma_a = \frac{4 \times T'_1}{\pi \times (0,0254)^2} \Rightarrow \sigma_a = 1,52 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = 0$$

Goodman modificado ecuación 7-46 Pág. 408 Shigley

$$\frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sut} = \frac{1}{\eta}$$

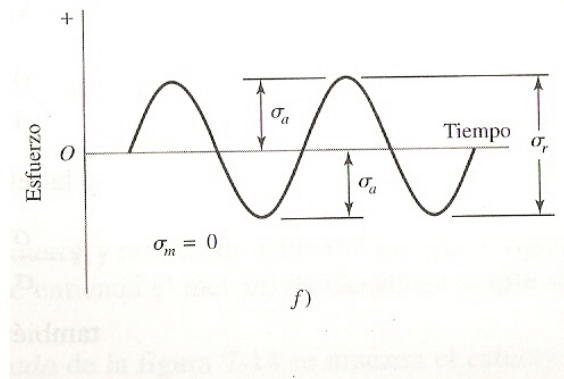


Figura 5.1.6.c- Grafica de Esfuerzo Senoidal completamente invertido

$$\eta = \frac{Se}{\sigma_a} \Rightarrow \eta = 20$$



### 5.1.7.- Cálculos de Aislamiento del motor (Calculo de Vibraciones).

#### **Nomenclatura:**

$\omega$ : Velocidad angular.

$\omega_n$ : Frecuencia natural del sistema de vibración.

TR: Transmisibilidad.

r: Relación de frecuencia.

K: Coeficiente de rigidez.

m: Masa del motor.

Datos

$$\omega = 1.695 \text{ rpm}$$

$$M_{\text{motor}} = 20 \text{ Kg}$$

$$r = \sqrt{2}$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times 1690}{60} \Rightarrow \omega = 177 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

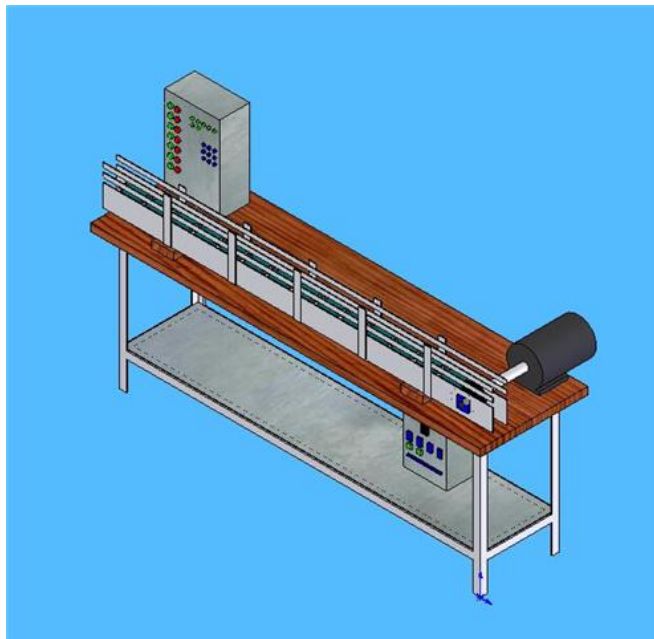
$$\omega_n = \frac{\omega}{r} \Rightarrow \omega_n = 125 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$K = M_{\text{motor}} \times \omega_n^2 \Rightarrow K = 312,2 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

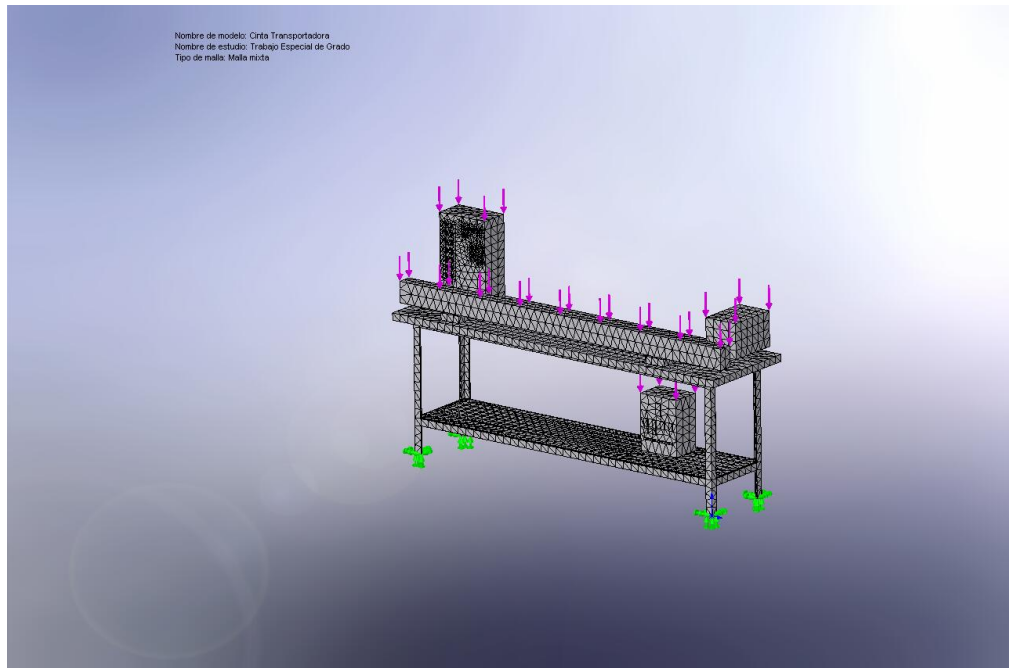
### 5.1.8.- Simulación de esfuerzos sobre la mesa

Utilizando una herramienta diseño asistido llamada SolidWork se simuló el sistema de forma tridimensional, esto con el fin de utilizar una herramienta de calculo mecánico asistida, con la cual se simulan los esfuerzos a los cuales esta sometida la

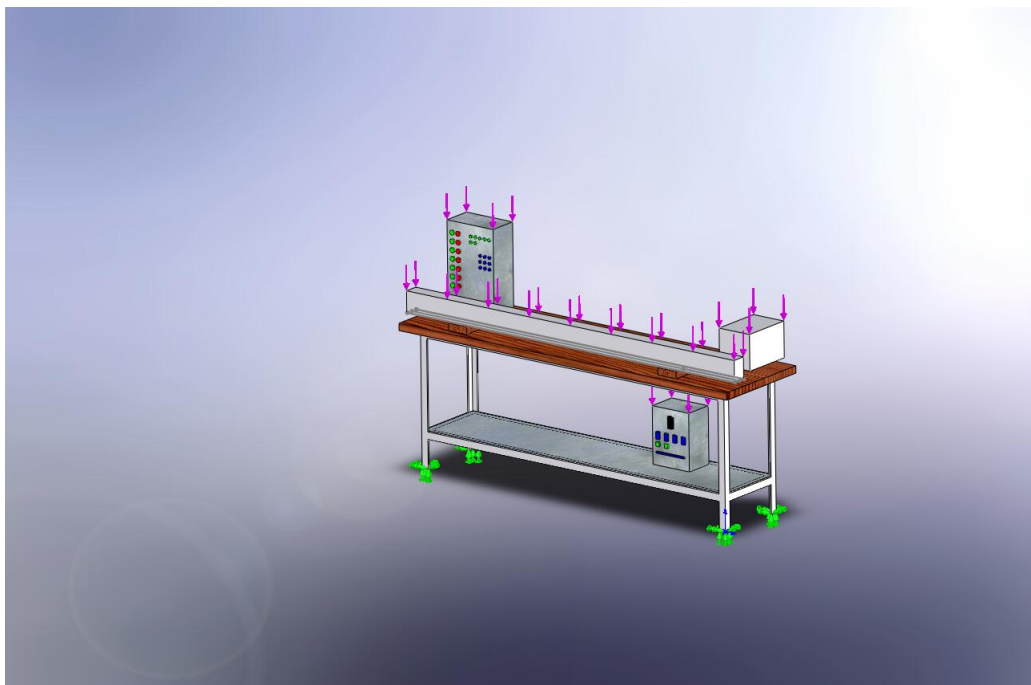
estructura. Con esto se puede modelar los esfuerzos, las deformaciones y la deflexión a la cual esta sometida la estructura de la mesa. Esta herramienta, es un programa llamado Cosmo, el cual realiza las simulaciones antes mencionadas con el método de elementos finitos, utilizando un sistema de mayas mixtas.



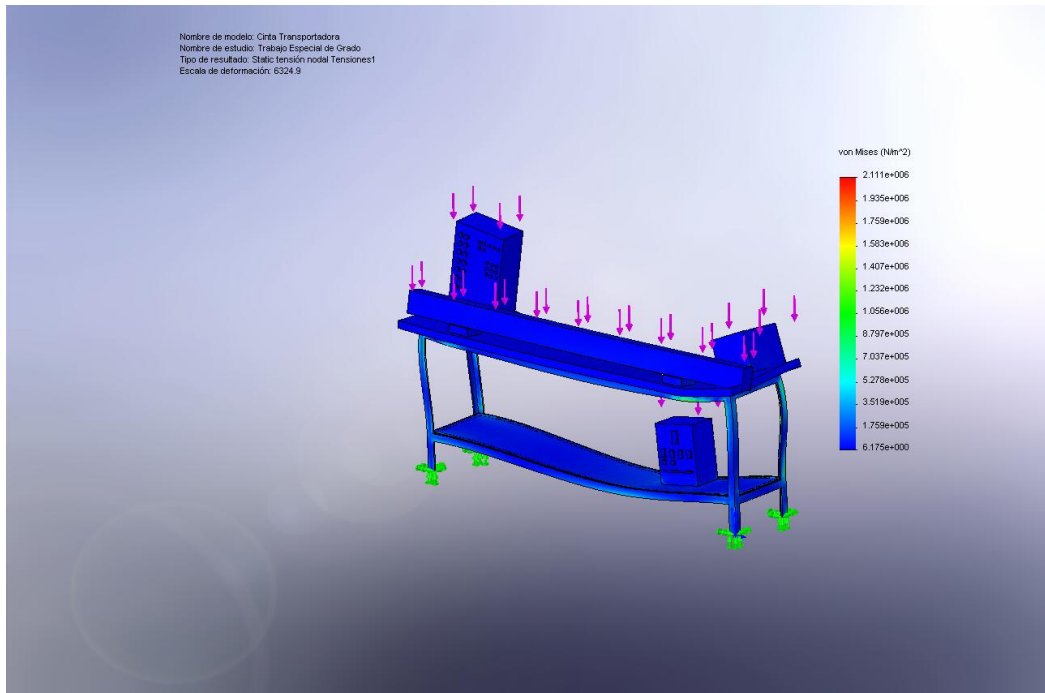
*Figura 5.1.8.a- Estructura base del sistema.*



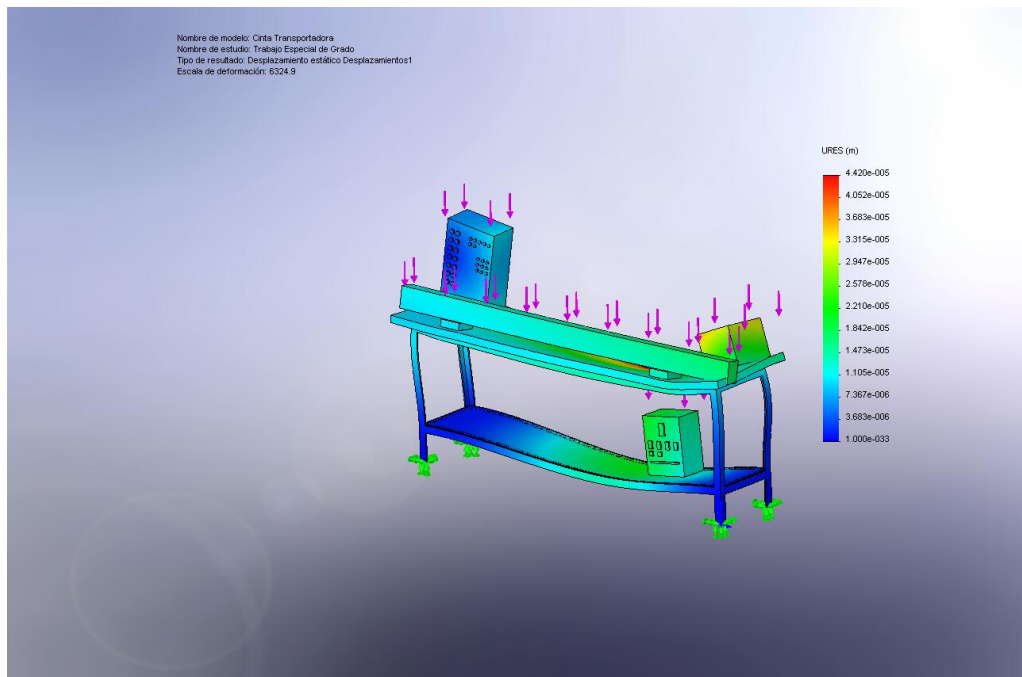
*Figura 5.1.8.b.- Vista del mayado mixto*



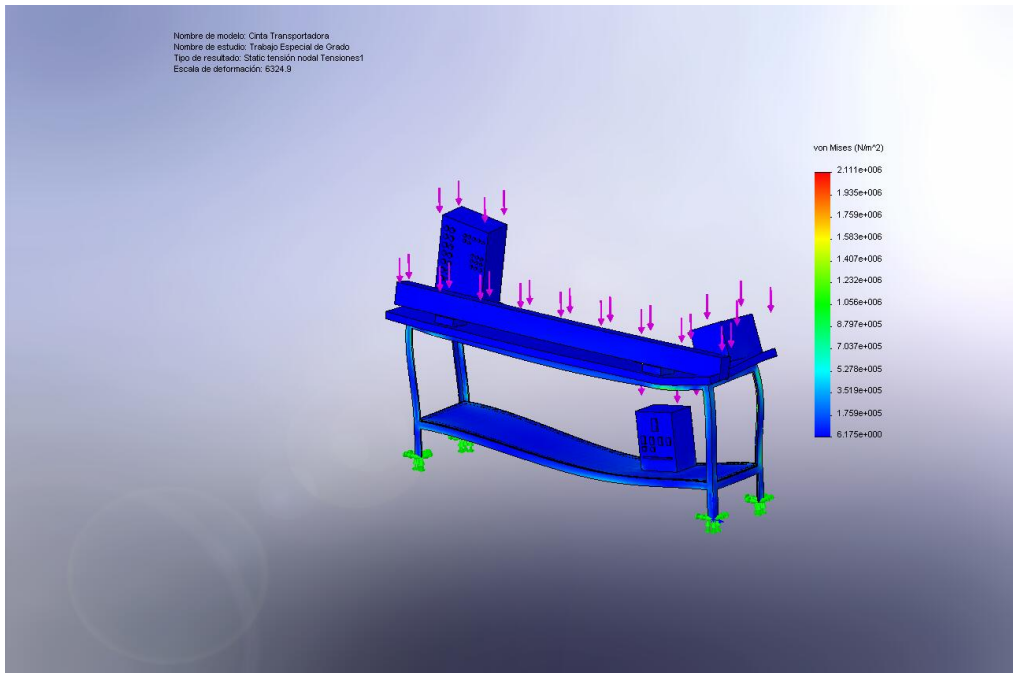
*Figura 5.1.8.c.- Simulación de cargas en el sistema.*



*Figura 5.1.8.d.- Simulación de los esfuerzos de Von Mises*



*Figura 5.1.8.e.- Simulación de desplazamientos en el sistema.*



*Figura 5.1.8.f.- Simulación de deformaciones unitarias estáticas.*

## CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1.- Resultados.

Cálculos de ajuste de cadena para una potencia de 1 hp.			Cálculos de ajuste de cadena para una potencia de 0,3 hp.		
<b>T1 (N.)</b>	<b><math>\tau</math> (N.m)</b>	<b>M (Kg.)</b>	<b>T1 (N.)</b>	<b><math>\tau</math> (N.m)</b>	<b>M (Kg.)</b>
387	30	78	116	6,6	21,3
<b>Cálculos de soporte de las vías</b>					
<b>N<sub>1</sub> (N.)</b>			<b>N<sub>2</sub> (N.)</b>		
33			67		
<b>Cálculos de fuerzas aplicadas en los tornillos de la vía por el toque del motor</b>					
<b>N<sub>1</sub> (N.)</b>			<b>N<sub>2</sub> (N.)</b>		
67			33		
<b>Calculo de fuerzas sobre los tornillos del motor</b>					
<b>N<sub>1</sub> (N.)</b>	<b>N<sub>2</sub> (N.)</b>	<b>At.</b>		<b>Fa</b>	
		$10^{-4}$ pul <sup>2</sup>	$10^{-7}$ m <sup>2</sup>	Lb.	N
-76	276	2,6	1,7	8,6	38
<b>Cálculos de soldaduras</b>					
<b><math>\eta</math>(Ssy/<math>\tau</math>)</b>		<b><math>\eta'</math>(Sy/<math>\sigma</math>)</b>		<b><math>\eta''</math> Código Soldadura</b>	
410		517		410	
<b>Calculo de eje</b>					
<b>Factor de seguridad</b>			20		
<b>Cálculos de Aislamiento del motor (Calculo de Vibraciones)</b>					
<b>K( N/m)</b>			312		

*Tabla 6.1.- Resultados del Capitulo V: Diseño de Detalle.*

## 6.2.- Análisis de Resultados.

### 6.2.1.- Cálculos de ajuste de cadena.

Asumiendo un peso de 6,7 lb. (3 Kg.) total sobre la Cadena Transportadora, la potencia del motor da como resultado 0,07 hp. Instalando el motor de 1 hp garantizamos el libre movimiento de la Cadena Transportadora. Recalculando los valores para una potencia de 1 hp obtenemos que el máximo peso que se puede colocar sobre la Cadena Transportadora es de 172 lb. (78 Kg.). Al arrancar a tensión reducida el motor funciona a 0,3 hp por lo tanto el peso máximo que se le puede colocar para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema es de 46 lb. (21 Kg.)

Comparando el valor mayor de tensión de la cadena, T1 igual a 387 N, arrojado por los cálculos y comparándolo con el valor de tensión permisible sobre la cadena dado por el fabricante, en el Manual Rexnord (Apéndice 8), que es igual a 1.624 N podemos garantizar que la cadena no fallará por el peso de 172 lb. (78 Kg.) y una potencia de 1 hp.

Se colocaron unos rodillos de retorno con la finalidad de asegurar el ángulo de abrace de la cadena sobre el piñón. Debido a que el sistema efectúa cambios en el sentido de giro el fabricante sugirió que se requería un ángulo de abrace mayor o igual a  $180^\circ$  y no como el que sugiere el manual uno de  $150^\circ$  (Manual Rexnord, Apéndice) para así garantizar su correcto funcionamiento. Estos rodillos de retornos son genéricos para todos los modelos de cadenas del fabricante y se colocaron a una distancia de 0,36 m entre el piñón y el rodillo y a una de 0,90 m entre rodillos.

### 6.2.2.- Cálculos de soportes de las vías.

Tomando el mayor valor de las reacciones sobre los soportes,  $N_2$  igual a 67 N y comparándolo con los valores de referencias de las propiedades mecánicas citadas en el Apéndice (9), pudimos obtener que los valores para un bloque de madera cuya fuerza aplicada es perpendicular a las venas internas de la fibra comienzan a flectar a

partir de un mínimo de  $15 \text{ Kg./cm}^2$  y soporta un máximo de  $201 \text{ Kg./cm}^2$ . Debido a que la superficie del bloque de madera es de  $225 \text{ cm}^2$ ; tenemos que la fuerza aplicada por  $\text{cm}^2$  es igual a  $0,03 \text{ Kg./cm}^2$ . Por lo que podemos garantizar que no fallarán los soportes por las fuerzas aplicadas sobre ellos.

#### 6.2.3.- Cálculos de fuerzas aplicadas en los tornillos de la vía por el toque del motor.

De los valores obtenidos podemos observar que ambos valores de reacciones son positivos, esto indica que las fuerzas aplicadas están colocadas en el sentido correcto en el DCL, por lo tanto las cargas son absorbidas por los soportes de madera, estando estos a compresión; por ende los tornillos no están sometidos a cargas axiales a tracción por acciones del motor. Los tornillos se colocan con el fin de realizar un apriete entre la vía, los soportes y la mesa.

#### 6.2.4.-Cálculo de fuerzas sobre los tornillos del motor.

De las reacciones obtenidas en el DCL pudimos observar que  $N_1$  es un valor negativo, lo que indica que la fuerza aplicada es en sentido contrario; por lo tanto tomaremos este valor para realizar los cálculos sobre el tornillo, ya que este se encuentra a tracción. La fuerza axial resultante sobre un tornillo es igual  $38 \text{ N}$  ( $8,6 \text{ lb.}$ ) suponiendo un tornillo Grado 3 que se somete al 100% de su resistencia de prueba y refiriéndonos a la Tabla 18-5 Pág. 746 del Robert Mott (Ver Apéndice 4) con un Área de Tracción igual a  $1,7 \times 10^{-7} \text{ m}^2$  ( $2,6 \times 10^{-4} \text{ pul}^2$ ); obtenemos que un tornillo UNC  $\frac{1}{2}$ -13 cumple con los requisitos de diseño.

#### 6.2.5.- Cálculos de soldaduras.

Para  $\eta$  igual a 410 que se refiere al factor de seguridad con base en una resistencia mínima del metal de aporte, podemos observar que  $\eta$  es mayor que  $\eta_d$



(factor de diseño) el cual es igual a 3; por lo cual podemos afirmar que el metal de aporte es el adecuado.

Para  $\eta'$  igual a 517 que se refiere al factor de seguridad de la resistencia mínima a la tensión y a la cedencia (ASTM) para aceros, podemos observar que  $\eta$  es mayor que  $\eta_d$ , por lo cual podemos afirmar que la unión es satisfactoria con respecto a su resistencia.

El valor de obtenido de a través del código de soldadura  $\eta''$  que es igual a 410 se realizo con la finalidad de comparar los resultado con el primer factor de seguridad de material de aporte para establecer si había consistencia en los cálculos realizado, con lo cual pudimos observar que eran iguales lo que indica que los cálculos realizados fueron los correctos.

#### 6.2.6.- Calculo de fatiga del eje.

Se calculó el factor de seguridad del eje, mediante la ecuación de Goodman modificado, para saber si este iba a fallar. Se obtuvo un valor de 20 el cual nos indica que el eje esta sobre dimensionado y no fallará por fatiga.

#### 6.2.7.- Cálculos de Aislamiento del motor (Calculo de Vibraciones).

Para asegurar que la fundación quede protegida, con respecto a las vibraciones producidas por el motor, se busca siempre que el valor de la relación de frecuencia sea mayor a  $\sqrt{2}$  de manera que la transmisibilidad sea menor a 1. Con el valor obtenido de coeficiente de rigidez de 313.206 N/m, se debe seleccionar un material aislante de vibraciones con un coeficiente menor a este, con el fin de disminuir las vibraciones sobre la mesa, que pudiesen ocasionar daño en ella.

#### 6.2.8.- Simulación de esfuerzos sobre la mesa.

Se observa que en ninguna de las simulaciones los valores de deformación, esfuerzos o deflexión llega a valores críticos, por lo cual podemos asegurar que la estructura de la mesa no fallara debido a las cargas estáticas del sistema y este se encuentra sobredimensionado para los esfuerzos que se le aplica.

## CAPÍTULO VII: PROCURA

En este Capítulo se especificaran basado en el Capítulo: Diseño al Detalle, las piezas, los componentes, equipos y todos los elementos que se usaron para la construcción de este Proyecto de Trabajo de Grado. Su selección se baso en catálogos de fabricantes (Manual Rexnord Apéndice, Telemecanique Apéndice.).

### 7.1.- Cadena Transportadora.

Basados en el Capítulo V (5.1.1.-*calculo de ajuste de cadena*), teniendo un motor de 1 hp la tensión máxima generada en la cadena es de 420 N aproximadamente y debido a las características a las cuales esta sometida, como ausencia de temperaturas extremas, humedad normal, baja fricción, no esta en ambientes corrosivos; se selecciono la cadena de la serie LF 3-1/4 (Low Friction, Manual Rexnord, Apéndice 8).



*Figura 7.1.- Cadena tipo LF*

Debido a que la cadena es de la serie LF el piñón correspondiente, para esta, es el NS-820-T25 (Manual Rexnord, Apéndice 10) y la rueda loca de retorno es la NSXT-820-T25 (Manual Rexnord, Apéndice 10). Se colocaron tres rodillos de retorno, suministrados por el fabricante, los cuales son únicos para todas las series y se colocan en la parte interna de la vía, sobre ellos se apoya el retorno de la cadena.



Figura 7.2.- Piñón de tracción.



Figura 7.3.- Rueda loca o de reenvío.

Debido a las cargas aplicadas sobre el eje se eligió de manual (Manual SKF, Apéndice) los rodamientos tipo Fy 505M.

Este sistema se encuentra en una vía de acero inoxidable formada por dos perfiles tipo “U” de 0,15 m de altura, 2,7 m de largo y alas de 0,03 m las cuales son genéricas para todas las vías industriales.

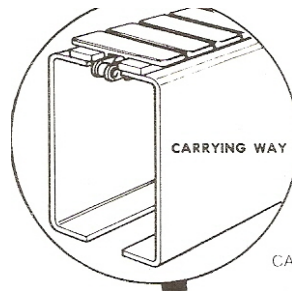


Figura 7.4.- Vía de la cadena transportadora.

En el Capítulo de diseño conceptual se decidió acoplar el eje del motor directamente con el eje motriz de la cadena transportadora, al consultar la bibliografía (*Dinámica de maquinas, León Juan*) se selecciono un acople de Oldham o como se conoce en el mercado tipo “L”

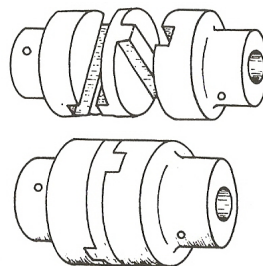


Figura7.5.- Acoplamiento tipo Oldham.

En el capítulo de diseño al detalle se estudiaron las fuerzas aplicadas sobre los tornillos colocados el sistema y se adquirieron los siguientes: cuatro tornillos UNC ½-13 grado 3 para fijar el motor a la mesa, dos tornillos UNC ½-13 para hacer apriete entre la vía y la mesa.

Se selecciono un aislante de vibraciones con un coeficiente de rigidez menor al calculado en el Capítulo 5.1.7, llegando a la conclusión de adquirir unas bases anti-vibratoria para motores, asegurándonos la disminución de la transmisibilidad de vibraciones del motor a la mesa.

Para realizar las soldaduras se adquirieron medio kilo de electrodos tipo E6013 para soldaduras de acero.

## 7.2.- Configuración del Sistema de Automatización y Control.

Para realizar el movimiento de la cadena se calculo la potencia necesaria según el peso del material a trasportar y se escogió un motor de 1 hp, 220 Voltios, 1695 rpm, 60 Hz,  $\text{Cos}(\rho)$  0,77 y una corriente de 1,9 A (Estrella) / 3,3 A (Triangulo).

Para controlar el movimiento y acciones sobre la cadena transportadora se utilizó un PLC modelo TSX Micro de Telemecanique que posee las siguientes características: 16 entradas (115 Voltios AC), 12 salidas (Relé a 24 Voltios DC), que esta regido por la norma 1131, una fuente de poder 120-24 voltios DC y posee la capacidad de colocar hasta 3 módulos de entradas y salidas.

Para la detección del sistema se adquirieron cinco sensores: tres Fotoeléctrico de 24 Voltios DC, dos Inductivo de Proximidad de 120 Voltios AC. Se usaron tres relés que activan su bobina a 24 Voltios DC y controlan a 120 Voltios AC, ya que las entradas del PLC son a 115 Voltios AC.

Para realizar los arranques del motor se seleccionó un Disyuntor-seccionador GV-2ME-08 y un Variador de frecuencia.

Se adquirió un gabinete de control de 380x600x210mm, modelo AE1038 marca Rittal y un gabinete de potencia de 300x400x210mm, modelo AE1034 marca Rittal. Para el panel de control se dispuso de veinte luces pilotos amarillas, una verde y una roja. También se dispuso de 15 pulsadores Telemecanique NA y un pulsador NC para parada de emergencia.

## **CAPÍTULO VIII: INTEGRACIÓN Y PRUEBAS**

En este Capítulo se tratara sobre la metodología de construcción e instalación de la cadena transportadora, sensores, gabinetes de control y potencia, cableado y todo lo relacionado con la parte física del sistema. Para la mejor comprensión de este Capítulo se decidió dividir este en integración y prueba de equipos mecánicos, de equipos eléctricos y de equipos electrónicos.

### **8.1.- Integración y pruebas de los equipos mecánicos.**

Con los planos en mano y las vías de acero inoxidable, las cuales se obtuvieron de una empresa que se encarga de la instalación de las mismas, se procedió a taladrar los agujeros donde se colocaron los pernos que sujetan los ejes, rodamientos, los rodillos de retorno, las bases del sistema de apoyo a la mesa y la de las barandas. Para esto se uso un taladro de banco ya que la pieza es de gran tamaño y se necesitaba precisión. Luego de esto se procedió a colocar los rodamientos, los cuales contienen al eje y al piñón motriz. Del lado opuesto se coloco el eje directamente sobre la rueda de reenvío o rueda loca, la cual hace el retorno de la cadena, a su vez también se fueron colocando los ejes y rodillos de retorno en las posiciones indicadas.

Al finalizar esta etapa se procedió a fijar la vía de la mesa, para esto se consiguieron unas bases de madera las cuales se fresaron en el galpón de mecánica para lograr la forma de las vías y poder ajustarlas a estas con unos agujeros pasantes. Se realizaron perforaciones a la mesa con el fin de realizar un apriete entre la vía, la mesa y los soportes utilizando perno. Para la sujeción del motor a la mesa se realizaron refuerzos, que consistieron en soldar dos perfiles “L” en sentido transversal, por la parte inferior de la mesa. Estos perfiles se taladraron con el fin de apernar el motor a la mesa y a los perfiles, además se colocó una goma entre el motor y la mesa para poder acoplar el eje del motor al eje de la cadena.

Para acoplar el eje del motor con el eje de la cadena se compró un acople de Oldham o acople tipo “L”, el cual se le realizó un cilindrado interno, con las especificaciones del eje del tamaño de ambos ejes, y se sujetaron con pernos prisioneros colocados en orificios radiales al eje.

Una vez finalizado el ensamblaje se adquirieron pletinas de aluminio y a ellas se les realizaron agujeros pasantes con los tamaños de los pernos y sensores. Estas se colocaron con el fin de realizar una baranda de apoyo para los sensores y a su vez para evitar que los productos sobre la cadena no se caigan. Se sujetaron de las vías mediante pernos y entre las pletinas se fijaron con tornillos.

### 8.2.- Integración y pruebas de equipos eléctricos.

Antes de realizar la integración mecánica se realizaron las pruebas del motor a utilizar con el fin de empezar el proyecto con la certeza del buen funcionamiento del mismo, así como conocer detalles de las características del motor, ya que este posee una caja reductora. Luego se probó el funcionamiento del variador de frecuencia que encuentra en el gabinete de potencia y se dejó el cableado del sistema de control para conectarse al PLC. Todos los cables de control y potencia fuera del gabinete se colocaron dentro de canaletas plásticas, para evitar el contacto directo de los mismos y mantenerlos organizados.

### 8.3.- Integración y pruebas de equipos electrónicos.

Se probó el funcionamiento de los seis sensores que se colocaron en las barandas, esto con el fin de descartar cualquiera de ellos que estuviese defectuoso, y estos se cablearon a las borneras. Se adquirió el gabinete de control al cual se le colocaron las luces pilotos y los pulsadores, para luego realizar las conexiones, mediante cableado, de los mismos a las borneras, que se encuentran dentro del gabinete y realiza la unión de estos al PLC.



Se realizaron pruebas de comunicaciones entre el PLC y el computador, luego se realizaron las pruebas entre el PLC, el interfaz humano-maquina y los sensores. Con el Variador de frecuencia se puso un funcionamiento al sistema, se realizaron los programas para ser transferidos al PLC.

Después de cumplir con todo esto se procedió a conectar los cables de potencia con la red eléctrica y se puso a correr el PLC. De esta manera se puso en marcha el sistema.

## **CAPÍTULO IX: INSTALACIÓN**

En este Capitulo se expone la forma en la cual se realizo la instalación definitiva del equipo en el salón donde se dictan las clases de PLC. Esto se realizó de la siguiente manera:

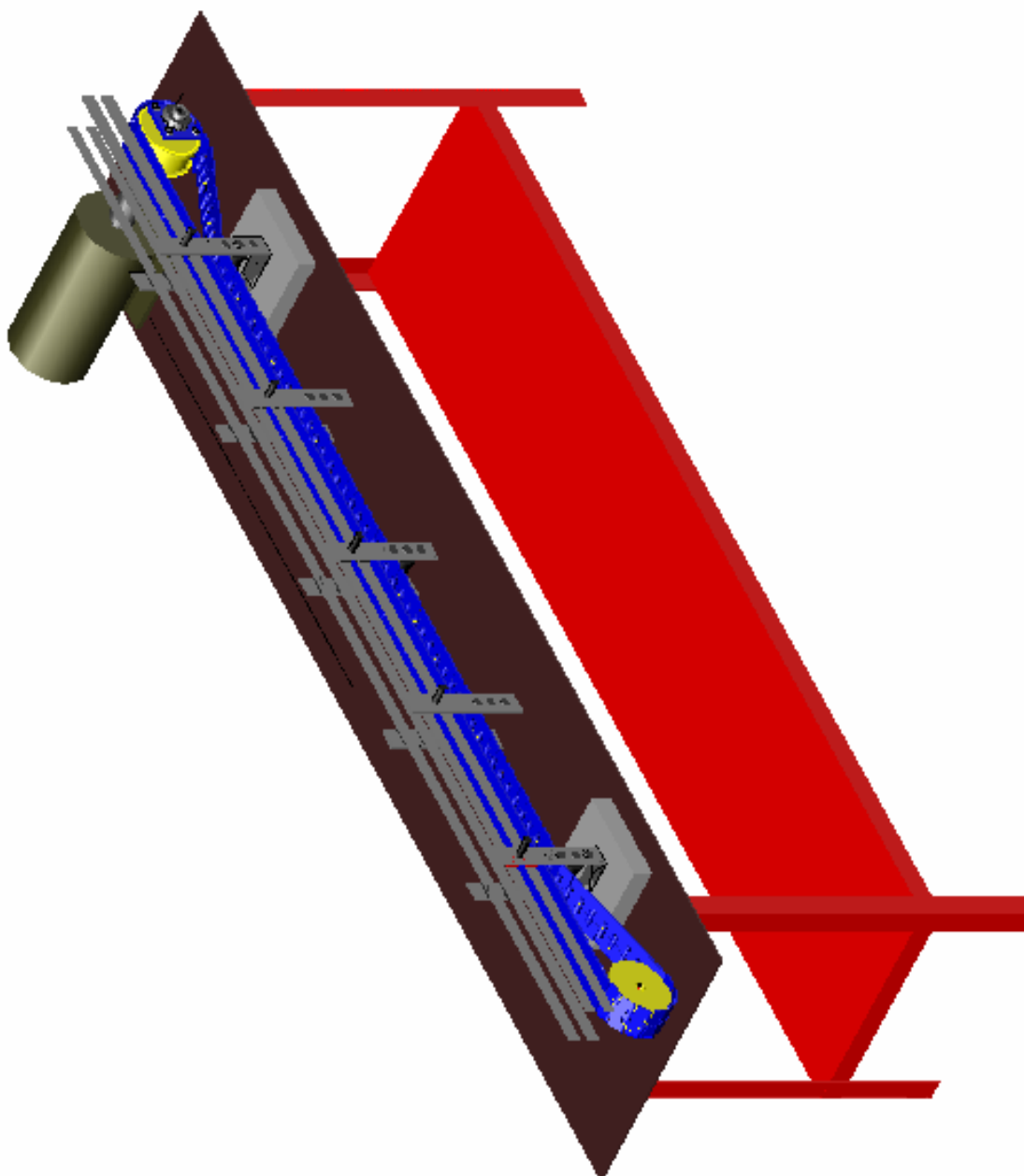
Se delimitó y desocupo el espacio del salón donde se coloco el sistema, tomando en cuenta la distribución de los alumnos en el aula de clases y la de los equipos ya existentes en el mismo. Se traslado cada gabinete y la mesa por separados, y luego se conectaron entre ellos, además se ajusto el cableado a la red eléctrica del salón, para asegurar la conexión del mismo. Se verificaron las conexiones eléctricas tanto de potencia como de control, con el fin de evitar cualquier irregularidad.

Se comprobó la comunicación del PLC con los elementos de control del sistema (sensores, pulsadores y luces piloto). Se realizó la puesta en marcha del sistema, esto para asegurar el funcionamiento optimo del mismo y concluir la puesta en punto. Se realizaron los programas de arranque con el variador de frecuencia, joggin e inversión de giro de la cadena transportadora. Con esto se concluyó la instalación del sistema.

## **CAPÍTULO X: DOCUMENTACIÓN AS BUILD**

En este Capitulo se hablaron de las diversas modificaciones que se realizaron al diseño inicial, con el fin de mejorar la funcionalidad, la eficiencia y seguridad del sistema. Además se presentan los planos definitivos, con sus medidas y escalas respectivas.

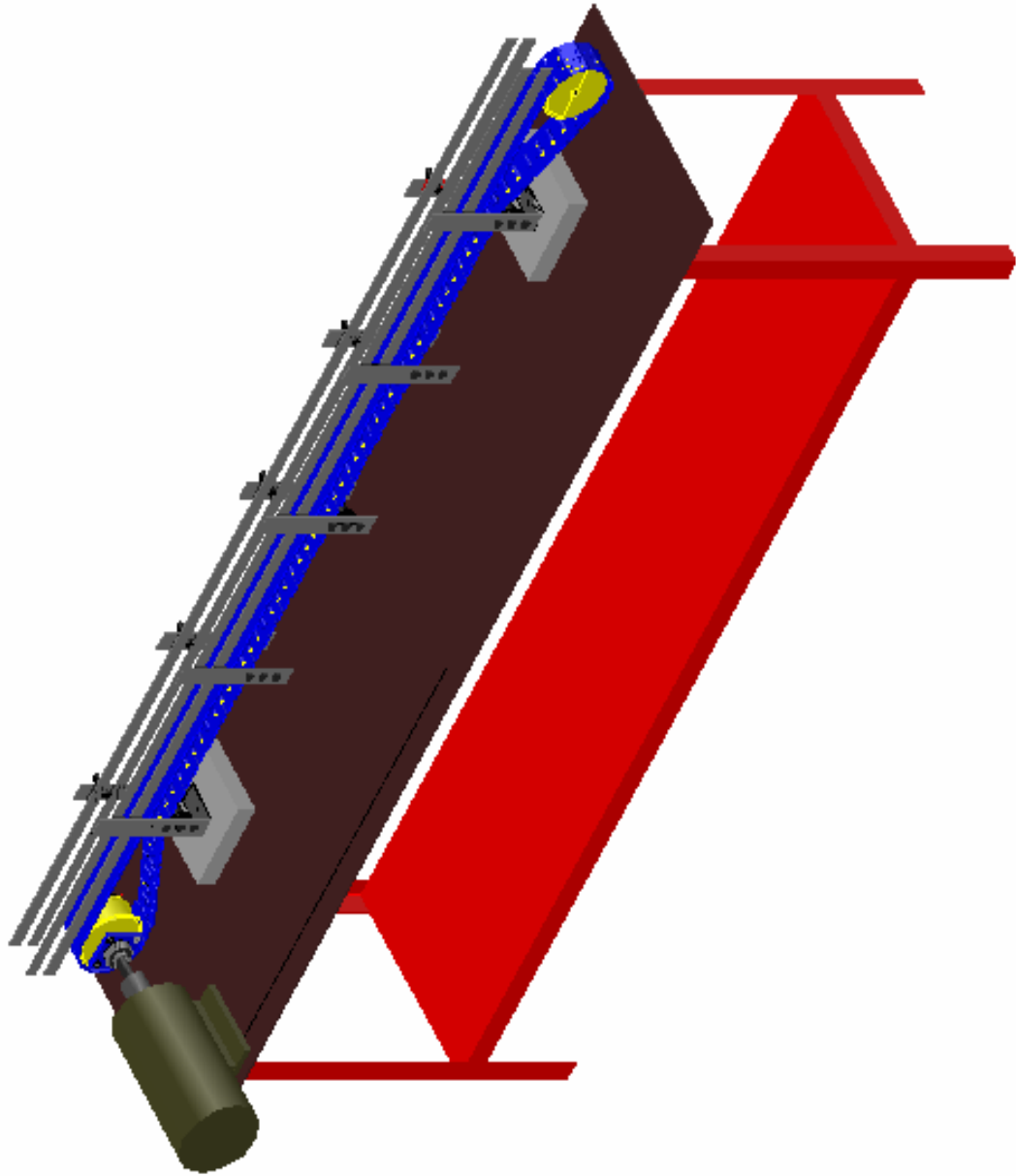
- En los soportes de las vía se tuvo que realizar un ajuste con el fin de que la base de la vía calzara cómodamente en el soporte.
- Se colocaron gomas a las barandas con el fin de separar y evitar el contacto metal con metal de la vía con dichas barandas.
- Se colocaron dos sensores inductivos de 18 mm de diámetro frente a frente, ya que al probar estos su rango de medición era muy corto.
- Fue necesario colocar relé a los sensores de 24 Voltios DC ya que las entradas del PLC manejan señales de 115 Voltios AC.
- Se determino que el motor debe trabajar máximo a una frecuencia de 10 Hz y mínimo de 3 Hz, ya que si estamos por arriba del rango la cadena tiene velocidades elevadas y por debajo del rango se tiene lo contrario.
- Se colocaron canaletas por encima de la mesa con el fin de transportar los cables de una manera organizada y procurando mantener la estetica del sistema.



medidas en mm.

DES. AUTOSER	CAJENA TRANSPORTADORA	1	A
DES. AUTOSER	VISTA FRONTAL POSTERIOR	1	A
PROYECTO	PROYECTO - PLU-098	1	A
FECHA	15/03/2008	1	A
PROYECTISTA	PROYECTISTA	1	A
REVISOR	REVISOR	1	A
APROBADO	APROBADO	1	A
ESCALA	1:1	1	A
NO. DE TUBOS Y PULGAS			
NO. DE TUBOS Y PULGAS			

1 2 3 4 5



medidas en mm.

DESIGNADO	DESIGNADO	PROYECTO	PROYECTO - PUN-080	HOJA	4
ELABORADO	ELABORADO	FECHA			
REVISADO	REVISADO	FECHA			
APROBADO	APROBADO	FECHA			
01/11/08	1/1				



# **CAPÍTULO XI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 11.1.- Conclusiones.

Mediante el uso de la matriz morfológica pudimos seleccionar el sistema más adecuado y que se adaptara a los requerimientos propuestos.

Se consultaron las bibliografías y se logro realizar los cálculos necesarios para la construcción.

Se pueden colocar sobre la cadena un peso máximo distribuido de 78 Kg. usando un motor de 1 hp y 240 rpm, esto cuando el sistema esta trabajando a plena tensión, al arrancar a tensión reducida la potencia se reduce a 1/3, pudiendo admitir solo 21 Kg sobre ella. Debido a que generalmente en la industria el arranque se hace sin carga sobre la cadena podemos decir que el motor esta sobre dimensionado para la aplicación que desarrolla.

Para realizar el cambio de sentido de giro se aseguro un ángulo de abrace mayor a 180 grados, con esto también se asegura que la potencia transmitida por el motor a la cadena es efectiva, disminuyendo el desgaste del piñón y evitando saltos en la cadena.

Los soportes de madera debido a su rigidez garantizan la sujeción de la vía a la mesa y le dan la altura adecuada para el acople entre los ejes.

Los pernos colocados no están sometidos a cargas axiales a tracción debido que el peso y el largo de la vía no permiten que el motor levante el sistema de la mesa concluyendo así que dichos pernos realizan un trabajo solo de apriete entre la mesa, los soportes y la vía.

Debido a que el sistema esta diseñado para trabajar con cargas relativamente pequeñas, las fuerzas aplicadas sobre los tornillos son despreciables en cuanto al área transversal y el material que los conforma, por lo cual los tornillos están sobre dimensionados para la aplicación.

La eficiencia de la soldadura arroja un valor elevado ya que los esfuerzos cortantes son sumamente bajos con respecto a la resistencia a la cedencia del material, por esto se concluye que la soldadura no fallará.

Mediante los cálculos realizados se concluye que el eje de una pulgada se encuentra sobre dimensionado para las cargas a las cuales esta sometido.

Las bases anti-vibratorias lograron disipar notablemente las vibraciones generadas por el motor y absorber la inercia del mismo al momento del arranque.

Los planos que se realizaron facilitaron el proceso de construcción, tanto del sistema como de las piezas específicas que se realizaron, permitiendo una mejor comprensión y cumpliendo con los requerimientos exigidos.

Se logro la construcción y puesta en marcha de la cadena transportadora, bajo los requerimientos planificados.

En la puesta a punto se concluyo que se para obtener velocidades optimas de la cadena, se debe trabajar en un rango de 3 Hz a 10 Hz.

El PLC logro realizar las funciones de control del sistema de manera optima, con lo cual se concluye que este cumple con los requerimientos propuestos al principio del proyecto.

Las practicas propuestas pueden ser realizadas ya que se cuentan con los sensores, pulsadores, y luces pilotos necesarias para el desarrollo de las mismas.

## 11.2.- Recomendaciones.

Antes de llevar a cabo los diferentes proyectos que se están desarrollando para la modernización del laboratorio de automatización, es necesario acondicionar el mismo, es decir, se debería llevar a cabo un proceso de limpieza y restauración del laboratorio en si.

Diseñar una variedad de prácticas de laboratorio que se puedan llevar a cabo en este sistema y colocar estas de manera evolutiva con el fin de que se asienten los aprendizajes.

Para la realización de prácticas en las que se utilicen los sensores se recomienda trabajar a una frecuencia de 3 Hz a 5 Hz, para con esto asegurar la reacción de los sensores.

Se recomienda no colocar objetos sobre la cadena al momento de realizar el arranque.

Con los arranques progresivos se asegura una mayor vida útil de la cadena, por esto se recomienda realizar arranques progresivos controlados por el variador de frecuencia.

Se debe verificar el que los programas a ser cargados en el PLC estén correctos y no produzcan fallas.

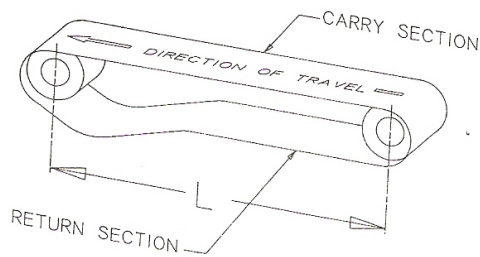


# APÉNDICE

## Apéndice 1.

### TABLETOP SELECTION PROCEDURE

#### STRAIGHT RUNNING CHAINS



STRAIGHT RUNNING CONVEYOR

#### STEP 1—CALCULATE CHAIN TENSION

$$\text{Adjusted Chain Tension} = TA = [(TR + TC) \times PLF] + [TS \times FML]$$

Where  $TR = L \times W \times fw$  = Tension in Return Section.

$TC = L \times (M + W) \times fw$  = Tension in Carry Section.

$TS = LS \times M \times fm$  = Tension Due to Slippage.

$L$  = Distance from tail shaft to head shaft.

$W$  = Weight of chain per foot.

$M$  = Weight of product per foot of conveyor.

$fw$  = Coefficient of friction between wear strip and top plate. See Page 76.

$fm$  = Coefficient of friction between product and top plate. See Page 76.

$LS$  = Length of conveyor over which slippage may occur.

$PLF$  = Frequency of start-ups.

$FML$  = % of slippage.

PLF AND FML FACTORS

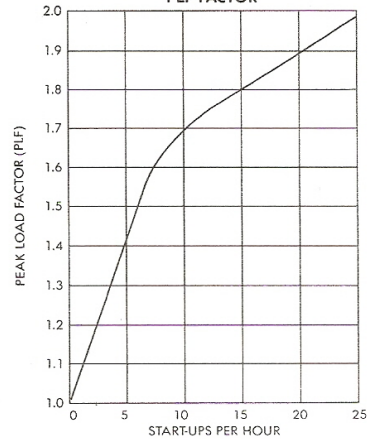
# of Starts Per Hour	PLF	% Time Slippage Occurs	FML
0	1.0	0	.0
5	1.4	10	.5
10	1.7	20	.7
15	1.8	30	.8
20	1.9	40	.9
25	2.0	50 & up	1.0

If knowledge of the application indicates:

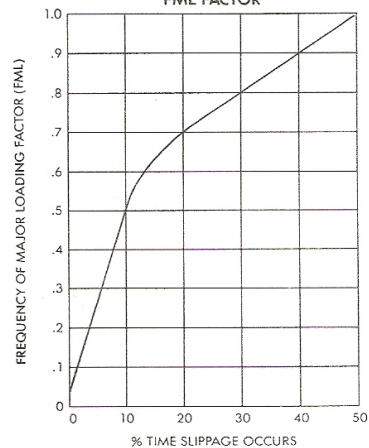
(1) The conveyor will be subjected to stop and start conditions; then the chain tension should be adjusted using the PLF Factor.

(2) The tension due to slippage will occur less than 100% of the time; then the chain tension should be adjusted using the FML Factor.

PLF FACTOR



FML FACTOR



## Apéndice 2

**TABLETOP  
SELECTION  
PROCEDURE**

**STRAIGHT  
RUNNING  
CHAINS**

**FRICITION FACTORS BETWEEN CHAIN AND WEAR STRIPS (Fw)**

Chain Type and Material	Lubrication Condition	Wearstrip Material	
		Carbon and Stainless Steel	Nylatron and UHMWPE
Acetal (D) Chains	Dry	0.30	0.25
	Water	0.23	0.21
	Soap and Water	0.15	0.15
	Oil	0.10	0.10
LF Acetal (LF) Chains	Dry	0.25	0.20
	Water	0.20	0.18
	Soap and Water	0.15	0.15
	Oil	0.10	0.10
Carbon Steel and Stainless Steel Chains	Dry	0.50	0.40
	Water	0.40	0.30
	Soap and Water	0.20	0.20
	Oil	0.20	0.20

**FRICITION FACTORS BETWEEN CHAIN AND PRODUCT (Fm)**

Product Material	Lubrication Condition	D Acetal	LF Acetal	Stainless Steel	Carbon Steel
Plastic	Dry	.25	.20	.30	.30
	Water	.20	.18	.20	.20
	Soap and H2O	.15	.15	.10	.10
Paper	Dry	.33	.30	.40	.40
Metal	Dry	.30	.25	.35	.35
	Water	.22	.20	.25	.25
	Soap and H2O	.15	.15	.15	.15
	Oil	.10	.10	.15	.15
Glass	Dry	.20	.15	.35	.35
	Water	.15	.13	.25	.25
	Soap and H2O	.10	.10	.15	.15

**NOTE: Fm FOR LBP CHAINS (TYPICALLY) - 0.07**

## Apéndice 3

**TABLETOP  
SELECTION  
PROCEDURE**

**STRAIGHT  
RUNNING  
CHAINS**

**FRICTION FACTORS BETWEEN CHAIN AND WEAR STRIPS (Fw)**

Chain Type and Material	Lubrication Condition	Wearstrip Material	
		Carbon and Stainless Steel	Nylatron and UHMWPE
Acetal (D) Chains	Dry	0.30	0.25
	Water	0.23	0.21
	Soap and Water	0.15	0.15
	Oil	0.10	0.10
LF Acetal (LF) Chains	Dry	0.25	0.20
	Water	0.20	0.18
	Soap and Water	0.15	0.15
	Oil	0.10	0.10
Carbon Steel and Stainless Steel Chains	Dry	0.50	0.40
	Water	0.40	0.30
	Soap and Water	0.20	0.20
	Oil	0.20	0.20

**FRICTION FACTORS BETWEEN CHAIN AND PRODUCT (Fm)**




Product Material	Lubrication Condition	D Acetal	LF Acetal	Stainless Steel	Carbon Steel
Plastic	Dry	.25	.20	.30	.30
	Water	.20	.18	.20	.20
	Soap and H2O	.15	.15	.10	.10
Paper	Dry	.33	.30	.40	.40
Metal	Dry	.30	.25	.35	.35
	Water	.22	.20	.25	.25
	Soap and H2O	.15	.15	.15	.15
	Oil	.10	.10	.15	.15
Glass	Dry	.20	.15	.35	.35
	Water	.15	.13	.25	.25
	Soap and H2O	.10	.10	.15	.15

**NOTE: Fm FOR LBP CHAINS (TYPICALLY) = 0.07**



## Apéndice 4

**Tabla 18-2 Grados SAE de aceros para fabricar afianzadores**

Número de grado	Tamaño de perno (pulg)	Resistencia al esfuerzo de tracción (Ksi)	Resistencia a punto cedente (Ksi)	Resistencia de prueba o probada (Ksi)	Marca en la cabeza
1	1/4-1 1/2	60	36	33	Ninguna
2	1/4-3/4	74	57	55	Ninguna
	>3/4-1 1/2	60	36	33	
4	1/4-1 1/2	115	100	65	Ninguna
5	1/4-1	120	92	85	
	>1-1 1/2	105	81	74	
7	1/4-1 1/2	133	115	105	
8	1/4-1 1/2	150	130	120	

**Tabla 18-5 (b) Dimensiones American Standard de cuerdas, tamaños fraccionarios**

Tamaño	Diámetro mayor básico (pulg)	Cuerdas gruesas: UNC		Cuerdas finas: UNF	
		Hilos de cuerda por pulgada	Area de esfuerzo de tracción (pulg. <sup>2</sup> )	Hilos de cuerda por pulgada	Area de esfuerzo de tracción (pulg. <sup>2</sup> )
1/4	0.250 0	20	0.031 8	28	0.036 4
5/16	0.312 5	18	0.052 4	24	0.058 0
3/8	0.375 0	16	0.077 5	24	0.087 8
7/16	0.437 5	14	0.106 3	20	0.118 7
1/2	0.500 0	13	0.141 9	20	0.159 9
9/16	0.562 5	12	0.182	18	0.203
5/8	0.625 0	11	0.226	18	0.256
3/4	0.750 0	10	0.334	16	0.373
7/8	0.875 0	9	0.462	14	0.509
1	1.000	8	0.606	12	0.663
1 1/8	1.125	7	0.763	12	0.856
1 1/4	1.250	7	0.969	12	1.073
1 3/8	1.375	6	1.155	12	1.315
1 1/2	1.500	6	1.405	12	1.581
1 3/4	1.750	5	1.90	—	—
2	2.000	4 1/2	2.50	—	—

## Apéndice 5

**Tabla 9-4**

Número de electrodo AWS*	Resistencia de tensión (MPa)	Límite elástico kpsi (MPa)	Elongación (%)
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

**Tabla 9-7**

Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

**Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete**

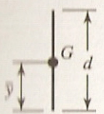
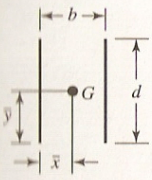
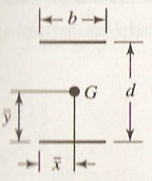
Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)							
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca de penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$t_f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto $h$ , pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59

## Apéndice 6

modelo. También se puede tener la tabla 9-5 con todas las inconveniencias que resultan.

**Tabla 9-3**

Propiedades a la flexión de soldaduras de filete\*

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento del área unitaria
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$



## Apéndice 7

**Tabla E-20**

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la cedencia ASTM para algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

[Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ( $\frac{3}{4}$  a 1  $\frac{1}{4}$  pulg). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-9, a condición que los materiales se conformen a los requisitos ASTM A6 o A568 o se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación. Véase la tabla 1-1 para ciertos aceros ASTM]

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

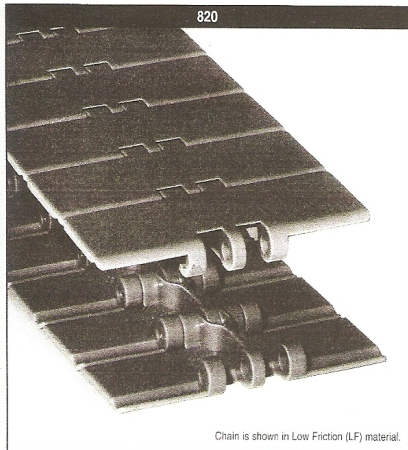
1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	Núm. SAE y/o AISI	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la cedencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300(43)	170(24)	30	55	86
		CD	330(48)	280(41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320(47)	180(26)	28	50	95
		CD	370(53)	300(44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340(50)	190(27.5)	28	50	101
		CD	390(56)	320(47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400(58)	220(32)	25	50	116
		CD	440(64)	370(54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380(55)	210(30)	25	50	111
		CD	470(68)	390(57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470(68)	260(37.5)	20	42	137
		CD	520(76)	440(64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500(72)	270(39.5)	18	40	143
		CD	550(80)	460(67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520(76)	290(42)	18	40	149
		CD	590(85)	490(71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570(82)	310(45)	16	40	163
		CD	630(91)	530(77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620(90)	340(49.5)	15	35	179
		CD	690(100)	580(84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680(98)	370(54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770(112)	420(61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830(120)	460(66)	10	25	248

**Tabla 7-5**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

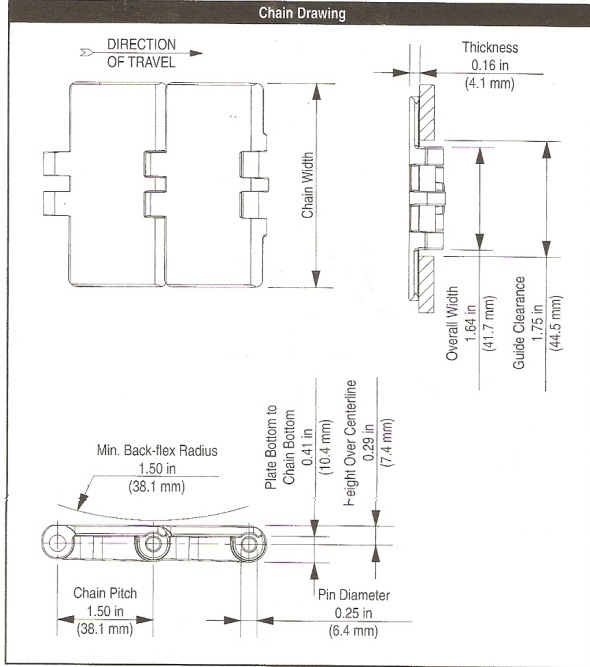
Acabado superficial	$k_a = aS_u^b \text{LN}(1, C)$			
	$a$			Coeficiente de variación, $C$
	kpsi	MPa	$b$	
Esmerilado*	1.34	1.58	-0.086	0.120
Maquinado o laminado en frío	2.67	4.45	-0.265	0.058
Laminado en caliente	14.5	56.1	-0.719	0.110
Como sale de forja	39.8	271	-0.995	0.145

# Apéndice 8



Chain is shown in Low Friction (LF) material.

Chain Information						
desc	Chain Width		Min. Side-flex Radius		Approximate Weight	
	in	mm	in	mm	lbs/ft	kg/m
3-1/4	3.25	82.6	-	-	0.56	0.83
4	4.00	101.6	-	-	0.64	0.95
4-1/2	4.50	114.3	-	-	0.69	1.03
6	6.00	152.4	-	-	0.84	1.25
7-1/2	7.50	190.5	-	-	0.99	1.47



Prefix	Chain Material	Standard Pin Material	Temperature						Chain Strength		FDA Approval
			Fahrenheit			Celsius					
			min	max		min	max		lbs	N	
				dry	wet		dry	wet			
AS	Anti-Static	Stainless Steel	0	+180	+150	-18	+82	+66	219	974	-
CR	Extreme Chemical Resistant	Stainless Steel	+40	+240	+212	+4	+116	+100	292	1,299	✓
D	Plain Acetal	Stainless Steel	-40	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	-
FR	Flame Retardant	Stainless Steel	0	+180	+140	-18	+82	+60	219	974	-
HP™	High Performance	Stainless Steel	-40	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	✓
WHP	White High Performance	Stainless Steel	-40	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	✓
HS	Heat Stabilized	Stainless Steel	-40	+220	+212	-40	+104	+100	365	1,624	-
LF	Low Friction	Stainless Steel	-40	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	✓
WLF	White Low Friction	Stainless Steel	-40	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	✓
MR	Melt Resistant	Stainless Steel	-80	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	-
P	Chemical Resistant	Stainless Steel	0	+180	+140	-18	+82	+60	292	1,299	✓
DUV	Ultraviolet Resistant	Stainless Steel	0	+180	+150	-18	+82	+66	365	1,624	-
BWR	Black Wear Resistant	Stainless Steel	-40	+180	NR	-40	+82	NR	438	1,948	-
PS™	Platinum Series	Stainless Steel	-40	+180	+150	-40	+82	+66	365	1,624	✓
WX	Green Abrasion Resistant Polyamide	Stainless Steel	-40	+180	NR	-40	+82	NR	365	1,624	-

Standard materials are highlighted. All other materials are available on a made-to-order basis subject to minimum order requirements. Chain strength is listed at room temperature. NR = Not Recommended.

Regulatory Information
The Food and Drug Administration (FDA) accepts certain materials for direct food contact. FDA approved material is compliant to FDA 21 CFR § 177. Rexnord, Rex, TableTop and HP are trademarks of Rexnord Industries, Inc. All rights reserved.

Additional Notes
1. Stocked in 80 pitch, 10 ft (3.048 m) length strands. 2. Thermoplastic pins are available on a made-to-order basis.



## Apéndice 9

VALORES	FLEXION		COMPRESION		CORTANTE	DUREZA	
	Módulo de Ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Paralela	Perpendicular	Paralelo	Lateral (kg)	Extremos (kg)
			Esf. Máx. (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Lim.Prop (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Máx. (kg/cm <sup>2</sup> )		
Mínimo	224	20,290	109	15	31	98	125
Máximo	1540	187,560	703	201	137	1223	1367
Promedio	697	106,080	331	63	83	438	480
Desv. Est.	285	34,690	135	47	26	255	262
Coef. Var.	30	33	41	75	31	58	55

## Apéndice 10

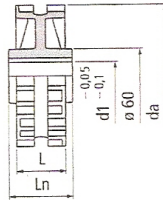
# Sprockets

for Series 820, 831, 820 Vacuum, HFP 820, XLBP 831

NS 820



**Important: cannot be used with chain 831**



### Split Thermoplastic (NS) Sprockets

Rexnord Order No.	No of Teeth		Pitch Dia. d mm	Outside Dia. d <sub>a</sub> mm	Finished Bore with Keyway d <sub>1</sub>	L mm	L <sub>n</sub> mm	Weight kg
	Actual	Effective						
<b>Bore (mm)</b>								
NS 820 T21 R...	21	10,5	129,26	129,5	25 30 35 40 45	52	51	0,46
NS 820 T23 R...	23	11,5	141,22	142	25 30 35 40 45	52	51	0,54
NS 820 T25 R...	25	12,5	153,21	154,2	25 30 35 40 45	54	58,5	0,63
<b>Bore (inch)</b>								
NS 820 T21 R...	21	10,5	129,26	129,5	1" 11/4" 2"	52	51	0,46
NS 820 T23 R...	23	11,5	141,22	142	1" 11/4" 2"	52	51	0,54
NS 820 T25 R...	25	12,5	153,21	154,2	1" 11/4" 2"	54	58,5	0,63

Material: sprocket in reinforced polyamide (black). Keyway: UNI 6604-69. See page 104.  
Bolts in stainless steel AISI 304, nuts in nickel plated brass. Max recommended tightening torque: 1 kgm.

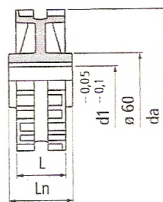
# Sprockets

for Series 820, 831, 820 Vacuum, HFP 820, XLBP 831

NS 820



**Important: cannot be used with chain 831**



### Split Thermoplastic (NS) Sprockets

Rexnord Order No.	No of Teeth		Pitch Dia. d mm	Outside Dia. d <sub>a</sub> mm	Finished Bore with Keyway d <sub>1</sub>	L mm	L <sub>n</sub> mm	Weight kg
	Actual	Effective						
<b>Bore (mm)</b>								
NS 820 T21 R...	21	10,5	129,26	129,5	25 30 35 40 45	52	51	0,46
NS 820 T23 R...	23	11,5	141,22	142	25 30 35 40 45	52	51	0,54
NS 820 T25 R...	25	12,5	153,21	154,2	25 30 35 40 45	54	58,5	0,63
<b>Bore (inch)</b>								
NS 820 T21 R...	21	10,5	129,26	129,5	1" 11/4" 2"	52	51	0,46
NS 820 T23 R...	23	11,5	141,22	142	1" 11/4" 2"	52	51	0,54
NS 820 T25 R...	25	12,5	153,21	154,2	1" 11/4" 2"	54	58,5	0,63

Material: sprocket in reinforced polyamide (black). Keyway: UNI 6604-69. See page 104.  
Bolts in stainless steel AISI 304, nuts in nickel plated brass. Max recommended tightening torque: 1 kgm.

## BIBLIOGRAFÍA

Barriola, José. Apuntes de PLC. Trabajo no publicado, Universidad Central de Venezuela.

Bolton, W. (2006) Mecatrónica, sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica, 3er ed. México, D.F., Alfaomega. 579 p.

Dávalos S., R. y Brácenas P., G. M., (1998) Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas. Disponible en línea:

<http://www.inecol.edu.mx/myb/resumenes/4.1/pdf/Davalos%20y%20Bracenas%201998.PDF> [Consulta: 2008, octubre 14].

Fundamentos del diseño de cintas transportadoras. Disponible en línea: <http://descom.jmc.utfsm.cl/sgeywitz/procesos/CINTAS.htm> [Consulta: 2008, junio 20].

Hellmur, Ernst. (1970) Aparatos de elevación y transporte 3 volúmenes, Barcelona, Editorial Blume.

Kalpakjian, S. y Schmid, S. (2002) Manufactura, Ingeniería y Tecnología, 4ta ed. México, Pearson Educación. 1152 p.

Lecue, Pedro. Apuntes de automatización industrial. Trabajo no publicado, Universidad Central de Venezuela

León, Juan. (2004) Dinámica de máquinas, Caracas, Universidad Simón Bolívar. 380 p.

Mikaty, Morella, Padrón, María y Figueira, Leudith. Instructivo para la presentación de la tesis de pregrado, postgrado, doctorado y trabajo de ascenso. Comisión de Biblioteca. Subcomisión de biblioteca para la normalización de trabajo de grado y subcomisión de depósito legal. Caracas, 2005

Mott, Robert. (1995) Diseño de elementos de máquina, 2da ed. México, D.F., Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 787p.

Norma IEC 1131-3, PLCopen standardization in Industrial Control Programming, Departamento de Sistemas Electrónicos y de Control. (2003).

Disponible en línea:

[http://www.infoplcn.net/Documentacion/Docu\\_PLC/infoPLC\\_net\\_lenguajes\\_programacion\\_V4.html](http://www.infoplcn.net/Documentacion/Docu_PLC/infoPLC_net_lenguajes_programacion_V4.html) [Consulta: 2008, septiembre 10].

Rexnord Marbete s.r.l. Catálogo Rexnord. Disponible en línea: <http://www.rorisa.com/catálogos/Rexnord.pdf> [Consulta: 2008, julio 8].

Romera, P., Lorite, A. y Monterro, S. (1996) Automatización: problemas resueltos con autómatas programables, 2da ed. Madrid, Paraninfo. 302p.

Santarromita, Denise. Guía de clase: Diseño de Transmisiones por Bandas y Cadenas. Trabajo no publicado, Universidad Central de Venezuela.

Schneider Electronic, Telemecanique. (2004) Catálogo Telemecanique Automatización y Control. Disponible en línea: <http://www.schneider-electric.com.co/modulos/downloads/archivos/CO/telemecanique.pdf> [Consulta: 2008, octubre 28]

Schneider Electronic, Telemecanique. (2004) Documentación Técnica, Guía de soluciones de automatización, Capítulo 4 y 5. Disponible en línea: <http://www.telemecanique.es/listadocumentacion.asp?valorpadre=1900000068&idlibreria=820> [Consulta: 2008, octubre 7].

Shigley, J. y Mischke, C. (2002) Diseño en Ingeniería Mecánica, 6ta ed. México, D.F., MÉXICO, Mc Graw Hill Book Company. 1257p.

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”. Vicerrectorado Barquisimeto. Departamento de Ingeniería Electrónica Laboratorio de PLC. (2006) Practicas de laboratorio de PLC. Disponible en línea: [http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/lab\\_plc/practicas.html](http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/lab_plc/practicas.html) [Consulta: 2008, noviembre 10].

Waganoff, Nicolas. (1957) Maquinas de transporte, Perú, PERÚ Librería y Editorial Alsina. 156p.

# ANEXOS

## Practicas

### Practica 1: Encendido de luces pilotos.

Para la realización contaremos con tres (3) luces pilotos de diferentes colores y cuatro (4) pulsadores.

Narrativa Técnica:

1. Al accionar el pulsador (A) se debe encender la luz Azul.
2. Al accionar el pulsador (B) se debe encender la luz Amarilla y apagar la luz Azul.
3. Al accionar el pulsador (C) se debe encender la luz Roja y apagar la luz Amarilla.
4. Cuando una luz este encendida las otras dos deben estar apagadas.
5. Al accionar el pulsador (D) se debe apagar cualquier luz que se encuentre encendida.

Nota: Solo puede estar encendida una sola luz a la vez.

### Practica 2: Semáforo

Para la realización de este problema contaremos con cinco (5) luces pilotos y dos (2) pulsadores. Tres (3) se usan para el semáforo de carros, durando cada una 3 segundos encendida, y dos (2) para el semáforo de los peatones. El ciclo de encendido del semáforo de carros debe ser Azul, Amarillo y Rojo.

Narrativa Técnica:

1. Al accionar el pulsador (A) el sistema se activa en su ciclo, empezando con el semáforo de peatones en Rojo y el de carros en Azul.
2. A los 3 segundos se enciende la luz Amarilla del semáforo de carros y se mantiene la luz Roja del semáforo de peatones.
3. A los 3 segundos se enciende la luz Roja del semáforo de carros y se enciende la luz Azul del semáforo de peatones.
4. Al accionar el pulsador (B) se apaga el sistema.

Nota: No deben coincidir la luz Azul del semáforo de peatones con la del semáforo de carros.

Practica 3: Arranque, parada y cambio de sentido de giro de motor.

Para la realización se cuenta con un (1) motor, dos (2) pulsadores, dos (2) luces pilotos, dos (2) sensores y un (1) objeto a transportar.

Narrativa Técnica:

1. Al accionar el pulsador (A) se debe encender el motor, moviendo la cadena.
2. Al pasar el objeto por el primer sensor debe detenerse por 3 segundos y encender la luz que indica que el sensor en uso. A los 3 segundos debe continuar el movimiento en el mismo sentido.
3. Al llegar el objeto al segundo sensor se debe detener por 3 segundos y cambiar la dirección de movimiento de la cadena (cambio de sentido de giro). Debe encenderse la luz que indica que el sensor esta en uso.
4. Al regresar al primer sensor debe detenerse completamente el proceso.
5. Si se acciona el pulsador (B) se debe detener el proceso en cualquier momento del mismo.

Nota: La luz que se enciende indica la posición del objeto en la cadena, solo debe estar encendido el tiempo que se encuentre en el sensor.

Practica 4: Detección por sensores.

Para la realización de esta practica se utilizará un (1) sensor fotoeléctrico de proximidad, un (1) sensor inductivo de proximidad, un (1) motor, dos (2) luces pilotos, dos (2) pulsadores y dos (2) objetos a transportar, uno de madera y uno de metal, colocados respectivamente.

Narrativa Técnica:

1. Al accionar el pulsador (A) debe comenzar a moverse la cadena.
2. Al llegar el objeto de madera al sensor fotoelectrico debe detenerse el proceso por 3 segundos y encender la luz que indica que se encuentra en uso. A los 3 segundos debe continuar movimiento de la cadena en el mismo sentido.
3. Al llegar el objeto de metal al sensor inductivo debe detenerse el proceso por 3 segundos y encender la luz que indica que se encuentra en uso.
4. A los 3 segundos debe continuar el movimiento en el mismo sentido hasta que el operador accione el pulsador (B)

Nota: La luz que se enciende indica la posición del objeto en la cadena, solo debe estar encendido el tiempo que se encuentre en el sensor.



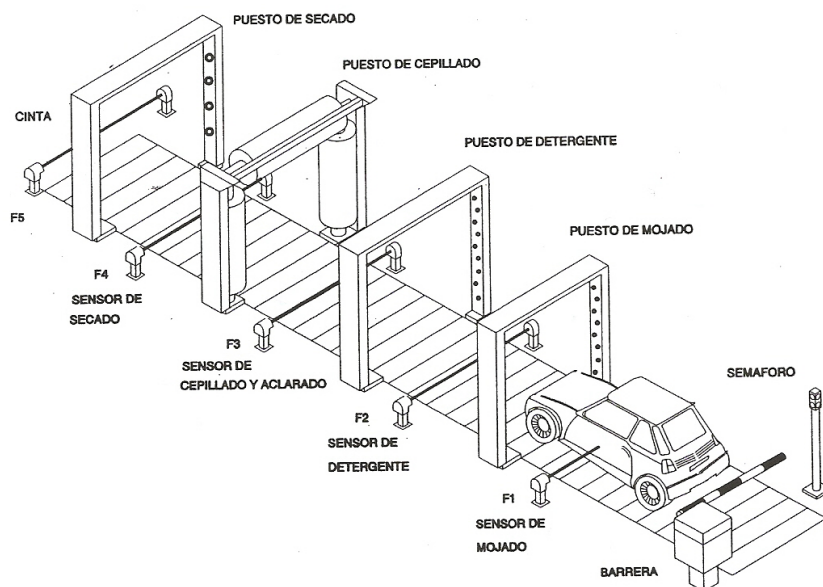
### Practica 5: Estación de Automática de lavado de vehículos.

Para la realización de esta práctica contaremos cinco (5) sensores, siete (7) luces piloto, un (1) motor y dos (2) pulsadores. Cada sensor representa las cinco estaciones de un lavado de vehículos: Mojado, Detergente, Cepillado, Secado y Salida.

Narrativa Técnica:

Cuando se accione el pulsador (A) la cadena transportadora será activada y los vehículos pasaran sucesivamente por los puestos de mojado, detergente, cepillado y por ultimo secado. En cada uno de ellos se debe detener la cadena por 3 segundos e indicar mediante una luz piloto que están en uso. Cuando en la estación se detecten que hay cuatro (4) vehículos, uno en cada puesto, el semáforo se activara indicando que no se puede pasar con una luz Roja. El semáforo permanecerá en esta condición hasta que se detecte que se detecte que los cuatro (4) vehículos han abandonado la estación, momento en la cual el semáforo pasara a luz Azul indicando que puede admitir nuevos vehículos para el lavado. Si se acciona el pulsador (B) se debe detener el proceso en cualquier momento.

Nota: La luz que se enciende indica la posición del objeto en la cadena, solo debe estar encendido el tiempo que se encuentre en el sensor.



# LÓGICA CABLEADA

